



INSTITUTO COLOMBIANO
DE
ENERGIA ELECTRICA

CENTRAL HIDROELECTRICA
DE
CALDAS



DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL INFORME DE FACTIBILIDAD TECNICA PROYECTO MIEL I

VOLUMEN III

APENDICE C - GEOLOGIA

APENDICE D - SISMOLOGIA

APENDICE E - MATERIALES DE CONSTRUCCION

CONSORCIO RIO LA MIEL

INTERDISEÑOS - SUELOS Y FUNDACIONES - GEOCOLOMBIA

JUNIO 1979

FINANCIADO POR EL FONDO NACIONAL DE PROYECTOS DE DESARROLLO (FONADE)

0126

CD
200

105
80001
PROPIEDAD 105
Sección Documentación
y Divulgación
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA

DESARROLLO DE LA INDUSTRIA DEL NIEL
FORME DE LA INDUSTRIA DEL NIEL
PROYECTO DE LA INDUSTRIA DEL NIEL

SECCION III
APORTE C - U
APORTE D - S
APORTE E - S

Ministerio de Minas y Energía
BIBLIOTECA

CONSORCIO INTERDISEÑOS
JUNIO 1979
FINANCIADO POR EL FONDO NACIONAL



0128

PROPIEDAD
Sección Documentación
y Divulgación
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA

333.9.109861

CASJ
V. 3 T. 2



INSTITUTO COLOMBIANO
DE
ENERGIA ELECTRICA

PROPIEDAD
Sección Documentación
y Divulgación
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA

CENTRAL HIDROELECTRICA
DE
CALDAS



ABE

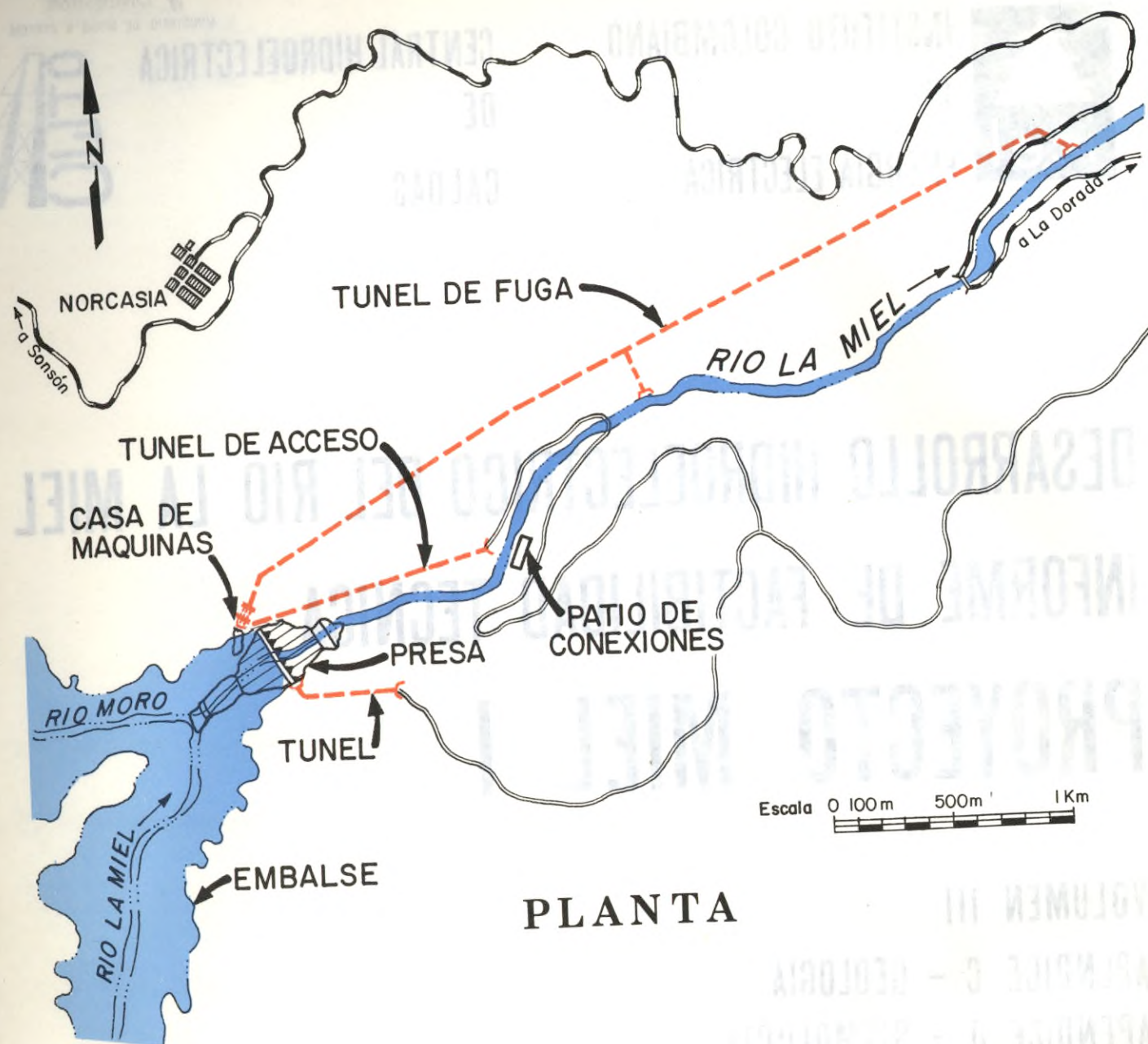
DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL INFORME DE FACTIBILIDAD TECNICA PROYECTO MIEL I

VOLUMEN III
APENDICE C - GEOLOGIA
APENDICE D - SISMOLOGIA
APENDICE E - MATERIALES DE CONSTRUCCION

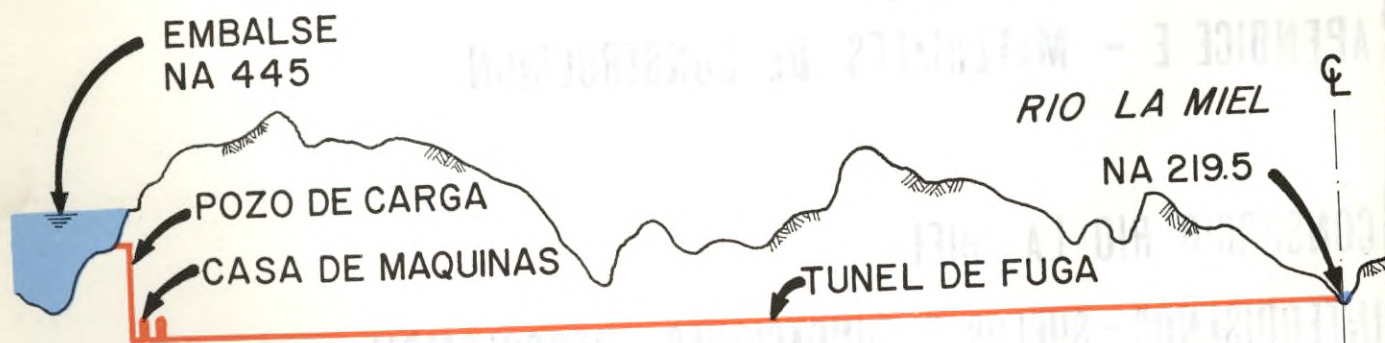
CONSORCIO RIO LA MIEL
INTERDISEÑOS - SUELOS Y FUNDACIONES - GEOCOLOMBIA
JUNIO 1979

FINANCIADO POR EL FONDO NACIONAL DE PROYECTOS DE DESARROLLO (FONADE)

PROYECTO MIEL I
CARACTERISTICAS PRINCIPALES
(Nivel máximo de embalse : 445 Fp =0.5)



PLANTA



PERFIL

PROYECTO MIEL I

DATOS GENERALES	Caudal de Diseño; 170 m ³ /s. Salto bruto máximo: 225.5 m. Capacidad instalada: 324 mw. Capacidad confiable: 220 mw. Energía firme: 964 gwh/año.
DATOS HIDROLOGICOS	Area de la hoya hidrográfica: 770 km ² . Precipitación media: 5000 mm. Caudal medio del río: 85.4 m ³ /s.
EMBALSE	Area: 12 km ² . Volumen total: 570 Mm ³ . Volumen útil: 430 Mm ³ . Nivel máximo: cota 445. Nivel mínimo: cota 390.
DESVIACION	Capacidad: 1500 m ³ /s. Longitud del túnel: 890 m. Diámetro: 9.5 m. Altura de la atagüa: 34 m.
REBOSADERO	Capacidad: 5800 m ³ /s. Tipo: dos túneles. Diámetro de los túneles: 11.0 m. Compuertas: 4 de 18.0H x 9.0L.
PRESA	Tipo: enrocado con cara de concreto. Altura: 180 m. Volumen: 7.3 Mm ³ .
CASA DE MAQUINAS	Tipo: Subterránea. Pérdida máxima de carga: 5 m. Tres turbinas tipo Francis de 120 mw. Tres generadores de 108 mw.
CONDUCTOS DE CARGA	Tres, uno para cada unidad. Longitud túnel superior: 30 m. Altura del pozo: 165.5 m. Longitud del túnel inferior: 35 m. Diámetro del sector revestido en concreto: 3.5 m. Diámetro del sector blindado: 3.0 m.
TUNEL DE FUGA	Longitud: 3980 m. Diámetro: 8.8 m.
COSTO DEL PROYECTO	US\$213 millones

VOLUMEN III

INDICE GENERAL

Apéndice C - GEOLOGIA

- Anexo 1 - Informe de Consultores
- Anexo 2 - Bibliografía
- Anexo 3 - Registro de Perforaciones y Galerías
- Anexo 4 - Ensayos de Agua a Presión-Resumen de Resultados

Apéndice D - SISMOLOGIA

Apéndice E - MATERIALES DE CONSTRUCCION

- Anexo 1 - Investigación de Materiales Impermeables
Registro de Apiques y Ensayos de Laboratorio
- Anexo 2 - Investigación de Materiales para Concretos y Filtros
Registro de Apiques y Ensayos de Laboratorio

PROYECTO MIEL I
VOLUMEN III
APENDICE C -
GEOLOGIA



APENDICE C

I N D I C E

CAPITULO		PAGINA
1	INTRODUCCION	C-1
2	INVESTIGACIONES GEOLOGICAS	
	2.1 Estudios Previos Generales	C-1
	2.2 Estudios Geológicos Específicos	C-2
	2.3 Método de Trabajo	C-3
3	GEOLOGIA REGIONAL	
	3.1 Introducción	C-3
	3.2 Geomorfología Regional	C-4
	3.3 Metamorfismo	C-4
	3.4 Aspectos de la Historia Geológica de la Cordillera Central	C-5
	3.5 Minería	C-8
4	GEOLOGIA DEL AREA DEL PROYECTO	
	4.1 Introducción	C-9
	4.2 Geomorfología	C-9
	4.2.1 Gradiente del Río La Miel	C-10
	4.2.2 Perfiles Geomorfológicos	C-11
	4.3 Litología del Area del Proyecto	C-12
	4.3.1 Rocas Metamórficas Paleozóicas de la Zona de las Obras	C-12

CAPITULO

PAGINA

4.3.2	Rocas Igneas Cretáceas	C-14
4.3.3	Rocas Sedimentarias del Terciario	C-15
4.3.4	Depósitos Cuaternarios	C-15
4.4	Litología de la Zona de Embalse	C-16
4.4.1	Rocas Metamórficas Paleozóicas	C-17
4.4.2	Rocas Igneas Cretáceas	C-18
4.4.3	Depósitos Cuaternarios	C-19
4.5	Estructuras Geológicas en la Zona de las Obras	C-19
4.5.1	Estructura Isocliforme de La Quiebra	C-10
4.5.2	Stock de Norcasia	C-20
4.5.3	Zona Replegada de La Clara	C-20
4.5.4	Discontinuidades Tectónicas	C-20
4.6	Estructuras Geológicas de la Zona de Embalse	C-23
4.6.1	Cuerpos Intrusivos	C-23
4.6.2	Estructura Isocliforme de La Quiebra	C-23
4.6.3	Discontinuidades Tectónicas	C-23
5	GEOTECNIA	
5.1	Introducción	C-24
5.2	Condiciones Geotécnicas en el sitio de presa	C-24
5.2.1	Características Generales	C-24
5.2.2	Geología de las Galerías de Exploración	C-25
5.3	Condiciones Geotécnicas en la Casa de Máquinas y Túnel de Acceso	C-28
5.4	Condiciones Geotécnicas en el Túnel de Fuga	C-30
5.5	Condiciones Geotécnicas en los Túneles del Rebosadero	C-32
5.6	Condiciones Geotécnicas del Embalse	C-32



CAPITULO

PAGINA

4.3.2	Rocas Igneas Cretáceas	C-14
4.3.3	Rocas Sedimentarias del Terciario	C-15
4.3.4	Depósitos Cuaternarios	C-15
4.4	Litología de la Zona de Embalse	C-16
4.4.1	Rocas Metamórficas Paleozóicas	C-17
4.4.2	Rocas Igneas Cretáceas	C-18
4.4.3	Depósitos Cuaternarios	C-19
4.5	Estructuras Geológicas en la Zona de las Obras	C-19
4.5.1	Estructura Isocliforme de La Quiebra	C-10
4.5.2	Stock de Norcasia	C-20
4.5.3	Zona Replegada de La Clara	C-20
4.5.4	Discontinuidades Tectónicas	C-20
4.6	Estructuras Geológicas de la Zona de Embalse	C-23
4.6.1	Cuerpos Intrusivos	C-23
4.6.2	Estructura Isocliforme de La Quiebra	C-23
4.6.3	Discontinuidades Tectónicas	C-23
5	GEOTECNIA	
5.1	Introducción	C-24
5.2	Condiciones Geotécnicas en el sitio de presa	C-24
5.2.1	Características Generales	C-24
5.2.2	Geología de las Galerías de Exploración	C-25
5.3	Condiciones Geotécnicas en la Casa de Máquinas y Túnel de Acceso	C-28
5.4	Condiciones Geotécnicas en el Túnel de Fuga	C-30
5.5	Condiciones Geotécnicas en los Túneles del Rebosadero	C-32
5.6	Condiciones Geotécnicas del Embalse	C-32

APENDICE C

FIGURAS

- C-1 Mapa Geológico General - Escala 1:100.000
- C-2 Geología de la Zona de las Obras - Escala 1:10.000
- C-3 Geología de la Zona de Embalse - Escala 1:25.000
- C-4 Geología de las Obras del Sitio de Presa - Escala 1:2.000
- C-5 Gradiente del Río La Miel y Perfiles Geomorfológicos
- C-6 Columna Litológica de la Zona de las Obras
- C-7 Afloramiento Típico de Depósitos Piroclásticos y Conglomeráticos
- C-8 Afloramiento de Estratos del Terciario
- C-9 Afloramiento de Cuarzodiorita
- C-10 Afloramiento de Esquisto del Sitio de Presa
- C-11 Diaclasas en el Estribo Izquierdo del Eje de Presa
- C-12 Contacto del Stock de Norcasia y el Esquisto de Sitio de Presa
- C-13 Contacto del Stock de Norcasia y Metamórfico de Puente de Hierro
- C-14 Contacto entre el Stock de Norcasia y Esquistos al NW de Norcasia
- C-15 Discordancia entre el Complejo Metamórfico y los Sedimentos Terciarios
- C-16 Discordancia entre el Complejo Igneo y los Sedimentos Terciarios
- C-17 Secuencia Histórica del Desarrollo Geológico del Flanco Oriental de la Cordillera Central



- C-18 Sitio de Presa visto hacia Aguas Abajo
- C-19 Sitio de Presa visto hacia Aguas Arriba
- C-20 Estribo Izquierdo del Sitio de Presa
- C-21 Estribo Derecho del Sitio de Presa
- C-22 Panorámica de la Divisoria de Aguas entre los Ríos La Miel y Moro
- C-23 Estabilidad de Taludes en el Río La Miel
- C-24 Geología de las Galerías G-1 y G-2 - Eje de Presa Miel I
- C-25 Localización de Sondeos

1. INTRODUCCION

En este Apéndice se presentan los estudios y resultados de las investigaciones geológicas realizadas en la Etapa B - Factibilidad del Proyecto Miel I. La investigación geológica comprende estudios de geología regional, levantamientos detallados de los sitios de presa y embalse, estudios del subsuelo por medio de perforaciones, galerías y apiques y análisis micropetrográficos. Se incluyen además los factores geotécnicos pertinentes que influyen en la determinación de parámetros de diseño para las diferentes estructuras.

2. INVESTIGACIONES GEOLOGICAS

2.1 Estudios previos generales

El primer estudio geológico regional que comprendió el área del Proyecto Miel I lo hizo Tulio Ospina en 1911.

Posteriormente, Gerardo Botero (1941) la investigó, analizando la Geología de Antioquia.

Geólogos del Instituto Geológico Nacional (s.f. Cardona y Suescún, 1947, Suescún y Taborda, 1949, etc. hicieron levantamientos que incluyen el área de interés y sus resultados los consignaron en varios informes y monografías.

Ingeominas (Barrero, Vesga, 1976) publicó un mapa geológico a escala 1:100.000 que cubre el área en referencia.

La literatura reciente (Barrero, et al, 1969; Hall, et al, 1970; Irving, 1971; López 1971; Feininger, et al, 1972, Kassem y Arango, 1974: Barrero y Vesga, 1976) incluye las investigaciones adelantadas por el Inventario Minero Nacional (IMN) - hoy Instituto Nacional de Investigaciones Geológico-Mineras (Ingeominas).

En el II Congreso Colombiano de Geología se presentaron los resultados más recientes (Jaramillo, 1978, Restrepo et al, 1978, Vesga y Barrero, 1978) de la investigación geológica regional de la Cordillera Central, los cuales tratan principalmente de la datación radiométrica de las rocas del complejo metamórfico y de los cuerpos ígneos que lo intruyen.

2.2 Estudios geológicos específicos

Las investigaciones geológicas específicas para el Desarrollo Hidroeléctrico del río La Miel, las inició la Central Hidroeléctrica de Caldas (CHEC) al contratar con el Instituto Nacional de Investigaciones Geológico-Mineras un estudio geológico general de la región de Norcasia (Barrero, et al, 1969).

La misma entidad contrató con Syndibel - Ingenieros Consultores, Bruselas, Bélgica, 1971, - la ejecución de estudios preliminares para el Desarrollo Hidroeléctrico del Proyecto La Miel, en el corredor comprendido entre la confluencia de los ríos Moro y La Miel y Puente de Hierro.

Las primeras conclusiones y recomendaciones de orden geológico y geotécnico sobre el sitio del Proyecto Miel I, las presentó para Syndibel el geólogo consultor Profesor Alfred Falconnier (s. f.).

El Profesor E. Dal Vesco (1970) dió una serie de conceptos geotécnicos para el Proyecto La Miel I, basado en los resultados del estudio geológico ejecutado anteriormente por Ingeominas.

Durante la Etapa A (Estudio de Pre-Factibilidad) se llevaron a cabo reconocimientos de campo de las áreas cubiertas por ocho alternativas de proyecto para hacer una evaluación preliminar de las condiciones geotécnicas predominantes en cada área. Los resultados de estos reconocimientos, complementados con una fotointerpretación geológica y cotejados con la literatura disponible fueron base de los informes de Geología 1 a 7 (Consorcio Río La Miel, 1976) y del Apéndice de Geología del Informe de Pre-Factibilidad (Consorcio Río La Miel, 1977).

Para la Etapa B, profesionales del Departamento de Geología del Consorcio Río La Miel (1978) efectuaron una investigación geológica y geotécnica en la zona de emplazamiento de las obras del proyecto entre el vértice de la confluencia de los ríos Moro y La Miel y el caño La Florida, y reconocimientos de la zona de embalse. En los siguientes capí

tulos se trata, por separado, cada uno de los tópicos investigados.

2.3 Método de trabajo

Las siguientes son las pautas que se tomaron para efectuar el programa geológico contemplado en la Etapa B:

- Análisis de estudios geológicos previos.
- Investigación geológica de campo.
- Procesamientos de los datos de campo en oficina, mensualmente.
- Estudio micro-petrográfico de las unidades litológicas del área.
- Interpretación fotogeológica y verificación en el terreno del área de embalse del Proyecto.
- Ordenación, evaluación y presentación del estudio geológico del área en este Apéndice.

La consultoría geológico-geomecánica durante esta etapa estuvo a cargo del doctor Richard E. Goodman, Profesor de la Universidad de Berkeley, California. Realizó dos visitas, en marzo y agosto de 1978, cuyos resultados los consignó en sendos informes.

3. GEOLOGIA REGIONAL

3.1 Introducción

La emergencia del Complejo Metamórfico originado por el proceso de levantamiento de la Cordillera Central y la erosión reciente, extensa y acelerada de los estratos litificados del Terciario son el marco de la geología regional de la parte más oriental de tal cordillera, en la zona de transición con el valle del río Magdalena (Ver Figura C-1).

El Complejo Metamórfico presenta rocas con facies de metamorfismo moderado a alto, frecuentemente intruídas por cuerpos plutónicos de poca extensión (e.g. el intrusivo de La Miel) que a manera de cadena de apófisis son la posible manifestación de uno o varios cuerpos mágnicos relativamente cercanos a superficie. Tanto los cuerpos metamórficos como los ígneos tienen ejes de desarrollo longitudinal de di

rección sur-norte o sureste-noroeste.

En la roca metamórfica se observan plegamientos y replegamientos, los primeros originados por las fases orogénicas que así han marcado su impronta en este zócalo cordillerano y los segundos por metamorfismo regional, dinámico y térmico.

La mayor parte del área se presenta cubierta por depósitos Cuaternarios de diversos tipos.

3.2. Geomorfología regional

El rasgo geomorfológico dominante de la parte baja del flanco oriental de la Cordillera Central es la excavación rápida de los cañones de los ríos, resultado de uno o más levantamientos orogénicos recientes que han modificado el nivel base general de la región. El paisaje morfológico muestra un rejuvenecimiento como resultado del trabajo que afecta las rocas metamórficas que conformaron una gran penellanura, hoy nuevamente expuesta por la denudación de los estratos Terciarios.

La superficie del peneplano va adquiriendo una pendiente más acentuada en dirección al oeste, hacia la parte más alta de la Cordillera Central, y los cauces que la drenan se angostan y encañonan, formando numerosos rápidos y cascadas.

La topografía de la región tiene, pues, dos aspectos muy contrastados entre sí:

- Sectores planos rematados por colinas de contornos redondeados.
- Valles fluviales angostos y de laderas muy pendientes.

Los ríos principales forman con sus afluentes una red de drenaje dendrítica a subangular de densidad media que dan a toda la región una alta escorrentía, lo cual, asociado a la precipitación pluviométrica frecuente de la región, producen una erosión selectiva de gran velocidad.

3.3 Metamorfismo

Por la variedad de rocas metamórficas aflorantes en el flanco oriental de la Cordillera Central se pueden identificar procesos de metamorfismo de bajo y alto grado de tipo regional, térmico, cataclástico (tempe

raturas entre 450° y 1000K y presiones entre 1 y 10 Kbars). Los procesos de metamorfismo en la Cordillera Central afectaron las rocas sedimentarias paleozoicas a fines de esa era, transformándolas inicialmente en paraesquistos y paraneises. Posteriormente, las intrusiones plutónicas y la actividad tectónica produjeron metamorfismo térmico y cataclástico en los paraesquistos y paraneises, los cuales dieron origen a cuerpos de roca metamórfica de alto grado. Su distribución regional define sectores isotérmicos e isobáricos, en donde predominan ciertos tipos de roca y mineralizaciones típicas asociadas.

En el área del Proyecto Miel I el metamorfismo regional de bajo grado pertenece a las facies esquisto verde (esquistos clorítico-actinolítico y clorítico-grafitoso) que forman buena parte de la zona del embalse. El metamorfismo regional de alto grado con metamorfismo térmico superpuesto ha producido las migmatitas de La Quebra, los esquistos del sitio de presa y los esquistos de La Clara-Puente de Hierro. El metamorfismo térmico presenta carácter local en las aureolas de contacto del Stock de Norcasia y su roca encajante y en las zonas de diques de El 40 y Puente de Hierro. La migmatización de La Quebra estuvo asociada en gran parte a un intenso proceso térmico que afectó los esquistos del sitio de presa en una zona de algunos cientos de metros de espesor en su contacto con las migmatitas. Las intrusiones ígneas, tanto del Stock de Norcasia como de los diques, se efectuaron en forma lenta y con temperaturas menores de 1000° y por lo tanto la aureola de contacto tan solo alcanza algunos metros de espesor.

El metamorfismo cataclástico, poco expuesto en la región del proyecto, forma zonas angostas de filonita, milonita cataclástica y en las unidades menos metamorfizadas produce planos secundarios de esquistosidad.

3.4 Aspectos de la historia geológica de la Cordillera Central

La reconstrucción geohistórica de los eventos más importantes en la formación de la Cordillera Central, (véase Figura C-17), se describe a continuación.

Durante los períodos Cámbrico y Ordovícico la región estuvo cubierta por un mar profundo, en el cual se depositaron sedimentos de tipo pelítico en los miogeosinclinal y eugeosinclinal y más occidentales de Sur-América. A fines del período Ordovícico ocurrió un levantamiento cordillerano que corresponde a la Orogenia Caledoniana, que convirtió



la región en zona de erosión a lo largo del Ordovícico Tardío y del Silúrico.

En el período Devónico se inició una transgresión marina que se prolongó hasta el Pérmico Temprano y cubrió las actuales regiones de la Cordillera Central y el Valle del Magdalena. Los sedimentos del Paleozoico Superior (arcilla carbonácea, grauvaca, arenisca y horizontes de caliza) que yacen en discordancia angular sobre las rocas cambro-ordovícicas, indican que su depositación se llevó a cabo en un ambiente miogeosinclinal afectado por perturbaciones tectónicas de carácter local.

Durante el Pérmico Tardío y posiblemente parte del Triásico Temprano, la región fué afectada por la orogenia Hercínica, que parece haber sido la más intensa que se conozca en las rocas fanerozoicas de Colombia, y que originó por primera vez un gran levantamiento de la Cordillera Central, acompañado por intenso plegamiento y dislocaciones tectónicas en sentido norte-sur, intrusiones ígneas y metamorfismo regional de alto a bajo grado de las rocas paleozoicas (formación de filita, esquisto verde, esquisto cuarcítico, mármol, cuarcita y anfibolita) que afloran en la región estudiada.

La formación de las migmatitas de La Quebra está probablemente asociada con la orogenia Hercínica. Durante este proceso la migmatización se pudo producir por metamorfismo térmico y regional sobre rocas ya metamorfizadas.

Sin embargo, no se descarta la posibilidad que la roca migmatizada sea la unidad metamórfica más antigua que aflora en la región y que su origen esté asociado con la orogenia Transamazónica (Pre-Cámbrico).

La orogenia Alpina, hacia el Cretáceo Medio, levanta la Cordillera Central y ocurre entonces la erosión de los sedimentos triásicos, jurásicos y cretáceos inferiores. Esta orogenia fué acompañada por un activo magmatismo plutónico y volcánico.

Durante el Cretáceo Medio la Cordillera Central emergió moderadamente, excepto durante el Albiano y Aptiano, cuando su parte central la invadió un mar poco profundo que unió el Pacífico con el mar del Miogeosinclinal de Bogotá.

En el Cretáceo Tardío culmina la orogenia Alpina, que empezó con ple

gamiento y metamorfismo de contacto de bajo grado, de las rocas sedimentarias y volcánicas cretáceas, y que culminó con la intrusión de los Batolitos de Antioquia y Sonsón, cuyo emplazamiento fue acompañado con la intrusión de plutones satélites (Stock de Norcasia, Intrusivo de La Miel, Complejo Igneo de Samaná, etc.) a todo lo largo del flanco oriental de la Cordillera Central, y su zócalo se convirtió en cuenca de depositación de sedimentos molásicos continentales del Terciario, que yacen en discordancia angular (ver Figura C-15) y que fueron aportados por la Cordillera Central principalmente.

Esta cuenca de depositación existió durante el Paleoceno y Eoceno Temprano bajo condiciones tectónicas relativamente tranquilas.

Hacia el Eoceno Medio una perturbación orogénica regional afectó la Cordillera Central, la cual metamorfizó levemente los sedimentos cretáceos, produjo hiatos estratigráficos locales en el Terciario Inferior y elevó considerablemente la altura de la Cordillera.

La sedimentación continental continuó durante el Oligoceno, al final del cual comenzó un sollevamiento en la Cordillera Central y se inició la formación del Graben del Magdalena, fenómenos estos probablemente asociados con la emergencia de la Cordillera Oriental e iniciación de la orogenia Andina. Este levantamiento produce discordancias estratigráficas dentro de los pisos del Terciario.

La baja gradación de los sedimentos Terciarios sugiere que la orogenia Andina produjo movimientos verticales intermitentes de signo positivo y negativo, en la Cordillera Central. La culminación de este evento hacia fines del Mioceno, se identifica con un pequeño hiato estratigráfico.

Como consecuencia del levantamiento orogénico Andino, la extensa cuenca terciaria se dividió en cuencas intramontañosas que existen hasta la actualidad.

A finales del Terciario, la Cordillera Central sufrió un levantamiento epirogénico asociado con volcanismo, cuya actividad ha continuado hasta época reciente que originó en el Pleistoceno una glaciación en las cumbres de la Cordillera Central, un rejuvenecimiento de los cauces de los ríos y paralelamente un aumento en la velocidad de erosión de los taludes y cauces de los mismos.

Durante el Cuaternario, en general, hay una atenuación de los fenómenos sísmico-tectónicos, una profundización de la zona de meteorización y un incremento de la erosión, transporte de detritos deluviales y formación de conos y terrazas aluviales en los valles de los grandes ríos.

3.5 Minería

La explotación minera en la zona del proyecto es escasa, reduciéndose a la extracción manual y esporádica de ciertos minerales y materiales de construcción. El beneficio a cielo abierto de dos horizontes de mármol localizados en la margen derecha del río La Miel, aguas arriba del Puente de Hierro, constituye la principal actividad minera de la zona. Algunos mineros de la región laboran manual y esporádicamente aluviones auríferos de bajo tenor en el río La Miel.

En la cuchilla divisoria de aguas de los ríos La Miel y Moro, entre su confluencia y la población de Samaná se conocen manifestaciones de oro plata y cobre (La Cristalina-Au, Ag; El Bosque-Au, Ag; La Gruta -Au, Ag; Mediacuesta-Cu), que actualmente no son explotadas.

En la zona de las obras y del embalse del proyecto Miel I no existe explotación minera de ningún tipo. La prospección uranífera adelantada por Minatome Colombiana Ltda., para el Instituto de Asuntos Nucleares en un permiso cuyo extremo sur es la línea Florencia-Norcasia ha reducido su área de investigación a un rectángulo de unos 50 k², en el área Berlín-Laguna de San Diego, en la hoya del río Manso, fuera del área del proyecto.

Las investigaciones adelantadas no han encontrado manifestaciones de uranio dentro de las zonas afectadas por las obras (ver mapa anexo 5).

Las únicas explotaciones mineras existentes se encuentran localizadas aguas abajo del sitio de presa y consisten en la explotación de dos horizontes de mármol cerca de Puente de Hierro y en el beneficio esporádico, por parte de gente de la región, de aluviones auríferos de tenor muy pobre.

4. GEOLOGIA DEL AREA DEL PROYECTO

4.1 Introducción

La geología del área del Proyecto Miel I ha sido dividida así:

- Zona de las obras.
- Zona de embalse.

La geología de las zonas de las obras se desarrolló con un programa de levantamiento a cinta y brújula y reconocimientos geológicos que se concentraron a lo largo de un corredor de cerca de 6 km de longitud en sentido oeste-este, desde el sector de confluencia de los ríos Moro y La Miel hasta la desembocadura del Caño La Florida en el río La Miel y un ancho de unos 3 km en sentido norte-sur, cuyo eje aproximado lo definiría el mismo cauce del río La Miel. Las condiciones del subsuelo en la zona de obras se investigaron por medio de dos galerías de exploración y 16 perforaciones que registraron las características geológicas predominantes de la roca en el sitio de presa y casa de máquinas subterránea, a lo largo de los alineamientos de los túneles de carga y fuga y de la casa de máquinas en superficie que se consideró inicialmente.

La investigación geológica de campo se corroboró con el análisis micropetrográfico de 83 muestras de roca tomadas en superficie o de los núcleos de perforación. Con los análisis micropetrográficos se definieron principalmente tipos de roca aflorante en el área del proyecto y su grado de metamorfismo. La zona de embalse se estudió por medio de su interpretación fotogeológica y una serie de reconocimientos de campo, a fin de definir sus rasgos geológico-estructurales y las condiciones de estabilidad de los depósitos cuaternarios en las laderas de los ríos La Miel y Moro y sus afluentes. La estructura geológica del área del proyecto, zona de obras y embalse, está conformada por rocas metamórficas de edad paleozoica a mesozoica (?) intruídas por plutones de tipo ácido a intermedio (stocks, sills, diques, etc.). Aunque la tectónica de las rocas metamórficas del área es compleja debido a las numerosas facies metamórficas y orogénias a que han estado sometidas, se identificaron los plegamientos tectónicos principales en la zona de las obras y en el embalse del Proyecto Miel I.

4.2 Geomorfología

En la zona de las obras del Proyecto Miel I los procesos de erosión



han actuado en tal forma que denudaron casi completamente las rocas sedimentarias de la región, atacando luego el zócalo de la Cordillera Central, ampliamente expuesto a lo largo de los principales cauces.

Los ríos La Miel y Moro presentan en la zona del embalse los siguientes rasgos (ver Figura C-3):

- El curso del río La Miel entre la cola del embalse y la confluencia del río Moro tiene un rumbo general N10°E, esto es, el río va cortando diagonalmente los cuerpos de roca metamórfica, casi a través de sus planos de foliación.
- El curso del río Moro comprendido entre la desembocadura de la quebrada Patiobonito y la confluencia con el río La Miel, tiene un desarrollo irregular con numerosos cambios de rumbo que representan sectores de roca más o menos resistente a la acción erosiva del río, sistema de diaclasas, fracturaciones o grado de recristalización de la roca.
- Los valles de los ríos Moro y La Miel en el sector aguas arriba de su confluencia presentan un profundo angostamiento pues en tal sector excavan las migmatitas de La Quebra, roca altamente recristalizada, dura, regularmente fracturada que presenta una buena resistencia a la erosión de las aguas corrientes.

4.2.1 Gradiente del río La Miel

En la zona de las obras del Proyecto Miel I desde el vértice de su confluencia con el río Moro hasta el caño La Florida, el río La Miel presenta varios sectores (ver Figura C-5) cuyas pendientes son índice, en gran parte, de la manera como la roca se comporta ante la acción erosiva del río.

El Sector 1, que va desde la confluencia de los ríos Moro y La Miel hasta el contacto occidental del Stock de Norcasia, tiene una longitud de unos 1000 m, su curso es recto y encañonado y está regido por el sistema de diaclasas paralelo al río, tiene laderas de pendiente regular y empinada. El gradiente del río en este sector (0.91%) refleja la homogeneidad de la dureza de los esquistos del sitio de presa y de los diques que los intruyen.

En los sectores 2, 3 y parte del 4, se reconocen dos actitudes de la cuarzodiorita del Stock de Norcasia, mientras que hacía sus contactos (sector

2 y parte del 4) es más resistente, en el centro (sector 3) la pendiente (menor de 1%) corresponde a una zona más erodable. El comportamiento diferente de la diorita a un mismo fenómeno implica variaciones en su composición mineralógica (probablemente un menor contenido de cuarzo hacia el centro del stock) y en su grado de fracturación.

La mitad oriental del sector 4, de 2.16% de pendiente, es el último tramo abrupto del río donde los horizontes de cuarcita y esquistos recristalizados por metamorfismo térmico son muy resistentes y forman saltos y angostamientos en el cauce del río.

Los sectores 5 y 6 son los más largos y presentan las pendientes más bajas del tramo en referencia (0.70 - 0.44%). El cauce del río corta allí roca muy homogénea en su composición mineralógica y en su grado de metamorfismo; además, estos sectores del río La Miel muestran la influencia de la proximidad del valle del río Magdalena, nivel base de toda la región.

4.2.2 Perfiles geomorfológicos

Los perfiles Norcasia-Junín (C-C) y Norcasia El Cuarenta (B-B) permiten analizar otros aspectos geomorfológicos del área del proyecto que constituyen su paisaje. En el perfil C-C el tramo comprendido entre las cotas 750 y 680 corresponde a una parte predominantemente plana entre Norcasia y Montegrande, donde la escorrentía es lenta y los suelos residuales, cubiertos por tobas, desarrollan su mayor potencia, posiblemente hasta de 60 m.

El sector comprendido entre cotas 680 y 280 constituyen el área de excavación reciente del río, presenta una pendiente bastante regular y está generalmente cubierto por suelo residual y depósitos de ladera estables cuyo espesor máximo, calculado en unos 10 m, se va reduciendo hasta desaparecer en proximidades del río. En este tramo los depósitos de ladera y suelo residual se acumulan y se mueven con mayor velocidad hacia el río y por ello su espesor es escaso (3-10 m, aproximadamente).

El perfil geomorfológico Norcasia-El Cuarenta (B-B) muestra otro aspecto de la erosión diferencial de la región. Presenta 3 sectores muy definidos por tal fenómeno.

El primero corresponde a la planada donde está la población de Norca

sia, y está constituido por esquistos y la parte más occidental de la diorita, los cuales presentan una resistencia similar a la erosión.

El siguiente sector es un valle amplio cuyo eje es la quebrada Tesorito I. Este sector corresponde a la parte central de la cuarzodiorita y muestra menor resistencia a la meteorización atmosférica.

El tercer sector comprende desde la divisoria de aguas de la quebrada Tesorito I hasta El Cuarenta. Corresponde a un terreno ondulado donde alternan rocas (diorita, esquisto y cuarcita) que son más o menos resistentes a los procesos erosivos.

4.3 Litología del Area del Proyecto

La zona de las obras y el área del embalse está constituida por rocas metamórficas de edad paleozoica, rocas ígneas intrusivas cretáceas, sedimentarias del Terciario y depósitos no consolidados de edad cuaternaria. Estos conjuntos rocosos se han dividido en unidades que se describen separadamente (ver Figuras C-1, C-2, C-3, C-4 y C-6).

4.3.1 Rocas Metamórficas Paleozóicas de la Zona de las Obras

a. Migmatita de La Quebra (in) y (a)

Las constituyen rocas de composición granítico-metamórfica. Afloran al oeste del Sitio de Presa, aguas arriba de los ríos Moro y La Miel y constituyen un cuerpo elongado en dirección al noroeste y tiene un ancho de 1.5 km que limita por el oriente con los esquistos del sitio de presa. La composición mineralógica de estas migmatitas muestra abundancia de cuarzo, feldespato, muscovita, biotita y hornblenda. El cuarzo y el feldespato, dispuestos en bandas, venas y ojos forman la fracción ígnea de la roca (leucosoma) y dan a la migmatita una textura cristalina de grado medio a grueso. Las micas constituyen el paleosoma metamórfico y definen las estructuras dominantes de la migmatita como son la bandeada y esquistosa; además, se observan estructuras graníticas, ofítica, fibrosa y reticular. Hay pues diversos tipos de migmatita; neis de inyección, arterita, agmatita y nebulita, hecho por el cual esta unidad tiene un tipo genético mixto (polimigmatismo). Dentro de las migmatitas se distinguen sectores de anfibolita (a), especialmente hacia el sur del embalse.

b. Esquistos del Sitio de Presa(es)

Esta unidad ha sido denominada por algunos investigadores como neis cuarzomicáceo. Aflora a lo largo del cañón del río La Miel en el Sitio de Presa (ver Figura C-10), entre el vértice de confluencia de los ríos Moro y La Miel y el Puente Colgante en un tramo de unos 800 m. Está limitada hacia el oeste por las Migmatitas de La Quebra, con un con tacto gradacional y por el Stock de Norcasia hacia el este. Presenta alto grado de metamorfismo regional con metamorfismo térmico sobre impuesto. Tiene como minerales principales feldespato, cuarzo y mi ca. El cuarzo y feldespato forman bandas irregulares (ptygmas) que alternan con franjas de biotita y muscovita. El contenido de biotita es mayor que el de muscovita.

c. Esquistos de La Clara Puente de Hierro (es) (nq) y (m)

Constituyen una unidad de roca metamórfica que aflora a lo largo del valle río La Miel, desde el contacto al este de la diorita de Norcasia hasta quebrada La Clara, principalmente. La constituyen esquistos bio títico-sericítico (es) y cuerpos tabulares o lenticulares de cuarcita (nq) dispuestos a manera de intercalaciones dentro del esquisto. La cuarcita tiene espesores entre 0.5 y 30 m.

La unidad en referencia presenta una foliación baja o bien desarrolla da y en varios afloramientos se distingue doble foliación; la cuarcita es masiva o moderadamente esquistosa.

Dentro de los esquistos de La Clara-Puente de Hierro se presentan len tes de mármol (m) que se acuñan e interdigitan en cortos intervalos. El espesor máximo de estos lentes es de 10 m. espesor apreciado en la explotación aguas arriba de Puente de Hierro por la margen derecha del río La Miel. El mármol presenta estructura bandeada a masiva y textura granoblástica, de granulometría media a gruesa. Su composi ción mineralógica tiene como principales componentes carbonato de calcio, cuarzo y silicato de calcio.

La presencia de bloques de mármol por la margen izquierda del río La Miel, entre la quebrada La Clara y Puente de Hierro indica que allí también puede haber cuerpos lenticulares de mármol en el esquisto los cuales están cubiertos por depósitos recientes.

4.3.2 Rocas Igneas Cretáceas

a. Cuarzodiorita de Norcasia (Kcdn)

Bajo este nombre se agrupan las rocas ígneas del plutón que intruye el Complejo Metamórfico entre los Esquistos de Sitio de Presa al oeste (ver Figura C-12) y los Esquistos de La Clara-Puente de Hierro al oriente (ver Figuras C-13 y C-14).

La cuarzodiorita de Norcasia (ver Figura C-9) tiene una composición cuarzodiorítica a tonalítica biotítico-hornbléndica. Es una roca leucocrática con alto contenido de feldespato y cuarzo y un porcentaje menor de minerales oscuros: biotita, hornblenda y anfíbol.

La textura dominante de la cuarzodiorita de Norcasia es holocristalina de grano fino a medio que por meteorización produce disyunción esferoidal. Por consideraciones de tipo crono-estratigráfico se le ha asignado a la cuarzodiorita de Norcasia una edad cretácea.

b. Diques (Kd)

Las unidades litológicas, tanto las metamórficas como la ígnea, del Proyecto Miel I desde el vértice de confluencia del Río Moro-río La Miel hasta el caño La Florida, presentan intrusiones de diques de composición andesítica a dacítica cuya densidad, en algunos sectores, produce zonas o redes de diques. Así, los Esquistos de Sitio de Presa presentan dos sistemas principales de diques que crean una red a lo largo de planos de foliación y de diaclasamiento (ver Figura C-4). Al este del Stock de Norcasia hay dos zonas de diques: El Cuarenta y Puente de Hierro (ver Figura C-2). Los diques presentan buzamientos que oscilan entre 50° y 90°. Su espesor está comprendido entre 1 y 15 m y tienen una orientación general E-W. Los contactos de los diques con la roca encajante son sellados y generalmente presentan una fracturación paralela a la orientación del dique. En algunos casos los diques no están afectados por los sistemas de diaclasas de la roca encajante sino que presentan fracturación propia. Esta unidad agrupa diques de composición intermedia; principalmente pórfido-dacíticos (Kdpd), dacíticos (Kddc), pegmatíticos (Kdp), aplíticos (Kdap), andesíticos (Kdan), alaskíticos (Kdal) y dioríticos (Kddr).

4.3.3 Rocas sedimentarias del Terciario

a. Conglomerado Basal del Terciario (Tih)

Se identificó en varios sitios de la zona del Proyecto Miel I un conglomerado basal (ver Figura C-8) conformado por cantos y gravas de esquistos, cuarzo, cuarcita y roca ígnea en matriz cuarzo-feldespática bien litificada, que yace discordantemente sobre rocas metamórficas (e.g. en la quebrada El Tigre, y en el río Pontoná, ver Figura C-15) Stock de Norcasia (en la quebrada Las Pavas, ver Figura C-16) o sobre diques y roca metamórfica (margen derecha del río Pontoná, carretera Isaza-Junín).

Las características sedimentológicas y el grado de litificación apreciados en éstos afloramientos inducen a pensar que se trata del conglomerado basal de la depositación terciaria en la región del valle medio del Magdalena.

b. Grupo Honda (Tsh)

Aflora hacia la parte suroriental del valle del río La Miel, lo constituyen horizontes de arenisca conglomerática o de grano medio, que alterna con niveles de arcillolita y limolita gris verdosa, pobremente litificados. En las dos últimas unidades arriba descritas no se localiza ninguna obra del Proyecto Miel I.

4.3.4 Depósitos Cuaternarios

El Sistema Cuaternario está representado por las siguientes unidades:

a. Suelos residuales (Qsr)

Están conformados por limos, limos arcillosos y gravas, productos de meteorización in situ de rocas ígneas y metamórficas. Su composición y rasgos texturales y estructurales reflejan la composición de la roca infrayacente.

Los suelos residuales están localizados en las partes altas de los valles, remanentes de una penillanura antigua expuesta por largo tiempo a la meteorización. El espesor de estos suelos es variable y puede posiblemente alcanzar hasta 60 m.

b. Depósitos conglomeráticos (Qco)

Están conformados por fragmentos redondeados, cantos, gravas y gravillas de roca intrusiva y metamórfica en matriz limo-arcillosa. Esta unidad tiene un desarrollo limitado a las partes altas del valle del río La Miel, y yacen en discordancia sobre rocas ígneas o metamórficas. El espesor de esta unidad varía entre 1 y 10 m.

c. Depósitos piroclásticos (Qto)

Las partes altas de los valles de los ríos La Miel y Moro y sus divisorias, están cubiertas por capas de toba volcánica (ver Figura C-7), de escasa cementación, de composición ácida, coloración amarilla a parda, que son producto de depositación eólica. El mayor espesor observado de las tobas alcanza 10 m al este de Norcasia.

d. Depósitos de pendiente (Qdp)

Los depósitos de pendiente cubren las laderas de ríos y quebradas, y constan de fragmentos angulares meteorizados de roca metamórfica e ígnea de tamaño variable, el cual aumenta hacia la parte baja de las laderas.

En la mayoría de los casos los depósitos de ladera presentan matriz limo-arcillosa y su espesor está comprendido entre 1 y 10 m.

e. Depósitos aluviales (Qal) y (Qt)

Estos depósitos están conformados por clásticos de roca metamórfica e ígnea, redondeados a semiangulares, de tamaño variable, en proceso de transporte por acción directa de las aguas corrientes (Qal). Se concentran principalmente en los cauces y valles bajos de ríos y quebradas.

En el cauce medio del río Moro hay terrazas aluviales (Qt) en proceso de consolidación de poco espesor y extensión.

4.4 Litología de la zona de embalse

La localización de las diferentes unidades estudiadas se presenta en la Figura C-3.

4.4.1 Rocas metamórficas paleozóicas

a. Migmatitas de La Quebra (in) y (a)

Esta unidad está representada por un cuerpo alargado, en sentido norte sur, con aproximadamente 1.5 km de ancho, de roca híbrida entre metamórfica a cuarzo-diorítica, caracterizada por la presencia de cuarzo, plagioclasa y feldespato alcalino, y en menores cantidades mus covita y biotita.

El cuarzo y los feldespatos que conforman la parte ígnea dan a la mig matita una estructura cristalina de grano medio a grueso. Las micas (biotita y muscovita) constituyen la parte foliada en las migmatitas y corresponden a la roca metamórfica parental (paleosoma).

Las migmatitas de La Quebra limitan al oeste con esquistos de bajo grado de metamorfismo a lo largo de la falla de La Quebra.

b. Esquisto filítico-grafitoso (es) y (nq)

Esta unidad aflora en el área de embalse del Proyecto Miel I por am bos ramales, conformando cuerpos elongados irregulares, de espesor variable, alternando con fajas de esquisto verde que conforman estruc turas muy variadas. El esquisto filítico-grafitoso comprende además filita, filonita, esquisto alumínico y ocasionalmente esquisto cuarzo - micáceo correspondientes a rocas afectadas por metamorfismo regio nal de bajo grado.

La composición petrográfica de esta unidad comprende feldespato, bio tita, muscovita, sericita, clorita, cuarzo y grafito; presenta estruc ras esquistosa paralela a ondulada y lepidoblástica fina. Los planos de foliación forman superficies lustrosas, que en algunos casos presen tan señales de cizallamiento que facilitan el desarrollo de diaclasas pá ralelas a la foliación.

El esquisto filítico-grafitoso contiene horizontes y lentes de cuarcita o de esquisto cuarcítico de poca potencia.

Esta unidad está en contacto fallado al oriente con las migmatitas de La Quebra.

c. Esquisto clorítico-actinolítico (ev)

Presenta su mayor desarrollo en la cuenca del río Moro y está limitada al occidente por el Complejo Igneo de Samaná. Al igual que la unidad anterior, el esquisto clorítico-actinolítico posee bajo grado de metamorfismo regional y pertenece a las facies esquisto verde. Los principales componentes mineralógicos son cuarzo, feldespato, clorita, actinolita y sericita.

Esta unidad presenta estructura esquistosa paralela y textura lepidoblástica fina.

4.4.2 Rocas ígneas cretáceas

a. Complejo ígneo de Samaná (Kas y Kds)

Esta unidad aflora en el cauce del río Moro en un trayecto aproximado de 3 km y está formada por dos cuerpos ígneos de edad cretácea, que intruyen las rocas metamórficas paleozoicas.

El cuerpo oriental (Kas) es de composición alaskítica, con estructura inequigranular de grano fino a grueso, y su contacto con esquistos de las unidades anteriores está fallado.

El cuerpo occidental (Kds), más joven que el anterior, es de composición variable, predominantemente diorítico, e incluye alaskita, cuarzo diorita y gabro hornbléndico-piroxeno. En general estos dos cuerpos ígneos presentan una elongación en sentido norte-sur.

b. Intrusivo de La Miel (Kcdm)

Este cuerpo aflora en la cola del embalse en el ramal del río La Miel. Su composición varía entre cuarzodiorita biotítico-hornbléndica a granodiorita, de grano fino a medio.

Este cuerpo intruye esquistos de composición alumínica, cuarzo-micácea a cuarcítica y ha formado en ellos una aureola de contacto, de varios metros de espesor. Su contacto oriental presenta un marcado lineamiento.

Su principal discontinuidad tectónica es la disyunción esferoidal.

4.4.3 Depósitos cuaternarios

Los depósitos cuaternarios de la zona de embalse cubren la mayor parte de su área. Sin embargo, los mostrados en la Figura C-3 son los más importantes desde el punto de vista de estabilidad.

a. Zona de meteorización profunda (Qm)

Se presenta en una zanja por la margen izquierda del río La Miel, donde la erosión ha afectado directamente a los esquistos grafitico-alumínicos creando la zona más inestable del embalse.

b. Derrumbes (Qd) y (Qs)

Son áreas de erosión fosilizada y pequeñas zonas de derrumbes activos o potenciales que afectan depósitos cuaternarios.

c. Depósitos aluviales (Qal) y (Qt)

Cubren los cauces de los ríos Moro y La Miel y sus principales afluentes y están constituidos por fragmentos de roca ígnea y metamórfica, tamaño bloque a grava y arena (Qal). En el río Moro se localizaron remanentes de terrazas aluviales (Qt) de poca extensión.

4.5 Estructuras geológicas en la zona de las obras

La intrusión del Stock de Norcasia en el Complejo Metamórfico y las fases orogénicas que han afectado la Cordillera Central constituyen el patrón tectónico de la zona del Proyecto Miel I. La actitud de los esquistos al este y oeste del stock produce una serie de plegamientos tectónicos que por acción del metamorfismo regional dinámico y térmico se han replegado intensamente.

4.5.1 Estructura Isocliforme de La Quebra

La disposición predominante de las unidades metamórficas que se desarrollan entre el Complejo Igneo de Samaná y el Stock de Norcasia tiene un rumbo general N15W y buzamientos comprendidos entre 50° y 90° E, con inversiones locales. Tal disposición estructural se ha denominado Estructura Isocliforme de La Quebra. El grupo de rocas así afectado tiene un espesor este-oeste de unos 8 km y sureste-noroeste de más de 20 km.

La zona del sitio de presa está localizada en el extremo oriental de esta estructura (ver Figuras C-1 y C-2).

4.5.2 Stock de Norcasia

Es un plutón de forma elíptica cuyo eje mayor de dirección N15°W- tiene 6 km de longitud y su eje menor en sentido este-oeste, a la altura de Norcasia tiene unos 2.1 km.

Los contactos occidental y oriental del Stock, observables cerca del cauce del río La Miel, presentan las siguientes características:

- El contacto occidental es discordante con los esquistos del sitio de presa y tiene un buzamiento de unos 70° al oeste. La aureola de contacto que forma en los esquistos intruídos es menor a 5m.
- El contacto oriental es concordante con los esquistos intruídos allí y tiene valores entre 50° y 55°E. Forma una aureola de contacto y xenólisis de 10 o más metros de espesor.

El Stock de Norcasia presenta una estructura homogénea con zonas esporádicas de roca alterada principalmente por diaclasamiento y acción de aguas hidrotermales, tal como lo registró la perforación T-2 en la aureola de contacto. El túnel de fuga atravesará el stock en sentido de su eje menor (ver Figura C-2).

4.5.3 Zona replegada de La Clara

Al este del contacto oriental del Stock de Norcasia los esquistos de Puente de Hierro-La Clara forman varios pliegues cuyo desarrollo hacia el este y noreste originan estructuras mayores. Entre el Stock de Norcasia y la quebrada La Clara hasta Puente de Hierro los esquistos buzán con ángulos comprendidos entre 35° y 60° al este. De Puente de Hierro hacia la quebrada La Florida las estructuras son menos amplias, y su desarrollo es complejo por la frecuente intrusión de diques y por el replegamiento que produjeron en los esquistos las distintas facies metamórficas. La parte oriental del túnel de fuga atraviesa esta estructura (ver Figura C-2).

4.5.4 Discontinuidades tectónicas

El área del Proyecto Miel I está localizada en un bloque definido por

dos fallas regionales, la de Palestina al oeste y Jetudo al este. Sin embargo, dentro de la zona de las obras el fallamiento tectónico es muy escaso (ver Figura C-1).

a. Falla de La Quiebra

Se localiza a unos 2.5 km al oeste del Sitio de Presa, tiene un rumbo $N20^{\circ}W$ y pone en contacto esquisto alumínico-grafítico (bajo grado de metamorfismo) y las migmatitas de La Quiebra (máximo grado de metamorfismo) hecho que sugiere un gran desplazamiento vertical del bloque oriental (ver Figura C-3).

b. Diaclasas

Son la discontinuidad tectónica más frecuente de la región y se desarrollan creando sistemas con algunos rasgos típicos en las distintas unidades litológicas (Ver Figuras C-2 y C-4, Contorno de Polos de Diaclasamiento y Rosetas de Diaclasas). Sin embargo, los sistemas de diaclasamiento principal tanto en el Complejo Metamórfico (Ver Figura C-11) como en el Stock de Norcasia observan un rumbo promedio $N60^{\circ}E$ que es el mismo que mantiene el río La Miel en la región estudiada. En el Diagrama de Contornos de Polos de Diaclasamiento (Ver Figura C-4) se registran las tres actitudes predominantes en el sitio de presa.

- Diaclasas de rumbo $N60^{\circ}E$ y buzamientos entre 50° y $90^{\circ}NW$.
- Diaclasas de rumbo $N30^{\circ}E$ y buzamientos entre 50° y $90^{\circ}NW$ y SE .
- Diaclasas de rumbo $N45^{\circ}E$ y buzamientos entre 20° y $90^{\circ}SE$.

Los dos primeros sistemas tienen un desarrollo perpendicular y paralelo a la foliación de los Esquistos de Sitio de Presa.

Se ha registrado una zona de fracturación intensa por diaclasamiento (blocking) en el estribo izquierdo de la presa, localizada unos 100 metros al este de su eje, (Ver Figura C-4). El fenómeno afecta una masa de esquisto de cerca de 120 m. de ancho en sentido este-oeste y desde la cota 500 aproximadamente, hasta el cauce del río La Miel. Los bloques de roca producidos por el diaclasamiento son prismáticos, con volúmenes entre 0.25 y 200 m^3 aproximadamente. Es posible que ba

jo los depósitos cuaternarios del Sitio de la Presa se encuentren otras zonas de fracturación intensa, similares a la aquí descrita.

El diaclasamiento en el Stock de Norcasia (Ver Figura C-2) muestra una distribución más homogénea, con dos sistemas preferentes, que agrupan más del 50% de las diaclasas medidas.

- Diaclasas con rumbo N60°E y buzamientos comprendidos entre 0° y 85°NW.
- Diaclasas con rumbos comprendidos entre N60°E y N60°W y buzamientos entre 0° y 70°S.

La actitud de las diaclasas en los Esquistos de La Clara-Puente de Hierro registran una tendencia predominante en su rumbo que es este-oeste. La roseta de diaclasas de esta zona (Ver Figura C-2) destaca dos sistemas principales de rumbo N80°E, buzamientos entre 80° y 45° al norte y al sur. Estos sistemas se desarrollan con rumbo similar al de las zonas de los diques de esta área.

Las diaclasas en el área del proyecto presentan en superficie, planos cerrados o abiertos hasta 0.20 m, sin relleno, paredes de roca fresca o moderadamente alterada por cloritización, oxidación y caolinización. Hacia la profundidad, por debajo de la zona de intemperismo superficial, las diaclasas son generalmente cerradas, y en muy pocos casos abiertas con paredes recubiertas por películas de pirita, calcita, clorita y caolín. Por otra parte, los planos de las diaclasas han permitido la intrusión de los diques en toda el área del proyecto, que en muchos casos aprovecharon estos planos de debilidad para inyectarse y sellar la fracturación.

c. Zonas de esfuerzo

Bajo este nombre se identifican sectores de roca afectados por esfuerzo de tensión o comprensión sin que llegue a presentarse fallamiento. La roca pierde características autosoportantes y por lo general las zonas de esfuerzo al ser excavadas requieren tratarse con soporte y revestimiento inicial para controlar los desprendimientos.

Se han reconocido varias zonas de fracturación por esfuerzo tectónico en los Esquistos de La Clara-Puente de Hierro y El Cuarenta. Las zonas de esfuerzo llegan a tener hasta 30 m en sentido este-oeste. Se es

pera que algunas de ellas se encuentren durante la excavación del túnel de fuga entre el portal de salida y el contacto esquistodiorita.

4.6 Estructuras geológicas de la zona de embalse

4.6.1 Cuerpos intrusivos

Afloran al oeste del área de embalse conformando una cadena de plutones (Kds y Kas) alineada en dirección general N25°W entrando en contacto con las unidades metamórficas de la zona de presa por intrusión o fallamiento.

La expresión tectónica de estos cuerpos intrusivos es irregular produciendo estructuras complejas tanto en ellos mismos como en esquistos intruídos.

4.6.2 Estructura Isocliforme de La Quebra

Ya descrita en 4.5.1 constituye la mayor área de inundación del embalse (ver Figura C-3).

4.6.3 Discontinuidades tectónicas

La zona de embalse está regida por el mismo patrón tectónico de la zona de las obras, y por lo tanto el diaclasamiento es su principal discontinuidad. Sin embargo, la zona de embalse, muestra lineamientos (posiblemente fallas ?) efecto de la falla de Palestina.

a. Falla de La Quebra

Tiene un curso recto de rumbo N20°W que se intersecta con el rumbo general de la falla de Palestina en ese sector, con un ángulo de 35°(ver Figuras C-1 y C-3) y pone en contacto las migmatitas de La Quebra (in) al este, unidad que expone el más alto grado de metamorfismo observado de la región, y los esquistos clorítico-actinolítico (ev) y filítico-grafitoso (es) de bajo grado de metamorfismo regional.

b. Lineamientos

Los reconocimientos geológicos y fotogeológicos de la zona de embalse identificaron varios lineamientos, expresión de discontinuidades tales como fallas, zonas de esfuerzo, de diaclasamiento intenso o de contacto entre zonas de diferente grado de metamorfismo.

El análisis fotogeológico y algunos datos de campo indican la presencia de un alineamiento de dirección sur-norte en las cercanías de la confluencia de los ríos La Miel y Moro. Este lineamiento puede representar una falla dentro de las migmatitas de La Quebra.

Se localizó una posible falla hacia las cabeceras de la quebrada Pomponá, fuera del área de las obras; tiene una zona brechada de unos 5m de espesor, se desarrolla con un rumbo 40° NW, y buza 85° al suroeste.

En la Figura C-3 se muestran otros lineamientos observados en la interpretación fotogeológica.

5. GEOTECNIA

5.1 Introducción

En este Capítulo se consignan las características geológicas - registradas durante el estudio de factibilidad - que pueden influir en las obras del Proyecto Miel I y en varios casos en el emplazamiento de algunas de ellas.

5.2 Condiciones Geotécnicas en el sitio de Presa

5.2.1 Características Generales

Como sitio de presa se ha escogido la angostura (Ver Figuras C-18, C-19, C-20 y C-21) que forma el río La Miel inmediatamente después de su confluencia con el río Moro (Ver Figura C-22). Tiene una longitud de cerca de 800 m. desde el vértice de confluencia hasta el puente colgante y presenta homogeneidad en su dirección, en su composición litológica y en su estructura. El grado de metamorfismo de los esquistos y la intrusión de diques en estos han creado una masa de roca dura, compacta, sin fallas tectónicas grandes y cuya principal discontinuidad la producen sistemas de diaclasas más o menos desarrolladas.

Los esquistos de sitio de presa presentan una zona de fracturación intensa hacia la superficie originada por agentes de meteorización principalmente, cuyo espesor varía entre 2 y 11 m. Esta zona requiere inyectarse en la parte donde la losa de concreto aguas arriba de la presa se empotra en la roca de los estribos.

Las perforaciones efectuadas en el sitio de presa (S-1, S-1A, S-2, S-4

S-6, S-7 y S-8, ver Anexo 3) registran por debajo de la zona de alteración y fracturación superficial una masa de roca fresca conformada por esquisto muy recristalizado, duro, masivo, generalmente sano, intruído por diques ígneos, que han ayudado a mejorar la condición de la roca metamórfica soldando las diaclasas y planos de foliación que han intruído. Las características del diaclasamiento en este sector han sido descritas bajo 4. 5. 4.b. Hay en esta masa sectores fracturados separados entre sí cuyos espesores no son superiores a 3 m.

La estructura isocliforme registrada en el sitio de presa constituye otro factor favorable a la estabilidad de los estribos de la presa, pues la actitud predominante de la foliación mantiene un rumbo general perpendicular al cauce del río con buzamientos altos entre 45° y 90° al este, hacia aguas abajo.

Los depósitos de ladera que es necesario remover de los estribos para emplazar la presa tienen espesores hasta de 10 m. los cuales pueden retirarse con monitores de agua dada su poca cohesión.

Se estima que los depósitos del cauce del río propiamente en el sitio de presa tienen espesores entre 10 y 15 m. y que no hay desviaciones considerables de estos valores, puesto que allí el cauce mantiene una dirección recta. Tanto los levantamientos geológicos en la zona del sitio de presa como la geomorfología del tramo y los análisis petrográficos de las rocas conformantes, indican una total ausencia de roca calcárea, de manera que se descarta la presencia de cavernas por disolución de calcáreas en esta zona.

5.2.2 Geología de las Galerías de Exploración

Con el objeto de conseguir datos adicionales sobre la calidad de la roca en el subsuelo, se construyeron dos galerías de exploración (G-1 y G-2 en el eje de presa, una en cada estribo, de aproximadamente 40 metros de longitud, con sección de 3.64 m^2 y techo en forma de bóveda (Ver Figura 1 del Anexo 3).

La galería G-1, del estribo izquierdo, tiene una cota de piso en el portal de 348 m con azimut 336° , paralela al eje de presa en sus 30 primeros metros. Los 10 metros restantes fueron excavados con azimut 300° en dirección paralela al eje de casa de máquinas.

La galería G-2, del estribo derecho, tiene una cota de piso de 345 m en el portal de entrada y azimut de 150° aproximadamente paralela al

eje de presa.

La excavación de dichas galerías se ejecutó por sistema de voladura. Las propiedades mecánicas de la roca en ambas galerías son muy si milares; se excavó allí roca de alta dureza, resistente y compacta.

El patrón de voladura adoptado para la sección proyectada requirió 26 barrenos de 1.60 m. de longitud cada uno. El gasto promedio de dina mita fué de 22 kilos (9 kilos de dinamita de 90% y 13 kilos de dinamita de 60%) con un avance promedio de 1.55 metros de voladura.

La roca excavada en ambas galerías es esquisto gris cuarzo- feldespa tico micáceo fresco, de grano medio, compacto, duro, masivo, con bandas discontinuas e irregulares de cuarzo y feldespato de 0.01- 0.03 m. de espesor.

La galería G-1, entre 27 y 35 m. del portal, fué excavada en un dique pór fido-dacítico, gris, fresco, duro, masivo, de granulación fina.

En la galería G-2 a 18 m. del portal, fué interceptado un dique pegma títico, de poco espesor, meteorizado.

El grado de meteorización que presenta la roca en las galerías está confinado a algunas paredes de diaclasas.

Las principales discontinuidades de la roca son la foliación y el diac lasamiento. La foliación del esquisto es irregular, no laminar a causa del bandeamiento y se manifiesta en superficies de debilidad poco ex tensas, a diferencia de las de diaclasamiento que son amplias y bien desarrolladas. La orientación de la foliación en ambas galerías man tiene un rumbo promedio N20°E con buzamiento entre 50°-85°NE.

El diaclasamiento de la roca es de origen tectónico, sin desplazamien to, aunque en algunos planos de foliación y de diaclasas que coinciden con la foliación, se notan estrías de cizallamiento.

La mayoría de las diaclasas presentan superficies cubiertas por pelí culas de calcita con trazos de piritita. Las diaclasas observadas, según su morfología, fueron clasificadas en dos grupos:

- Diaclasas lisas, de cerradas a ligeramente abiertas (0.01-0.05m) secas o húmedas con superficies levemente oxidadas y/o cloritiza das, que algunas veces forman zonas finamente fracturadas y oxi

dadas.

- Diaclasas abiertas, con paredes irregulares, conductoras de agua, que forman zonas de fracturación y meteorización de 0.05-0.25 m de espesor.

Las diaclasas cerradas son las más numerosas; y se observó mayor humedad en las diaclasas de este tipo cerca a los portales de las galerías. Las diaclasas del segundo grupo tienen distribución errática, actúan como colectores de agua subterránea, y están posiblemente comunicadas con la superficie.

Geométricamente las diaclasas medidas en las galerías se pueden clasificar en sistemas que se interceptan y que corroboran los datos de superficie.

En la galería G-1, estribo izquierdo:

- Diaclasas con rumbo $N50^{\circ} - 80^{\circ}E$ y buzamiento de $55^{\circ}-80^{\circ}NW$. Es el sistema principal en este estribo.
- Diaclasas con rumbo $N5^{\circ}-25^{\circ}W$ y buzamiento $70^{\circ}-90^{\circ}NE$. Coincide con la foliación.
- Diaclasas con rumbo $N45^{\circ}-80^{\circ}W$ y buzamiento de $50^{\circ}-80^{\circ}SW$.
- Diaclasas con rumbo general NE y buzamiento SW.

En la galería G-2, estribo derecho:

- Diaclasas con rumbo $N10^{\circ}-25^{\circ}W$ y buzamiento de $65^{\circ}-85^{\circ}NE$. Es el sistema principal y coincide con la foliación.
- Diaclasas con rumbo $N35^{\circ}-60^{\circ}W$ y buzamiento de $50^{\circ}-80^{\circ}SW$.
- Diaclasas con rumbo $N50^{\circ}-70^{\circ}E$ y buzamiento de $50^{\circ}-80^{\circ}NW$.
- Diaclasas con rumbo general NE y buzamiento SE.

En la galería G-1 la cantidad de agua infiltrada medida fué de 0.3 l/s y está casi en su totalidad asociada a infiltraciones de agua localizada en la solera de la galería entre 36 - 38 m. del portal. En la galería G-2 el flujo medido fué de 0.5 l/s, proveniente de una diaclasa abierta.

ta, interceptada a 28.5 m. del portal, la cual en su comienzo produjo un flujo considerablemente mayor.

De las anteriores consideraciones se puede concluir:

- Las condiciones de la roca en ambos estribos de la presa son de buenas a óptimas.
- La alteración de la roca es superficial.

Para propósitos de excavación de túneles la roca muestra buena capacidad de autoporte.

El coeficiente de sobreexcavación es bajo, el cual está asociado a diaclasamiento y es mayor en las paredes que en el techo.

Las infiltraciones son de poco volumen.

5.3 Condiciones Geotécnicas en la Casa de Máquinas y Túnel de Acceso

La localización de la casa de máquinas del Proyecto Miel I se estudió teniendo en cuenta dos alternativas:

- Casa de máquinas en superficie (El Silencio), con túnel de carga.
- Casa de máquinas subterránea cerca de la zona de presa, con túnel de fuga.

La primera alternativa consideró la construcción de la casa de máquinas en un sitio cerca del río La Miel, 6.2 Km al este del eje de presa. Las condiciones geotécnicas del lugar se analizaron con la información suministrada por cinco perforaciones (Serie CM, ver Anexo3). Los espesores de los depósitos de pendiente registrados en estas perforaciones comprendieron valores entre 56.5 m. (Perforación CM-5) y 28.7 m (Perforación CM-4).

Dado el espesor de los depósitos cuaternarios se desechó la alternativa de construcción en superficie de la casa de máquinas, buscándose en cambio su localización bajo tierra; dentro de los esquistos de sitio de presa, que presentan características geotécnicas más confiables.

Los datos obtenidos por la perforación S-2, dirigida hacia el eje de la

casa de máquinas subterránea, indican que esta obra puede quedar em-
plazada dentro de una masa rocosa constituida esencialmente por es-
quistos cuarzo-feldespático micáceo intruída por diques ácidos de espe-
sor no superior a 5 m. El esquisto es generalmente fresco, duro, ma-
sivo, moderadamente fracturado. Las posibles infiltraciones pueden
tener características similares a la registrada a la profundidad de 37.0
m. de la perforación S-2. Se trata de infiltraciones de caudal que flu-
ye a presión a través de grietas en un sector de roca parcialmente al-
terada.

La definición del rumbo del eje de la casa de máquinas, N60°W, se hi-
zo normal a la bisectriz del ángulo diedro que constituye los planos de
debilidad más frecuentes del esquisto a saber: foliación y el principal
sistema de diaclasamiento en este sector han sido descritas bajo 4.5.
4.b.

La normal a la bisectriz da la mayor estabilidad y seguridad de la ex-
cavación de la caverna y cámaras.

Se prevé que será necesario recubrir y pernar las paredes y techo de
la caverna de la casa de máquinas para darles la mayor estabilidad du-
rante su excavación y operación, a pesar de la alta competencia de la
roca.

El túnel de acceso es una excavación de 2.1 km de longitud y sección
de 6 m. de diámetro. Los 700 m. iniciales de esta excavación se de-
sarrollarán en diorita y los 500 m. finales en esquisto cuarzo micáceo.
Se considera que el primer tramo de este túnel, requerirá revesti-
miento primario de concreto neumático (shotcrete) y pernado sistemá-
tico. Además, es posible que se presenten zonas de esfuerzo y de dia-
clasamiento intenso y caolinización lo que requerirá tratamientos es-
peciales para estabilizarlas.

En la zona de contacto diorita-esquisto, de unos 60 m. de longitud se
considera la posibilidad de soportarla con arcos de acero, dado que es-
ta discontinuidad puede presentar volúmenes de roca alterada más am-
plios.

Las características de la excavación en el esquisto del tramo final del
túnel de acceso a la casa de máquinas, de unos 450 m. podrían ser si-
milares a las de la casa de máquinas: roca dura, fresca, masiva, ge-
neralmente homogénea, con diques verticales, perpendiculares o para-

lelos a la dirección del túnel. Es posible que las zonas de roca alterada se localicen principalmente en los contactos dique-esquisto, dado que a través de estos planos la acción de las aguas oxidantes es más efectiva y donde igualmente las infiltraciones van a incrementar su caudal.

Debe contemplarse la posibilidad de soportar y revestir algunos sectores de longitud menor a 20 m. de esta parte del túnel pero en general, sus paredes y techo podrán quedar con roca a la vista.

5.4 Condiciones Geotécnicas en el Túnel de Fuga

Es una excavación de 4.2 km de longitud y 11 m. de diámetro con una ventana de 300 m. que divide el túnel en dos partes aproximadamente iguales (Ver Figura C-2).

La construcción del túnel contempla excavar tres tipos de roca. Del portal de salida al contacto oriental del Stock de Norcasia; los primeros 1200 m del túnel atravesarían esquisto grafitico-alumínico, lentes de cuarcita y mármol, y diques principalmente dacíticos con pliegues amplios a crenulaciones con inclinaciones entre 15 y 45° (Ver 4.5.3 Zona Replegada de La Clara). Es posible que las zonas de fracturación intensa observadas por la carretera y por las márgenes del río originen sectores de túnel, de longitud no superior a 60 m., donde la roca requiera soportes de acero y revestimiento de concreto neumático durante su avance a fin de controlar principalmente los desprendimientos en el techo.

Los siguientes 400 m. de túnel se desarrollarían dentro de rocas competentes (alternancia de esquisto y cuarcita) que buzan con 50°-80° al este.

La presencia de numerosos diques paralelos a la dirección del túnel conducirían probablemente a infiltraciones al túnel.

La zona de contacto esquisto-cuarzodiorita puede extenderse por algunas decenas de metros; a lo largo de la cual se encontrarían rocas de ambos tipos y probablemente migmatita. El patrón de diaclasamiento de la zona es errático y la extensión y forma de los cuerpos rocosos pueden presentar formas muy variables (Ver 4.5.4. b). Esto acompañado con posibles zonas de roca alteradas hace suponer que la zona de contacto esquisto-cuarzodiorita requiera soporte y tratamiento adicionales.

El siguiente tramo de túnel, en dirección a la casa de máquinas, se perforaría en cuarzodiorita (Stock de Norcasia) por una longitud de unos 1.000 m. En este sector muy posiblemente se presentarán numerosos cambios intempestivos en sus condiciones de excavación. Además, el rumbo del túnel de fuga, en este tramo, coincide con el de los dos principales sistemas de diaclasas que se desarrollan en la cuarzodiorita, de manera que los desprendimientos ocasionados por intersección de planos de diaclasamiento pueden ser frecuentes.

La intemperización que pueda afectar la cuarzodiorita a lo largo, de las superficies expuestas puede posiblemente exigir un revestimiento de todo este tramo del túnel de fuga en paredes y techo, así como un pernado sistemático que controle aflojamiento de bloques de roca, después de la excavación.

Es muy probable que se presenten sectores de cuarzodiorita alterada cuya extensión puede variar entre 3 y 20 m. y sobreexcavaciones por encima del techo teórico del túnel, entre 1 y 4m.

Los 500 m. de túnel comprendidos entre el contacto cuarzodiorita-esquistos y la caverna de máquinas, el último tramo del túnel, se excavaría en los esquistos de sitio de presa, cuyas características geotécnicas las muestran como muy competentes y donde probablemente pueda haber flujos de aguas de infiltración de caudal, entre 10 y 20 l/s asociados con probable fracturación local y alteración de la roca, desprendimientos en el techo del túnel, sobreexcavaciones hacia los sitios de contacto del esquistos con los diques que lo intruyen.

Pese a la competencia misma de los esquistos de sitio de presa, así como su actitud favorable con respecto a la dirección del túnel de fuga conviene revestir e inyectar el tramo entre caverna de máquinas y el eje de la presa a fin de "cortar" la columna hidrostática que se forma a lo largo de grietas y fracturas entre el embalse y el túnel de fuga cuando el proyecto entre en operación.

Las excavaciones de la bocatoma, de la ventana y del portal de salida del túnel de fuga van a iniciarse en áreas cubiertas por depósitos de la dera cuyo espesor parece mayor en la ventana que en el portal de salida. La remoción de este material en la bocatoma de caverna de máquinas puede adelantarse con monitor dado su espesor, relativamente bajo, menor de 10 m. y su extensión interrumpida en varios sentidos por afloramiento de roca fresca. Los cortes de la bocatoma quedan

pues sin material inestable que requiera tratamiento especial. Los taludes de los cortes y las bermas excavados en roca fresca van a requerir un recubrimiento con una capa de concreto neumático cuyo espesor no será, probablemente, mayor a los 0.15 m.

Por lo masivo del esquisto las costuras pueden limitarse a las zonas de fracturación intensa cuyo ancho no se espera mayor a 2 m. Es probable que las zonas de roca alterada que requieran tratamiento dental (escariación del material blando y relleno de la cavidad con concreto y pernado) estén confinadas a algunos de los contactos dique-esquisto, cuyo espesor no se espera mayor de 1 m.

5.5 Condiciones Geotécnicas en los Túneles de Rebosadero

Se ha diseñado a nivel de factibilidad, un rebosadero para el embalse del Proyecto Miel I, consistente en dos túneles paralelos de unos 500 m. de longitud, sobre el estribo derecho, entre cotas 430 (bocatoma) y 342 (salida del rebose).

Las condiciones geológicas de los dos túneles separados cerca de 200 m entre sí, van a ser similares dada la homogeneidad litológica y estructural de las demás obras allí emplazadas.

La unidad metamórfica en la cual se proyectan excavar tales túneles (esquistos de sitio de presa) presenta inyecciones de cuarzo-feldespato en forma de venas dentro del esquisto micáceo, que han creado una roca muy competente, dura, masiva, fresca, con fracturación moderada o localmente intensa.

Por la posición de los túneles de rebosadero en una ladera de talud fuerte, mayor de 35°, y por el espesor promedio del techo, cerca de 120 m las infiltraciones en los túneles de rebosadero van a ser escasas y de poco caudal.

5.6 Condiciones Geotécnicas del Embalse

El embalse del Proyecto Miel I cubre un área de unos 12 Km² y contendrá cerca de 570 Mm³ de agua (hasta la cota 450). La zona de inundación comprende dos ramales: el cañón del río La Miel desde el sitio de presa hasta cerca del puente de la carretera Marquetalia-Samaná (20 Km. aproximadamente), y el cañón del río Moro desde su confluencia (Ver Figura C-22) hasta la zona de desembocadura de la quebrada

Patiobonito en el río Moro (14 km aproximadamente). Los dos ramales están separados por una cuchilla divisoria de aguas, que alcanza alturas hasta de 600 m. y que se ensancha en dirección suroeste. Las unidades litológicas en el área de embalse (Ver Figura C-3) comprende esquisto micáceo-cuarzo feldespático grafítico-alumínico, migmatitas, rocas ígneas y depósitos cuaternarios. El aspecto geotécnico de estos últimos es importante pues afecta directamente la estabilidad misma del embalse.

Sobre las márgenes y laderas del río La Miel los depósitos cuaternarios no consolidados presentan zonas de derrumbe fosilizados (Qs), activos o potenciales y un sector de intensa meteorización (Qm).

Los derrumbes fosilizados comprenden áreas estables en las condiciones actuales; tienen una topografía suave cubierta por derrubios de pendiente conformados por bloques de roca en matriz limo-arcillosa.

La cubierta vegetal es extensa y bien protegida por los bosques naturales y cultivos en toda el área del embalse.

Las zonas de derrumbes activos o potenciales son escasas y de poco volumen y las constituyen derrubios de pendiente al pie de algunos escarpes.

La composición de las rocas que conforman el área de embalse y los escasos accidentes tectónicos que las afectan aseguran la impermeabilidad de todo el embalse. No se registran rocas calcáreas cuya disolución favorezca la formación de Karsts o cavernas de fuga, ni sectores de gran fracturación por debajo de las cotas de embalse que pudiesen originar filtraciones hacia fuera del vaso.

En general las condiciones físico-mecánicas de las unidades litológicas, la geomorfología y los accidentes tectónicos en el embalse no producen problemas de importancia. Para mantener la estabilidad del embalse (ver Figura C-23) conviene reforestar los taludes en las zonas de acumulación de derrubios donde las pendientes sean mayores de 30° y observar periódicamente las zonas inestables potencialmente después de cada temporada de lluvias, a fin de hacerles tratamientos de estabilización.

6. INVESTIGACIONES DEL SUBSUELO

6.1 Perforaciones

Para investigar las condiciones del subsuelo en el sitio de presa, rebosadero, casa de máquinas y túneles se ejecutó un programa de 16 perforaciones que sumaron en total 1065 m. de longitud.

De estas perforaciones cinco fueron efectuadas en el sitio seleccionado inicialmente como alternativa de casa de máquinas superficial y dos sobre el alineamiento escogido para el túnel de carga de esta alternativa.

En la zona de la presa, rebosadero, casa de máquinas subterránea y túnel de fuga, se hicieron nueve perforaciones distribuídas convenientmente de acuerdo con la ubicación de las distintas estructuras.

Las perforaciones se ejecutaron en diámetro Nx al comienzo de cada sondeo y en Bx en el tramo final. En los sondeos profundos del sitio de presa se usó el sistema Wire-Line en diámetro BQ.

En el cuadro resumen de perforaciones que se incluyen en el Anexo 3 se indica para cada una de las perforaciones los datos más importantes de cada perforación.

En las Figuras C-2 y C-4 se muestra la localización de las perforaciones y en el Anexo 3 se incluyen los registros detallados de cada una.

7. ENSAYOS DE AGUA A PRESION

7.1 Introducción

Con el objeto de determinar la permeabilidad de los estribos y de la fundación de la presa se efectuaron ensayos de agua a presión en cinco perforaciones, tres en el estribo izquierdo (S-1, S-1A y S-2) y dos en el estribo derecho (S-7 y S-8).

7.2 Descripción de los ensayos

Las pruebas de agua a presión se ensayaron en cada sondeo por tramos de 3 m. de longitud progresivamente de abajo hacia arriba, empleando

permeámetros de doble empaque del tipo mecánico. En cada sección ensayada se hicieron cinco lecturas de caudal a diferentes presiones manométricas, primero incrementando la presión hasta alcanzar la máxima especificada y luego disminuyéndola, con el fin de determinar la variación del caudal con la variación de presión.

Para el valor de la presión manométrica se usó el criterio americano de aplicar 0.25 Kg/cm^2 por metro de sondeo hasta alcanzar un límite máximo de 10 Kg/cm^2 que es la presión máxima según Lugeon. Para profundidades mayores se fijó el límite de 10 Kg/cm^2 como presión manométrica máxima.

El valor de la presión neta se calculó según el caso teniendo en cuenta la posición del nivel freático, la altura del tramo ensayada desde la superficie al centro del probador y la localización de manómetro con respecto a la superficie.

7.3 Clasificación del Tipo de Flujo

Para el análisis de resultados se determinaron los tipos de flujo a través de la roca de acuerdo con los casos que se definen a continuación

L : Flujo laminar

L₁ : Flujo laminar con taponamiento de fisuras a alta presión.

L₂ : Flujo laminar con destaponamiento de fisuras a alta presión.

T : Flujo turbulento.

T₁ : Flujo turbulento con taponamiento de fisuras a alta presión.

T₂ : Flujo turbulento con destaponamiento de fisuras a alta presión.

D : Deformación de la roca.

D₁ : Deformación de la roca con taponamientos de fisuras a alta presión.

D₂ : Deformación de la roca con destaponamientos de fisuras a alta presión.

N : Absorción nula.

Se han clasificado además para el análisis los siguientes casos:

A₁ : No se logra incrementar la presión.

A₂ : Disminuye el caudal con el incremento de presión.

7.4 Análisis de Resultados

En el Anexo 4 de este apéndice se presentan a manera de registro los resultados de los ensayos de agua a presión y en los registros de perforación que se incluyen en el Anexo 3 de este apéndice se muestra la variación de absorción en unidades de Lugeon con la profundidad para cada uno de los sondeos ensayados; igualmente se puede observar el efecto del índice de calidad de roca (RQD) con respecto a la absorción de agua.

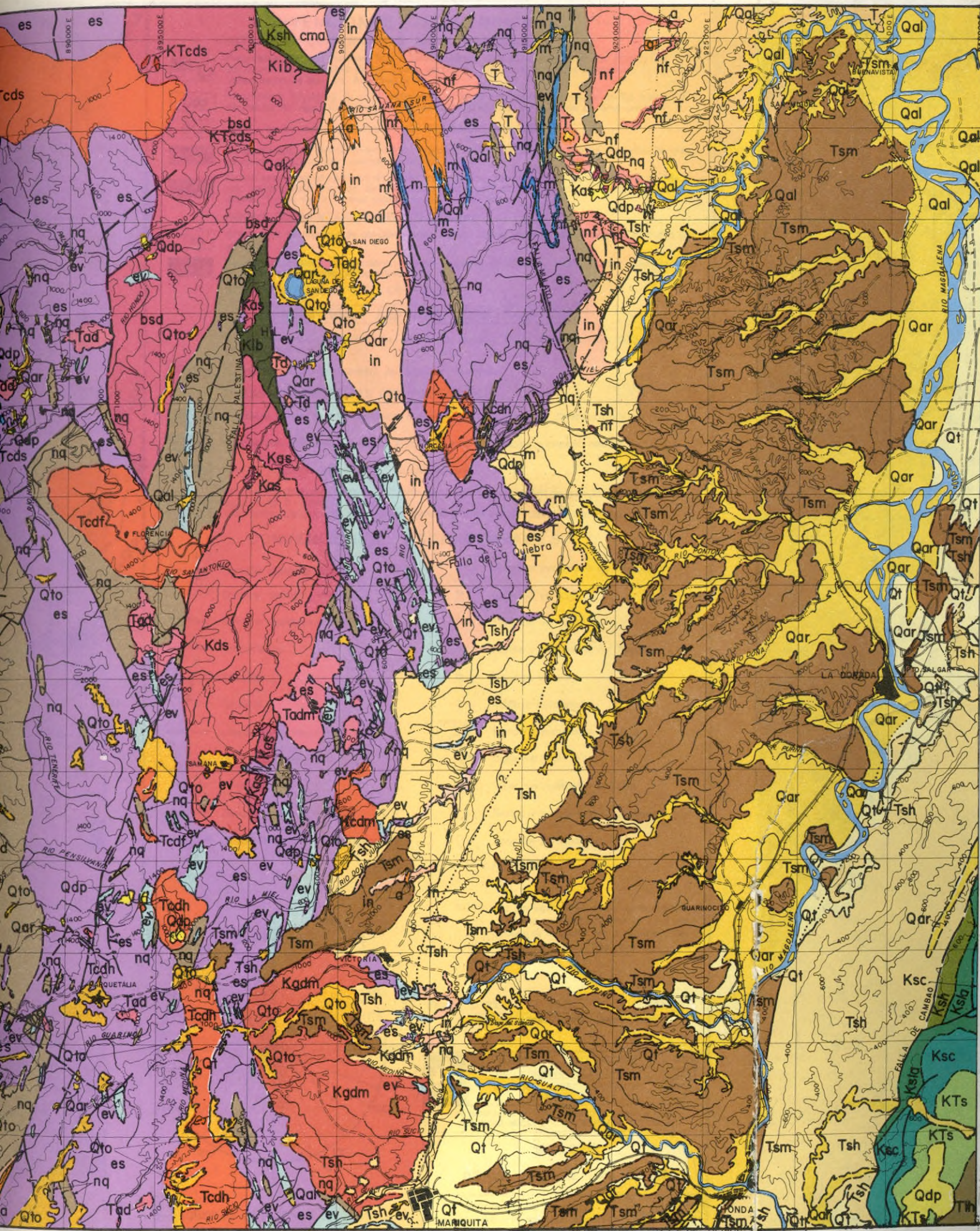
En el Cuadro 7-1 se indica para cada pozo ensayado un resumen de la absorción de agua en Unidades Lugeon que se permite entre determinados límites y su porcentaje de recurrencia.

Con base en los resultados se puede deducir que en el estribo derecho predominan en general los casos de absorción nula, menores de 1 UL y de 1 a 5 UL, lo cual indica que se trata de rocas poco permeables que tomaron cantidades relativamente pequeñas de inyección. Se observa por otra parte en este estribo que los primeros 6 m. presentan absorciones mayores coincidiendo con la zona fracturada que se detectó en las perforaciones.

En el estribo izquierdo se observa que existen tramos de baja permeabilidad de absorción nula o menores de 1 UL, intercalados con tramos permeables con resultados de absorción mayores a 10 UL condición que prevalece de acuerdo con los ensayos en el sondeo S-1A hasta una profundidad de 60 m. aproximadamente, esto permite prever que este estribo requerirá una mayor cantidad de inyección que el estribo izquierdo; además, se observa también que hasta los 10 m. y en algunos casos hasta los 20 metros, se presentan absorciones mayores de 50 UL donde no se logró incrementar presión durante el ensayo lo cual permite suponer que la zona superficial requerirá cantidades apreciables de inyección para lograr una buena permeabilidad en el contacto de la cara de concreto con los estribos.

FIGURAS





CONVENCIONES
ROCAS INTRUSIVAS ROCAS SEDIMENTARIAS Y METAMORFICAS

<p>Td PORFIDO DACITICO Rocas hipoabisales predominantemente dacíticas, con variaciones granodioríticas.</p> <p>Tdp DIQUE PEGMATITICO</p> <p>Kcdm Kcdn Tcdh Tcdf INTRUSIVOS CUARZODIORITICOS Kcdm: Intrusivos de La Miel, cuarzodiorita biotítica hornbléndica con variaciones a granodiorita. Kcdn: Stock de Norcasia, cuarzodiorita a tonalita biotítica inequigranular, grano grueso. Tcdh: Intrusivos de El Hatillo, cuarzodiorita biotítica inequigranular, grano grueso. Tcdf: Intrusivos de Florencia, cuarzodiorita biotítica-hornbléndica de grano grueso con variaciones a granodiorita.</p> <p>cma CUARZOMONZONITA DE AQUITANIA</p> <p>Kdpd Kddc Kdp Kdap Kdon Kdal Kddr DIQUES De composición variada de pórfido dacítico, dacítico, pegmatítico, aplítico, andesítico, alaskítico y diorítico. Intruyen el Stock de Norcasia y la roca metamórfica encajante. (No se incluyen en este mapa por su reducido tamaño. Se presentan en mapas de mayor escala, e.g. Figuras 6 y 7)</p> <p>Kas ALASKITA DE SAMANA Alaskita de grano grueso inequigranular.</p> <p>Kgdm INTRUSIVOS DE MARIQUITA Granodiorita biotítica hololeucocrática inequigranular, con variación local a diorita, cuarzodiorita o cuarzomonzonita.</p> <p>Kds COMPLEJO IGNEO DE SAMANA Cuerpo de composición muy variable, predominantemente diorítico, incluye alaskita, cuarzodiorita y gabro hornbléndico-piroxénico.</p> <p>as in MIGMATITAS Y ANFIBOLITAS Roca orientada, inequigranular, grano grueso, de composición cuarzodiorítica a cuarzomonzonítica. Hacia el Este del área se mezcla con rocas metamórficas originando diversos tipos de migmatitas; la fracción metamórfica consta de anfibolita, esquistos, neis cuarzofeldespático y neis con silicatos de calcio. Se presentan bancos y niveles de cuarcita (nq) intercalados.</p> <p>SIMBOLOS</p> <p>----- Localización aproximada de contacto. ----- Localización de falla, flechas indican movimiento, L=levantado, H=hundido. ----- Localización aproximada de falla. ----- Falta probable o incierta. Escala: 0 1 5 10 km ----- Falta cubierta. ----- Lineamiento fotogeológico</p> <p>NOTAS: - Modificado de Feininger et al (1970) y Barrero y Vesga (1976). - Base topográfica del Instituto Geográfico "Agustín Codazzi". - En mapas de mayor escala (e.g. Figuras 6 y 7) se muestra una mayor discriminación de los depósitos cuaternarios.</p>	<p>Qar Qal ALUVIONES RECIENTES</p> <p>Qt TERRAZAS ALUVIALES Depósitos aluviales principalmente de arenas y gravas.</p> <p>Tsm FORMACION MESA Alternancia de lutitas y areniscas; arenas tobáceas y gravas con cantos de rocas volcánicas; lutitas rojas.</p> <p>Tsh GRUPO HONDA Lutitas rojas con intercalaciones de areniscas; arenas y gravas con cantos de rocas metamórficas e ígneas intrusivas y efusivas; lutitas y areniscas grises; arcillolitas y limolitas.</p> <p>Tih FORMACION HOYON Conglomerados con cantos de cuarzo, rocas ígneas y metamórficas; lutitas color violeta; gravas y areniscas.</p> <p>KTs FORMACION SECA Lutitas rojas con intercalaciones de areniscas.</p> <p>Ksc FORMACION CIMARRONA Conglomerados con fragmentos de cuarzo y matriz arenosa-calcareá; lutitas y limolitas negras con intercalaciones de areniscas.</p> <p>Ksla NIVEL DE LUTITAS Y ARENISCAS Lutitas de color gris oscuro con intercalaciones de areniscas y margas.</p> <p>Ksh FORMACION HONDITA Calizas con fragmentos de cuarzo e intercalaciones de lutitas y margas.</p> <p>Kib HORIZONTE FOSILIFERO DE BERLIN Lutitas negras, arcillolita y limolita localmente fosilíferas; incluye lentes de conglomerado con cantos de cuarzodiorita y rocas metamórficas. Posiblemente incluye horizontes jurásicos.</p> <p>bsd nq m ev es ea nf ROCAS CON METAMORFISMO REGIONAL OCASIONALMENTE AFECTADAS POR METAMORFISMO DINAMICO Y/O TERMICO bsd: Rocas metamórficas no diferenciadas de muy bajo grado, conservan la textura sedimentaria original. m: Marmol y rocas con silicatos de calcio, con variación lateral a cuarcita. nq: Cuarcita y cuarcita biotítica-feldespática, con transiciones locales a esquistos y neis cuarzo feldespático. ev: Esquistos verdes compuestos principalmente por albito, epidoto, clorita y actinolita. es: Esquistos grafitosos, micáceo, cuarzo-feldespático y aluminico; filitas. ea: Anfibolita y esquistos anfibolíticos. nf: Esquistos micáceos y neis cuarzo-feldespático-biotítico de grado medio a alto.</p> <p>Qdp DERRUBIOS DE PENDIENTE</p> <p>Qto DEPOSITOS PIROCLASTICOS Y GLACIOFLUVIALES Incluye depósitos glaciofluviales y localmente flujos de lodo y delgadas capas de tefritas.</p> <p>T SEDIMENTOS TERCIARIOS NO DIFERENCIADOS Arenisca, conglomerado y lutita en el Valle del Magdalena. Localmente incluye terrazas antiguas.</p>
--	---

CUATERNARIO

TERCIARIO

CRETACEO

PALEOZOICO

	INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA	
	CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALDAS	
DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL PROYECTO MIEL I - FACTIBILIDAD TECNICA		
MAPA GEOLOGICO GENERAL		
CONSORCIO RIO LA MIEL INTERDISEÑOS-SUELOS Y FUNDACIONES-GEOCOLOMBIA		FECHA: JUNIO-1979 FIGURA: C-1



CONVENCIONES LITOLÓGICAS

DEPOSITOS CUATERNARIOS NO CONSOLIDADOS

- Qal** Fragmentos de roca metamórfica e ígnea, redondeados o semiangulares, en proceso de transporte por acción directa de las aguas corrientes. Se encuentran generalmente en los cauces y valles bajos de los ríos. Aluviones y terrazas.
- Qdp** Fragmentos angulares de roca metamórfica e ígnea que cubren las laderas de las principales corrientes de agua. En la mayoría de los casos, presentan una fracción de limo-arcilla.
- Qto** Toba y ceniza volcánica de deposición predominantemente eólica.
- Qco** Conglomerado de matriz limo-arcillosa y bloques redondeados, cantos, gravas y gravillas de roca ígnea intrusiva, esquistos, cuarcita y arenisca.
- Qsr** Suelos residuales compuestos de arcilla, limo y grava. Son el producto de alteración in situ de rocas metamórficas e ígneas. Se localizan principalmente en la penillanura al oeste del Río Magdalena. Puede llegar a tener espesores mayores de 20m.

ROCAS SEDIMENTARIAS DEL TERCARIO

- Tsh** Alternancia de arenisca de conglomerática a grano medio, consolidada, arcillolita y limolita gris verdosa.
- Tih** Conglomerado basal del Terciario. Cantos y gravas de esquistos, cuarcita, roca ígnea intrusiva en matriz cuarzo-feldespática consolidada.

ROCAS INTRUSIVAS DEL CRETACEO

Kdpd Kddc Kdp Kdap Kdan Kdal Kddr

Diques de composición intermedia, de pórfido dacítico, dacítico, pegmatítico, aplítico, andesítico, alaskítico y diorítico.

- Kcdn** Diorita, cuarzdiorita a tonalita del Stock de Norcasia.

ROCAS METAMÓRFICAS DEL PALEOZOICO

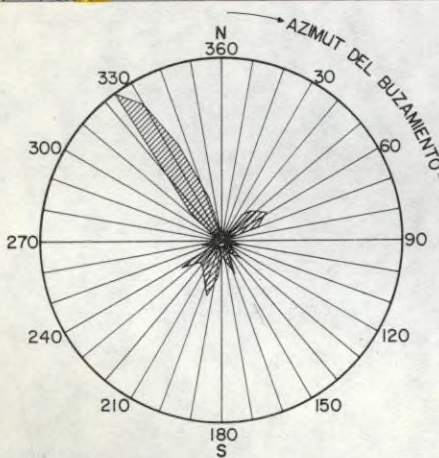
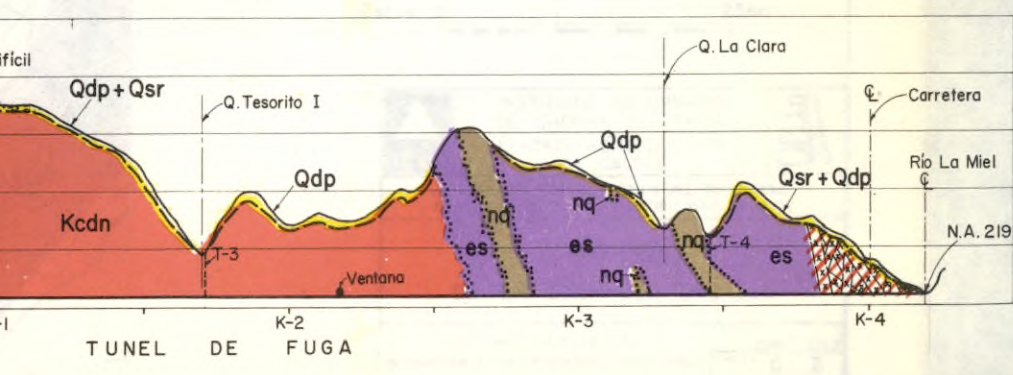
- es** Esquistos filítico, micáceo, sericítico, aluminico, grafitico, cuarcítico, feldespático y calcáreo.
- m** Mármol con estructura bandeada y variación lateral a cuarcita y esquistos calcáreos.
- nq** Cuarcita, cuarcita feldespática, cuarcita calcárea.
- In a** Migmatitas (nebulita, agmatita, arterita, etc.) con intercalaciones de cuerpos acordonados de cuarcita de 5-20m. de espesor.
Anfibolita, equigranular, como parte metamórfica dentro del cuerpo migmatítico.

CONVENCIONES ESTRUCTURALES

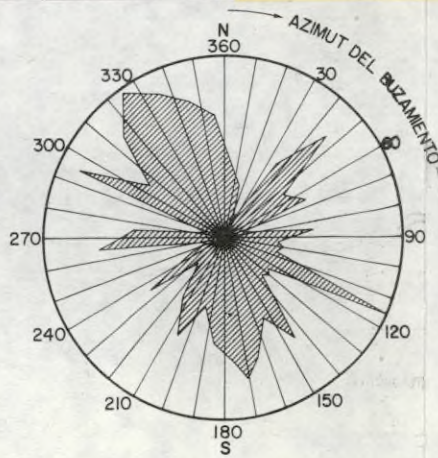
- Contactos geológicos definidos
- Contactos geológicos inferidos
- Contactos geológicos probables
- Discordancia
- Anticinal
- Sinclinal
- Lineamiento foto geológico
- Falla direccional
- Falla inferida
- Zona de esfuerzo tectónico
- Límite de depósitos cuaternarios
- 75° Rumbo y buzamiento de foliación
- Foliación vertical
- Foliación horizontal
- 60° Rumbo y buzamiento de diaclasas
- Diaclasa vertical
- Diaclasa horizontal
- 35° Rumbo y buzamiento de dique
- Dique vertical
- Dique sin inclinación definida
- Rumbo y buzamiento foto geológico
- Zona de derrumbe activo
- CM-1 Perforación

NOTA: La geología de la zona enmarcada a trazos, correspondiente al sitio de presa, se muestra en la figura 7 (Volumen I) y C-4 (Volumen III)

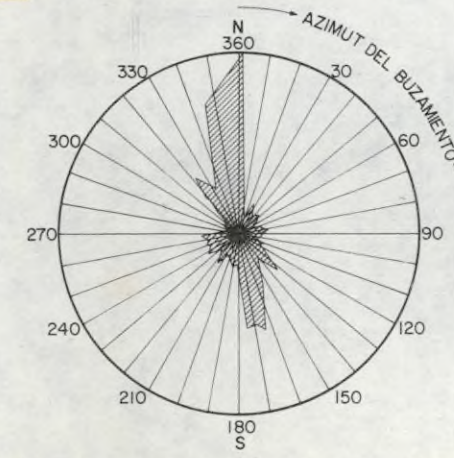
Escala: 0 100 500 1000m



I-SITIO DE PRESA



2-STOCK DE NORCASIA



3-ESQUISTOS DE PUENTE DE HIERRO

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALDAS
DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL
PROYECTO MIEL I - FACTIBILIDAD TECNICA

GEOLOGIA
DE LA ZONA DE LAS OBRAS

CONSORCIO RIO LA MIEL
INTERDISEÑOS-SUELOS Y FUNDACIONES-GEOCOLOMBIA

FECHA: JUNIO-1979
FIGURA: C-2



CONVENCIONES

DEPOSITOS RECIENTES

- Qal, Qt** Depósito aluvial conformado por clásticos de roca metamórfica e ignea, redondeados a semiangulares, concentrados en los cauces y valles bajos de los rios
- Qd** Zona de derrumbes recientes
- Qs** Zona de antiguos derrumbes o de intensa erosión
- Qm** Zona de meteorización profunda

CUATERNARIO

ROCAS INTRUSIVAS

- Kcdm** Intrusivo de La Miel: cuarzodiorita biotítica hornbléndica con variaciones a granodiorita
- Kas** Intrusivo alaskítico de Samaná, inequigranular
- Kds** Intrusivo de composición mineralógica muy variable, predominantemente diorítico

CRETACEO

COMPLEJO IGNEO DE SAMANA

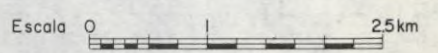
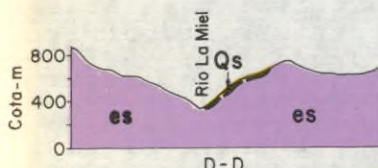
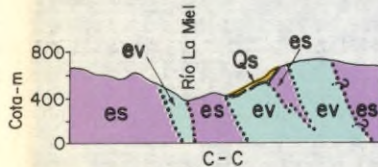
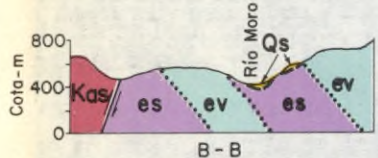
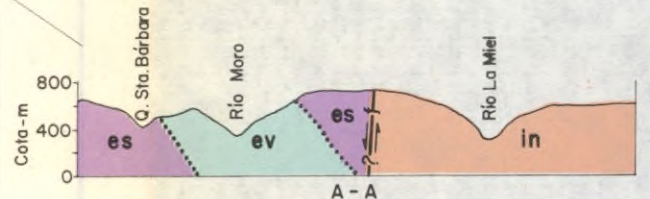
ROCAS METAMORFICAS

- es** Esquistos aluminico, grafitico, cuarzofeldespático-micáceo bandeado y filita
- ev** Esquisto verde clorítico-actinolítico
- nq** Cuarcita y cuarcita feldespático-micácea con transiciones a esquisto cuarzofeldespático-micáceo
- in** Migmatita de composición cuarzomonzónica a cuarzodiorítica, orientada, inequigranular

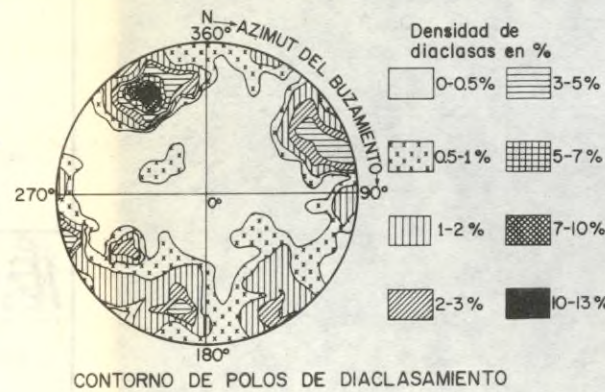
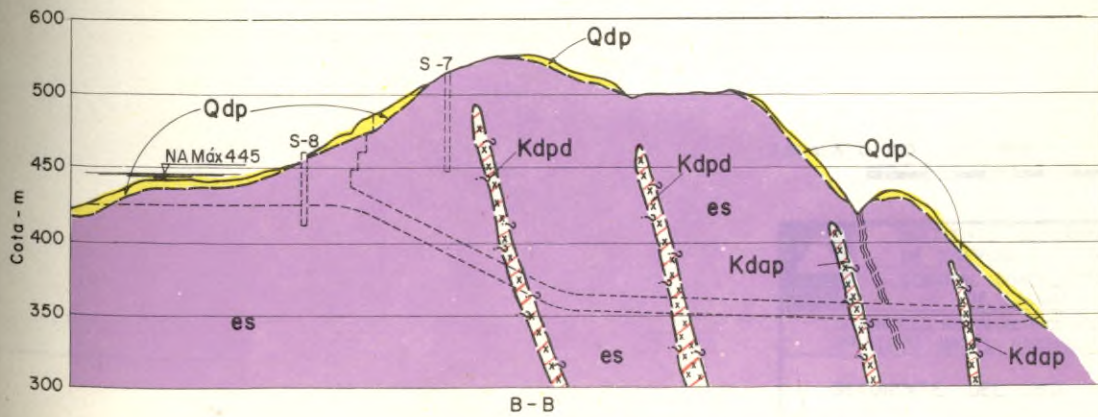
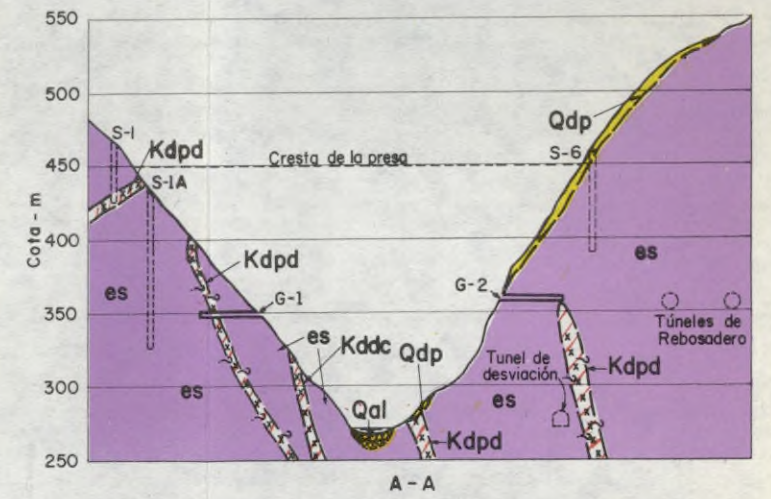
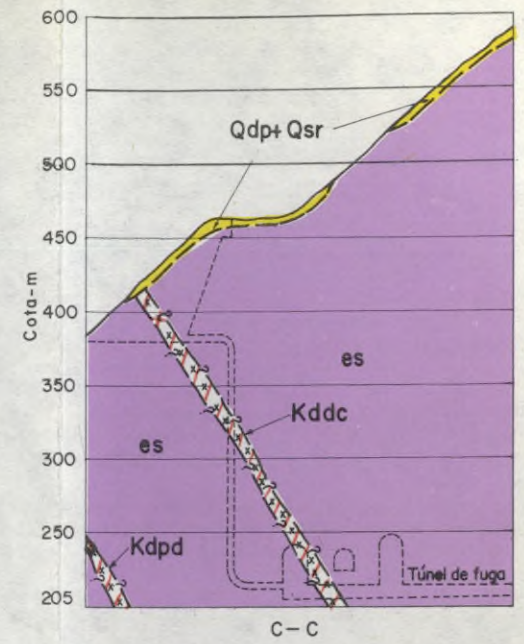
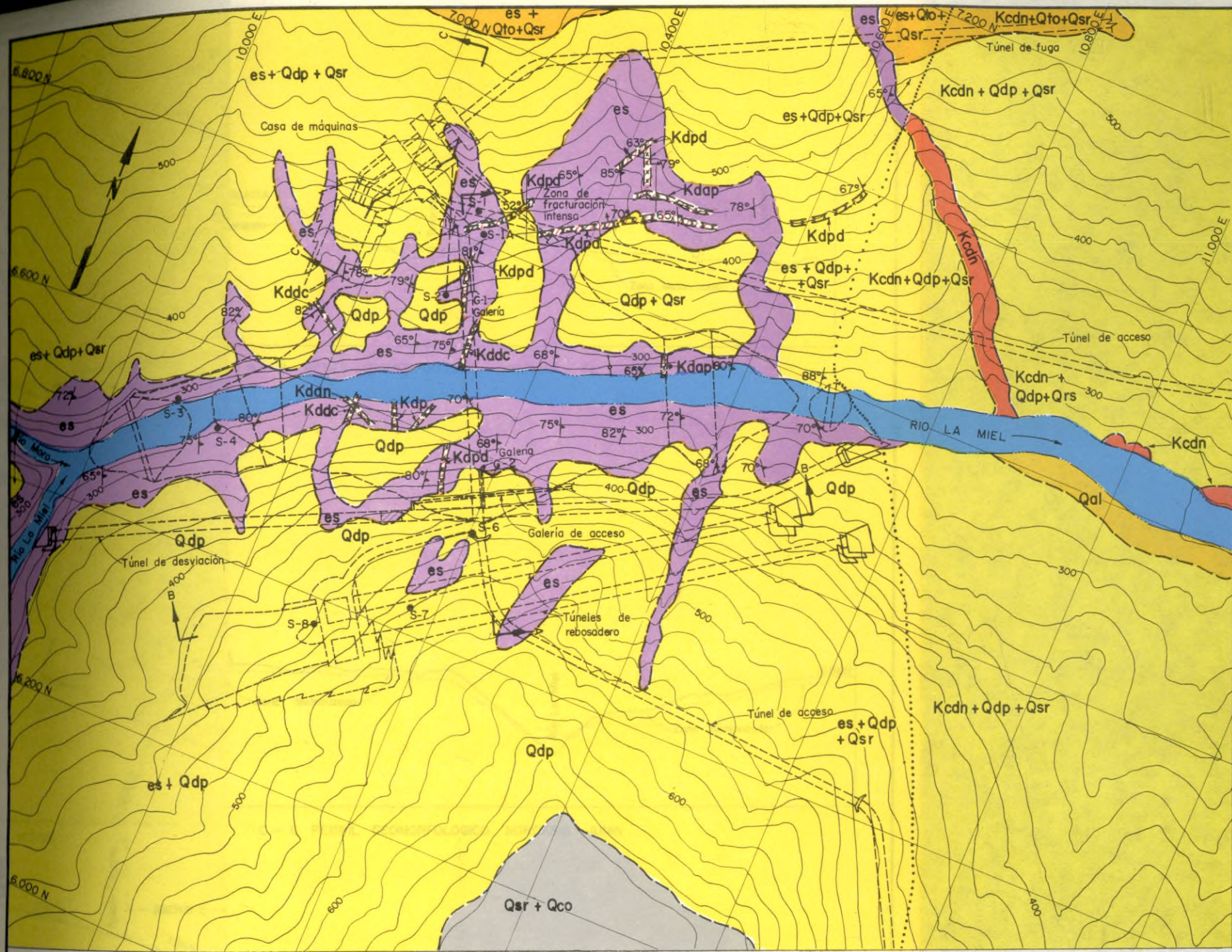
PALEOZOICO

SIMBOLOS

- Límite de depósitos cuaternarios
- .-.- Contacto geológico aproximado
- ... Contacto geológico probable
- |-|- Falla probable
- Lineamiento fotogeológico (fallas, fracturas, diaclasas)
- 70° Foliación
- Escarpa con dirección de inclinación (no necesariamente indica buzamiento)
- Límite del embalse y cauces de agua



	INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALDAS	
	DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL PROYECTO MIEL I - FACTIBILIDAD TECNICA	
GEOLOGIA DE LA ZONA DEL EMBALSE		
CONSORCIO RIO LA MIEL INTERDISEÑOS-SUELOS Y FUNDACIONES-GEOCOLOMBIA		FECHA JUNIO-1979 FIGURA C-3

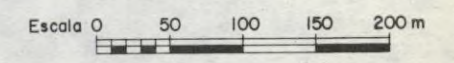


Densidad de diaclasas en %

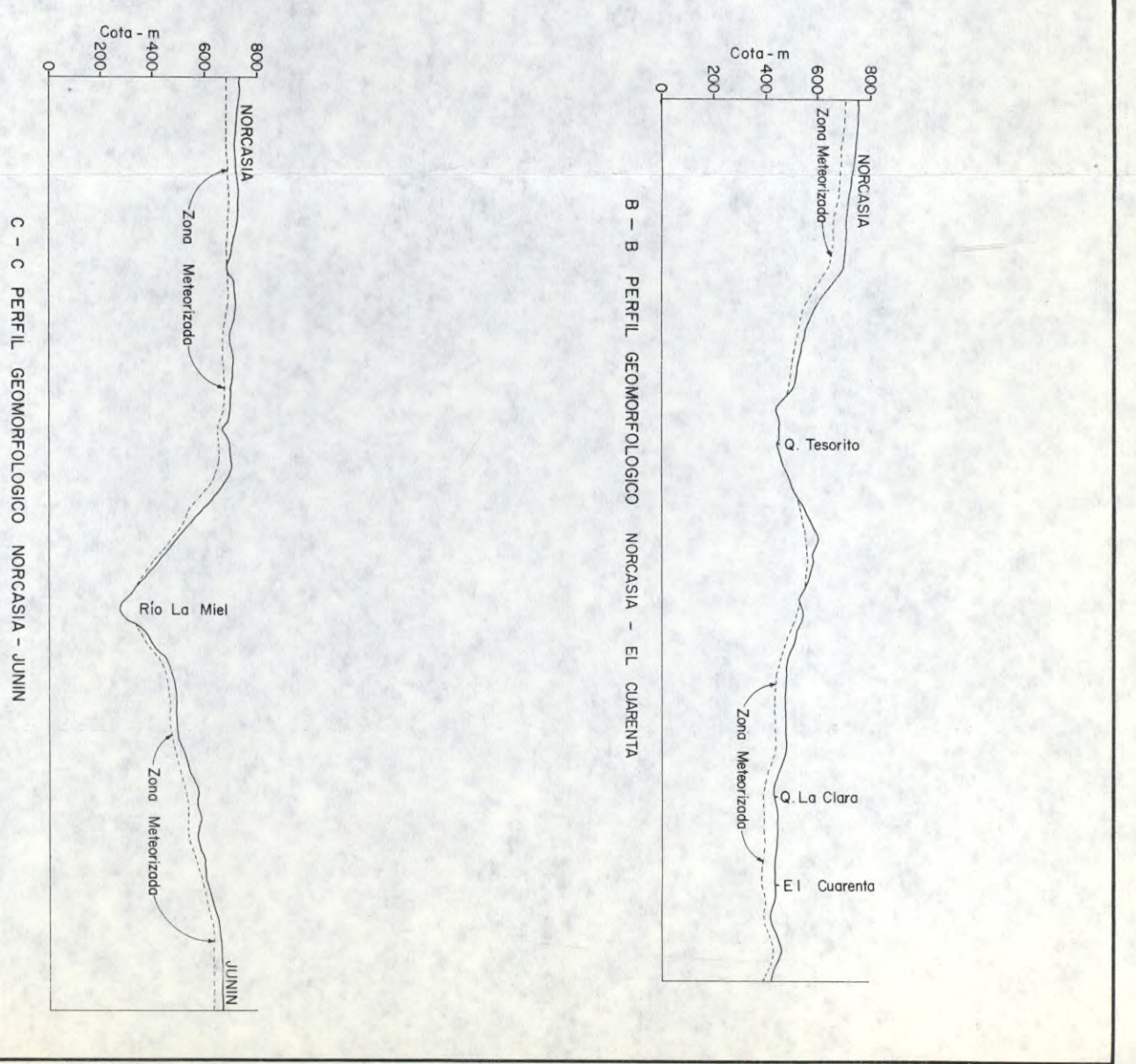
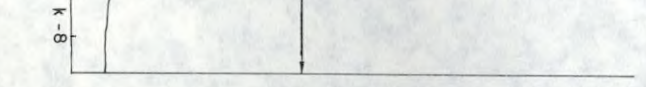
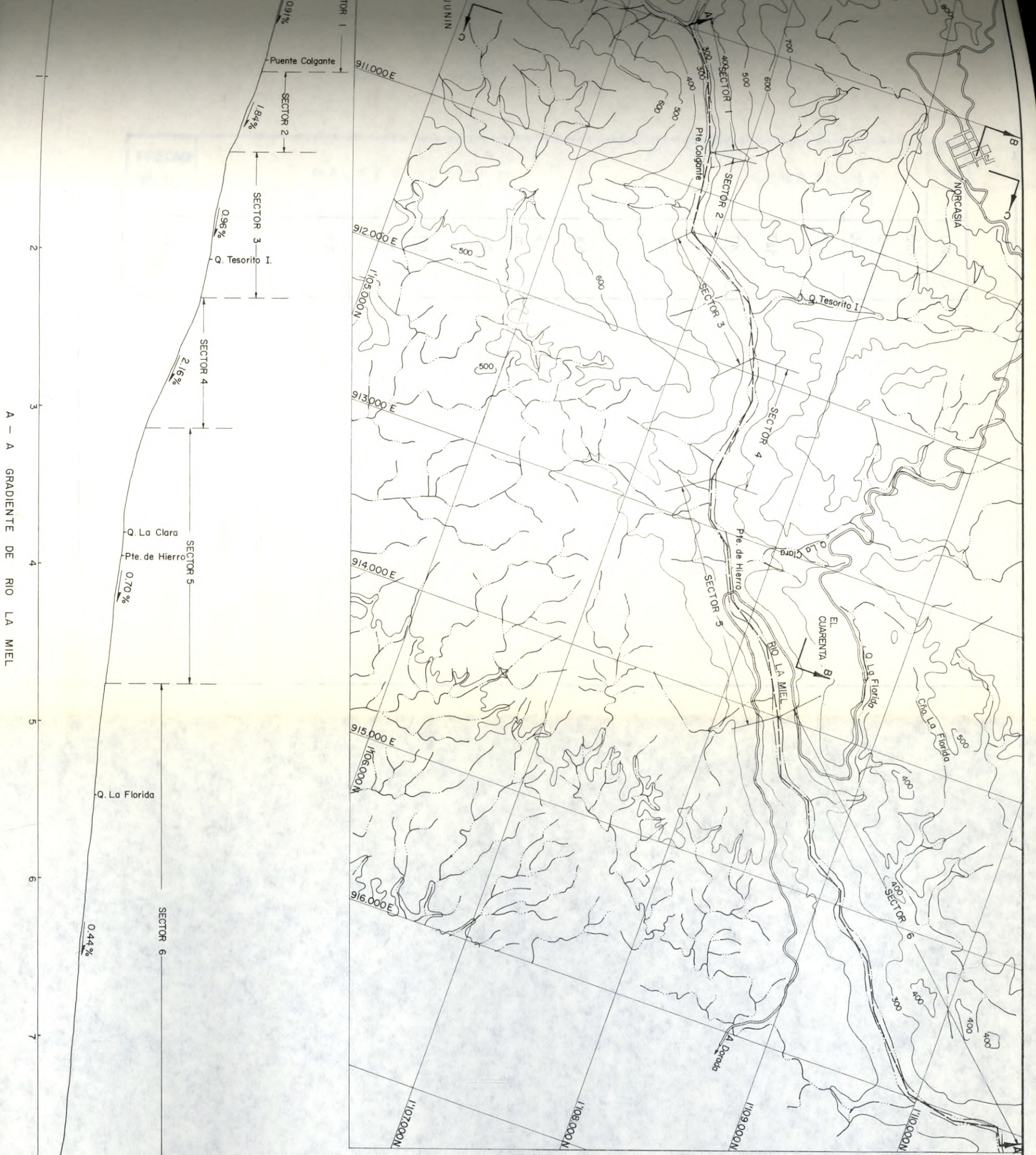
0-0.5%	3-5%
0.5-1%	5-7%
1-2%	7-10%
2-3%	10-13%

CONTORNO DE POLOS DE DIACLASAMIENTO
 90° 60° 30° 0°
 Escala de pendientes

NOTAS: -El espesor y longitud de los diques son supuestos.
 -Las convenciones geológicas se presentan en la Figura 6 (Volumen I) y C-2 (Volumen III)



	INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALDAS	
	DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL PROYECTO MIEL I - FACTIBILIDAD TECNICA	
GEOLOGIA DE LAS OBRAS DEL SITIO DE PRESA		
CONSORCIO RIO LA MIEL INTERDISEÑOS-SUELOS Y FUNDACIONES-GEOCOLOMBIA		FECHA: JUNIO 1979 FIGURA: C-4



ICEL
 INSTITUTO COLOMBIANO
 DE ENERGIA ELECTRICA
 CENTRAL HIDROELECTRICA
 DE CALDAS

SEM
 DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL
 PROYECTO MIEL I FACILIDAD TECNICA

**GRADIENTE DEL RIO LA MIEL
 Y PERFILES GEOMORFOLOGICOS**

CONSORCIO RIO LA MIEL
 INTERSESIONES, SELOS Y FUNCIONES: GEOLOGIA

FECHA: _____
 PROYECTO: **C - 5**

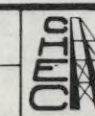


E D A D		ESPESOR Mts.	LITOLOGIA	DESCRIPCION LITOLOGICA	UNIDAD	
CENOZOICO	CUATERNARIO	0 - 8		Cantos, gravas, arenas y limos no consolidados.	Qal	
		0 - 10		Tobas sin cohesión, de color amarillo a pardo, de origen eólico.	Qto	
		0 - 10		Cantos y gravas en matriz limo - arcillosa.	Qco	
		0 - 40		Suelo residual, producto de meteorización de rocas ígneas y metamórficas.	Qsr	
	TERCIARIO	20 a 50		Alternancia de horizontes de arenisca conglomerática, poco cementada y niveles de grava, limolita y arcillolita.	Tsh	
				Conglomerado Basal. Discordancia	Tih	
	PALEOZOICO	SUPERIOR ? INFERIOR	1200		Esquisto aluminico grafitoso gris oscuro a negro, grano fino, con bandas y venas irregulares de cuarzo feldespato.	es
					Las rocas metamórficas paleozóicas están intruidas por diques de composición intermedia a acida.	Kd
			260		Esquisto aluminico - grafitoso con lentes concordantes de marmol.	es m
			60		Cuarcita micácea de grano fino.	nq
140				Esquisto aluminico - micáceo de grano fino.	es	
25				Cuarcita micácea de grano fino.	nq	
300				Esquisto aluminico de grano fino.	es	
70				Cuarcita micácea de grano fino.	nq	
60				Esquisto aluminico de grano fino.	es	
1100				Esquisto cuarzofeldespático - micáceo de grano medio.	es	
PRECAMBRICO ?			Plutón cuarzo - diorítico de edad cretácea (Stock de Norcasia) que intruye el complejo metamorfoico.	Kcdn		
			Migmatita cuarzo - monzonítica.	in		

NOTA : Los espesores no se han dibujado a escala.



INSTITUTO COLOMBIANO
DE ENERGIA ELECTRICA
CENTRAL HIDROELECTRICA
DE CALDAS



DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL
PROYECTO MIEL I - FACTIBILIDAD TECNICA

COLUMNA LITOLOGICA DE LA
ZONA DE LAS OBRAS

FIGURA C - 6

ESPESES	TIPOLOGIA	ESPESES	TIPOLOGIA
100	Esquistos micáceos de color rojo	100	Esquistos micáceos de color rojo
150	Esquistos micáceos de color rojo	150	Esquistos micáceos de color rojo
200	Esquistos micáceos de color rojo	200	Esquistos micáceos de color rojo
250	Esquistos micáceos de color rojo	250	Esquistos micáceos de color rojo
300	Esquistos micáceos de color rojo	300	Esquistos micáceos de color rojo
350	Esquistos micáceos de color rojo	350	Esquistos micáceos de color rojo
400	Esquistos micáceos de color rojo	400	Esquistos micáceos de color rojo
450	Esquistos micáceos de color rojo	450	Esquistos micáceos de color rojo
500	Esquistos micáceos de color rojo	500	Esquistos micáceos de color rojo
550	Esquistos micáceos de color rojo	550	Esquistos micáceos de color rojo
600	Esquistos micáceos de color rojo	600	Esquistos micáceos de color rojo
650	Esquistos micáceos de color rojo	650	Esquistos micáceos de color rojo
700	Esquistos micáceos de color rojo	700	Esquistos micáceos de color rojo
750	Esquistos micáceos de color rojo	750	Esquistos micáceos de color rojo
800	Esquistos micáceos de color rojo	800	Esquistos micáceos de color rojo
850	Esquistos micáceos de color rojo	850	Esquistos micáceos de color rojo
900	Esquistos micáceos de color rojo	900	Esquistos micáceos de color rojo
950	Esquistos micáceos de color rojo	950	Esquistos micáceos de color rojo
1000	Esquistos micáceos de color rojo	1000	Esquistos micáceos de color rojo

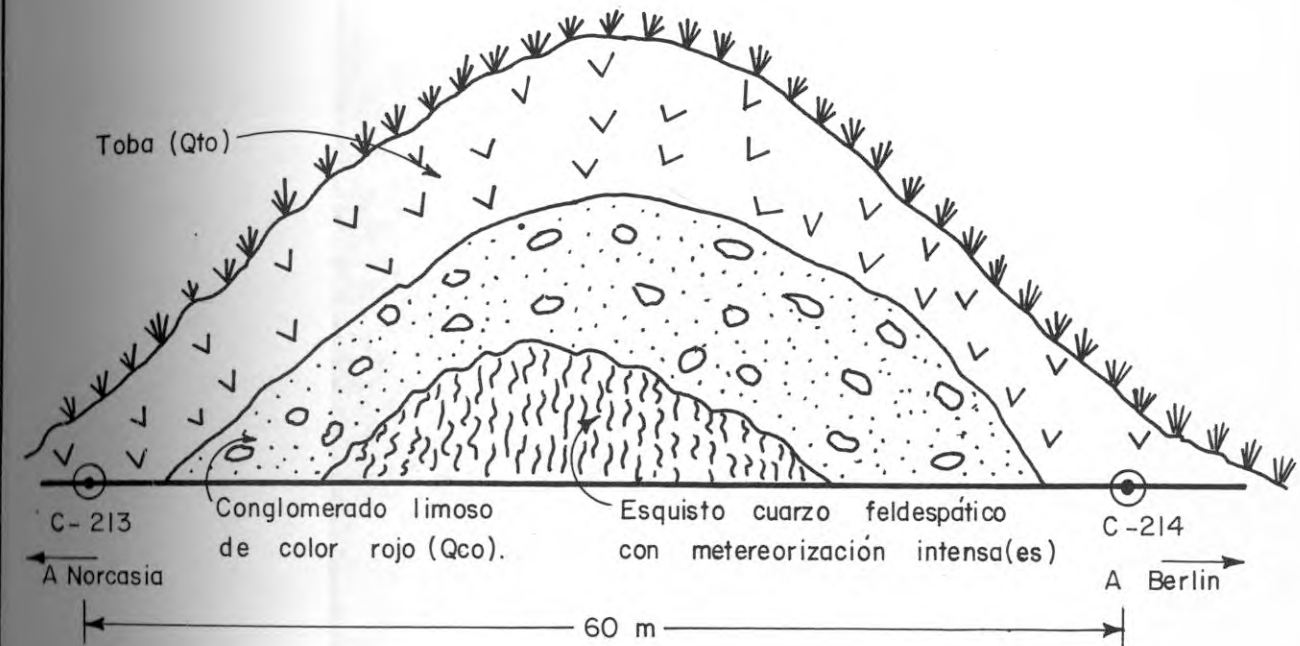


FIGURA C-7



AFLORAMIENTO DE ESTRATOS
DEL TERCARIO

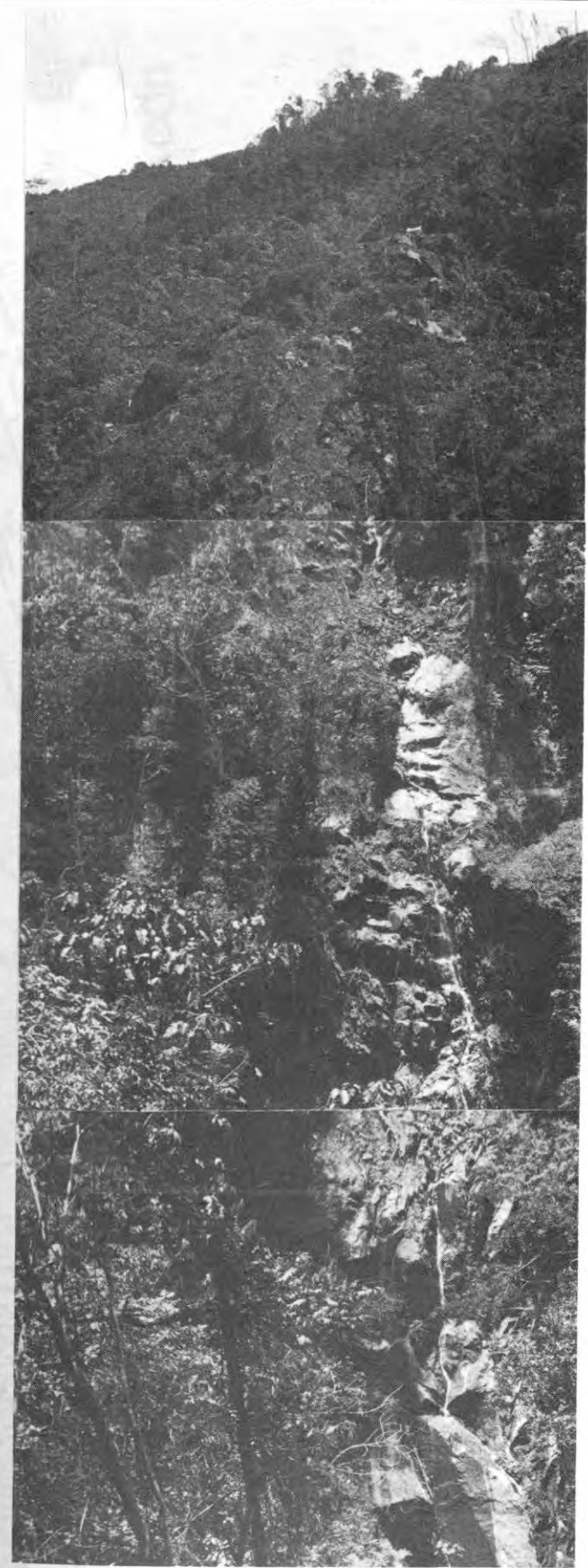


AFLORAMIENTO DE
CUARZODIORITA

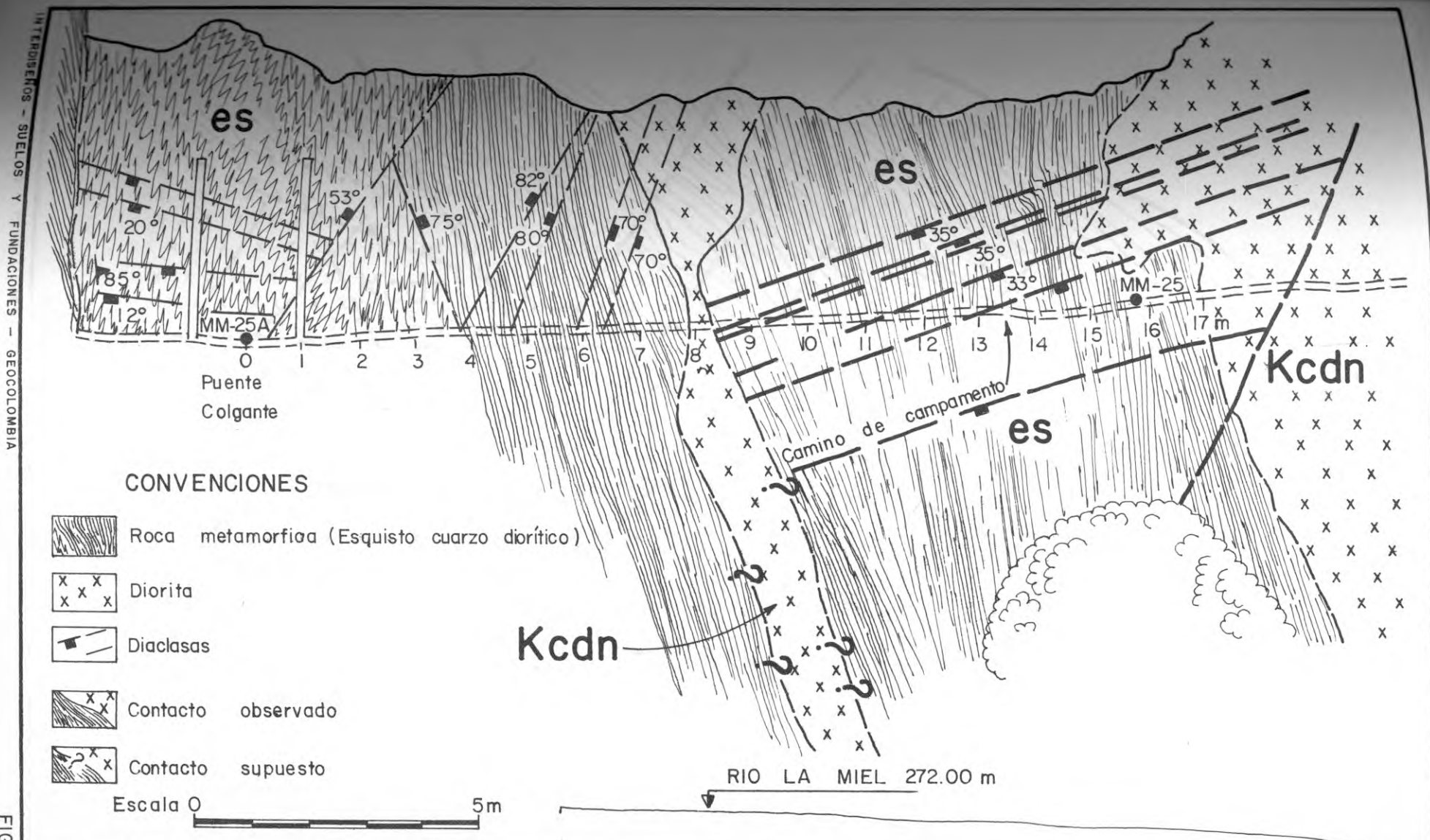


AFLORAMIENTO DEL ESQUISTO
DEL SITIO DE PRESA

DIACL



DIACLASAS EN EL ESTRIBO IZQUIERDO
DEL EJE DE PRESA



INTERDISEÑOS - SUELOS Y FUNDACIONES - GEOCOLOMBIA

FIGURA C - 12

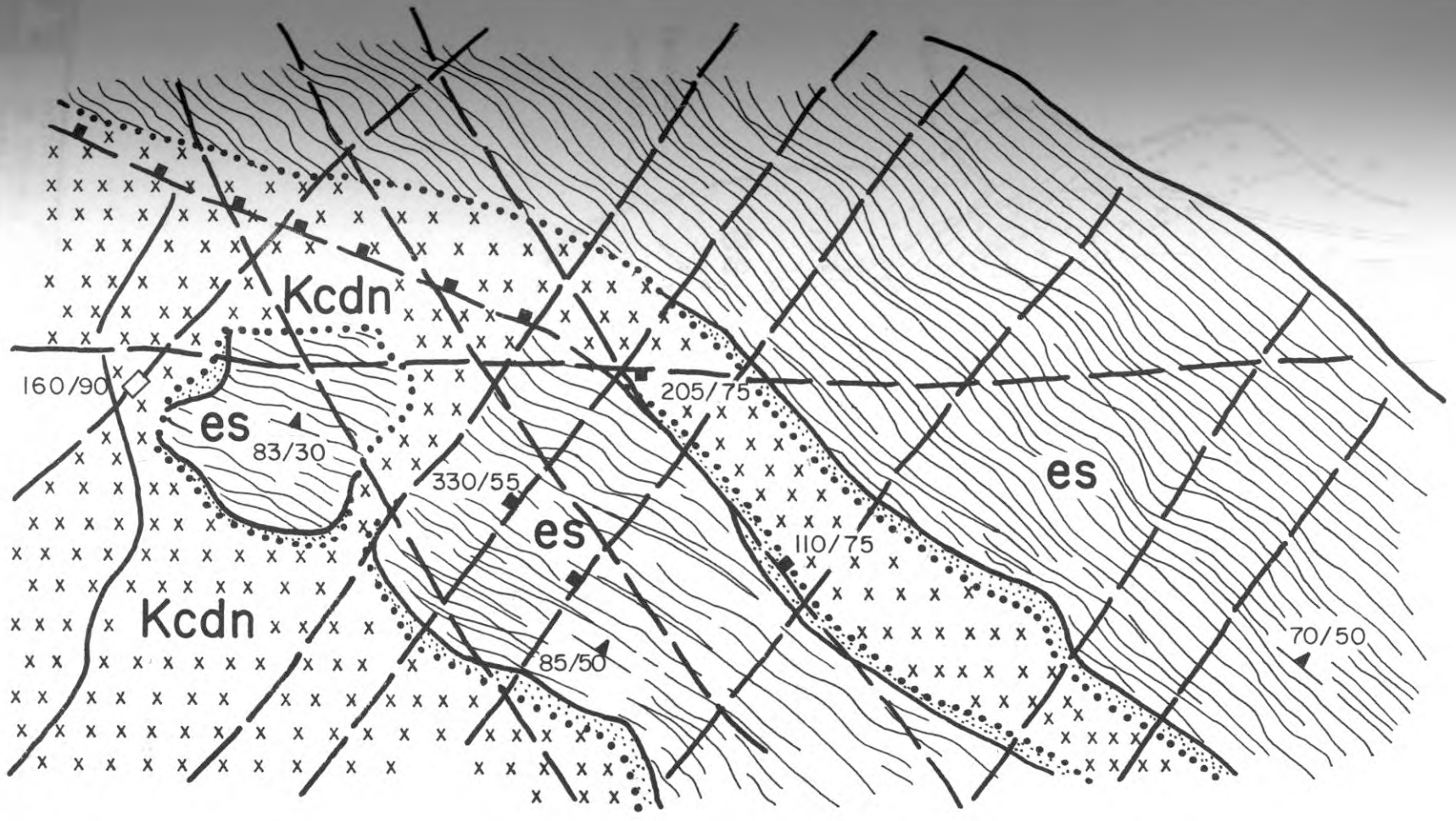

 INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
 CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALDAS


DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL
 PROYECTO MIEL I - FACTIBILIDAD TECNICA

CONTACTO ENTRE EL STOCK DE NORCASIA Y EL ESQUISTO DE SITIO DE PRESA

EL ESTUDIO DE LA
 1970 - 1971

INTERDISEÑOS - SUELOS Y FUNDACIONES - GEOCOLOMBIA



Escala 0 5m



FIGURA C - 13

	INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALDAS	
DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL PROYECTO MIEL I - FACTIBILIDAD TECNICA		

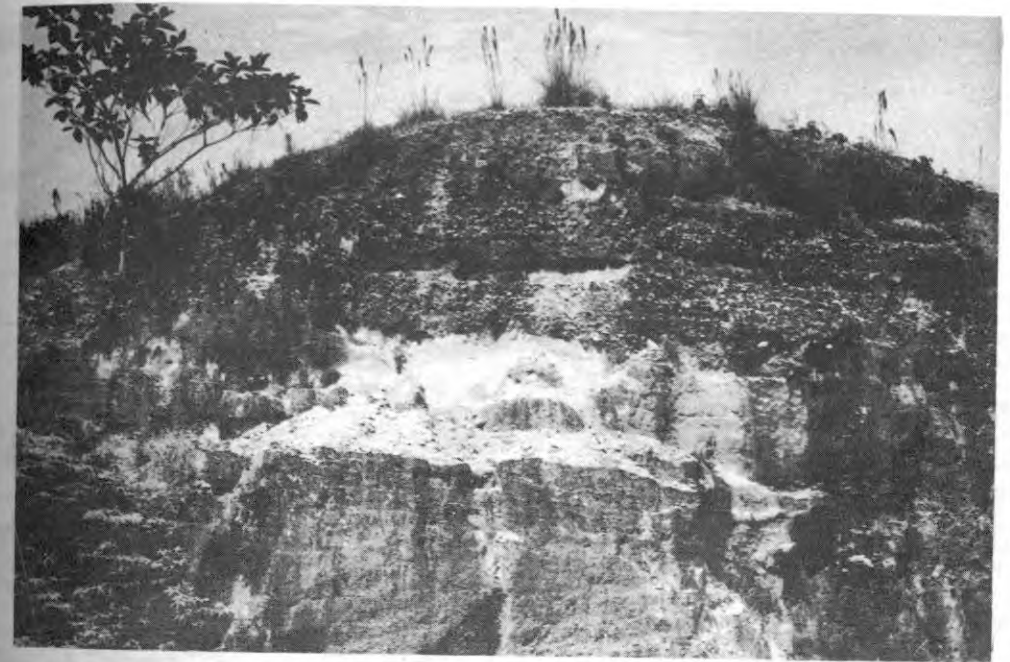
CONTACTO ENTRE EL STOCK DE NORCASIA
 Y EL METAMORFICO DE PUENTE DE HIERRO



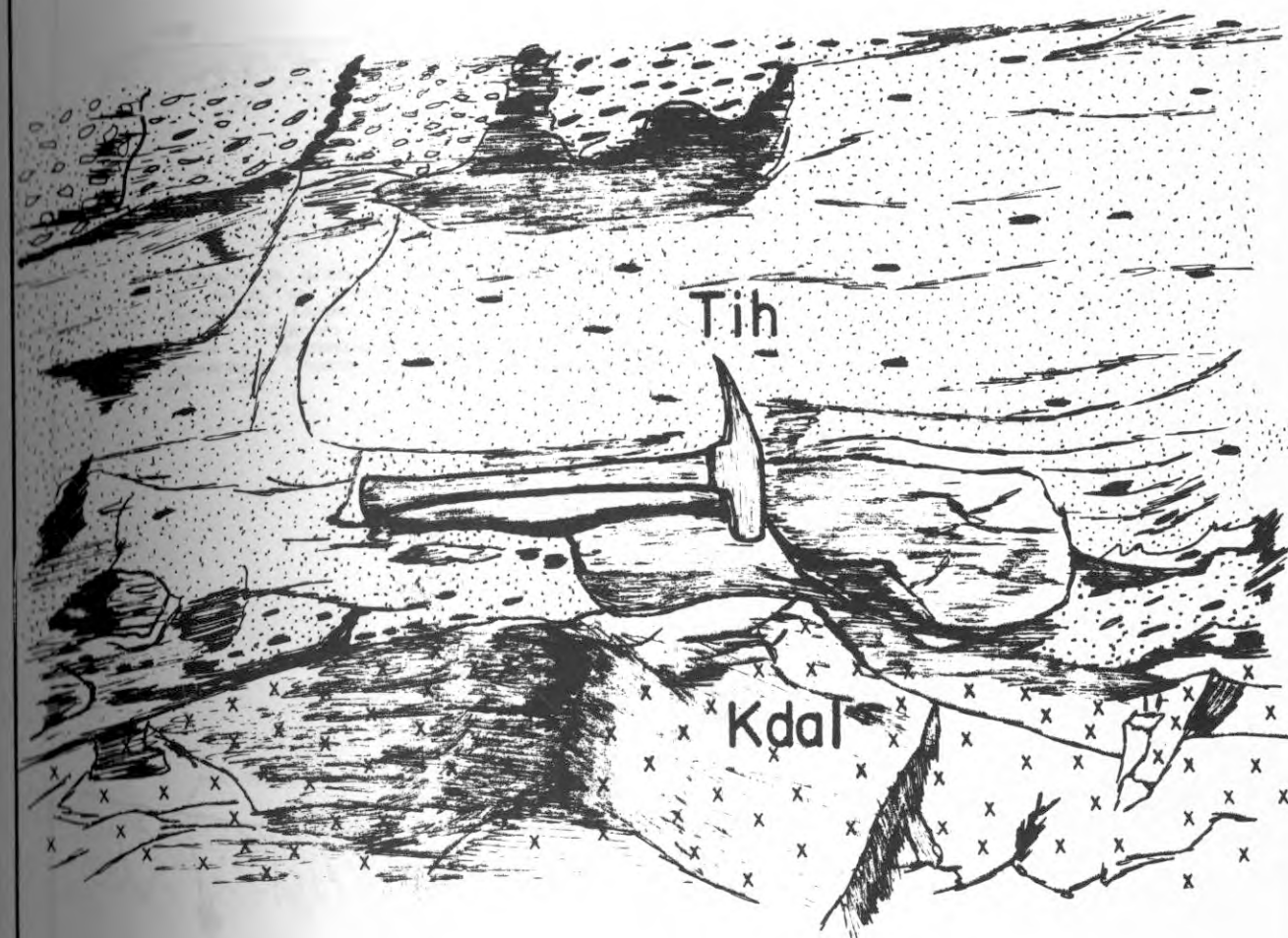
Escala 0 50m


 INSTITUTO COLOMBIANO
 DE ENERGIA ELECTRICA
 CENTRAL HIDROELECTRICA
 DE CALDAS

 DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL
 PROYECTO MIEL I - FACTIBILIDAD TECNICA
 INTERDISEÑOS - SUELOS Y FUNDACIONES - GEOCOLOMBIA

CONTACTO ENTRE EL STOCK
 DE NORCASIA Y ESQUISTOS
 AL NW DE NORCASIA



DISCORDANCIA ENTRE EL
COMPLEJO METAMORFICO Y LOS
SEDIMENTOS TERCIARIOS

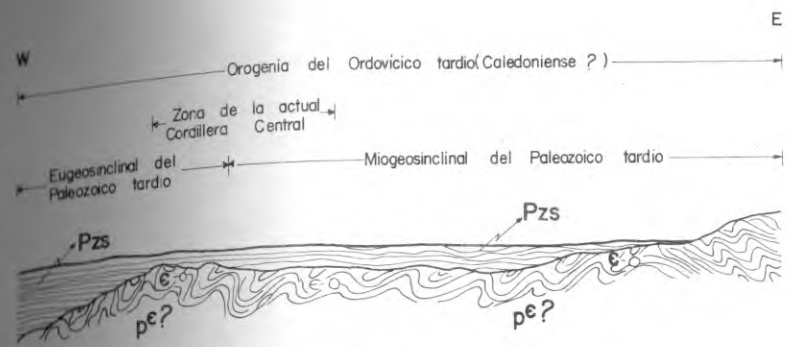


INSTITUTO COLOMBIANO
DE ENERGIA ELECTRICA
CENTRAL HIDROELECTRICA
DE CALDAS



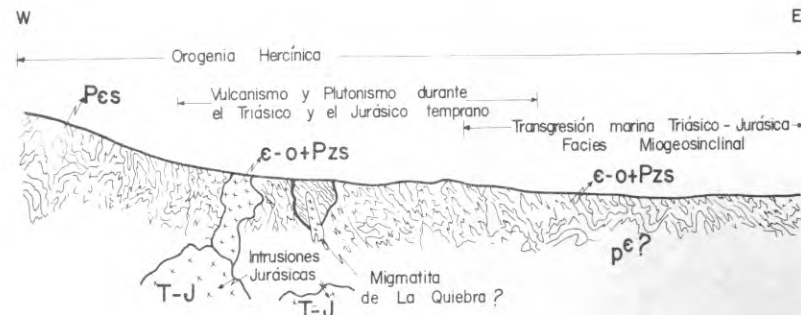
DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL
PROYECTO MIEL I - FACTIBILIDAD TECNICA

DISCORDANCIA ENTRE EL COM-
PLEJO IGNEO Y LOS SEDI-
MENTOS TERCARIOS



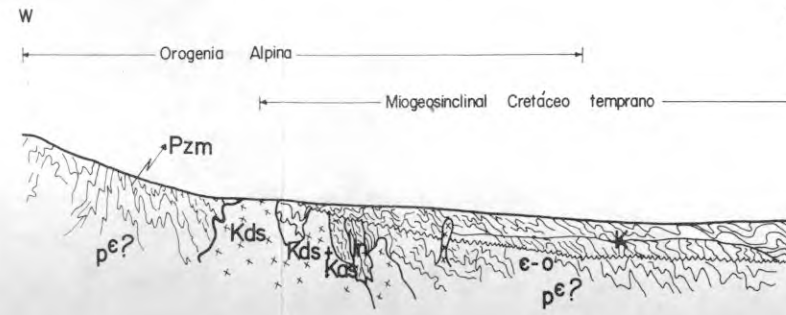
A. EVENTOS GEOLOGICOS DURANTE EL PRE-CAMBRICO Y EL PALEOZOICO TARDIO

- Transporte de detritos metamórficos pre-cámbricos provenientes del Escudo de Guayana.
- Sedimentación Cambro-Oruovílica.
- Orogenia Caledoniense.
- Erosión y peneplanación Ordovícico tardío - Silúrica.
- Sedimentación Paleozoica Superior, con perturbaciones tectónicas locales.



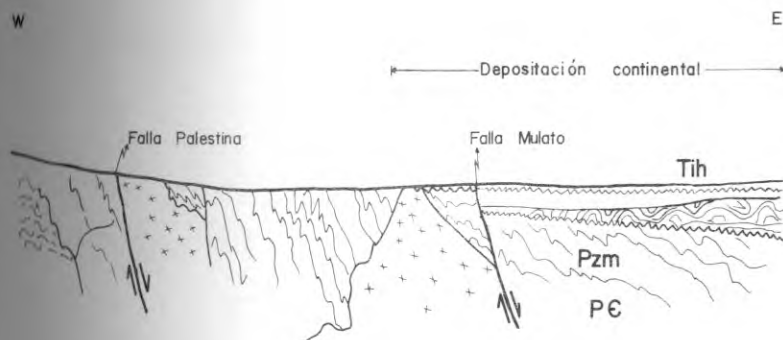
B. EVENTOS GEOLOGICOS DURANTE EL PALEOZOICO TARDIO Y EL JURASICO

- Orogenia Hercínica (Pérmico tardío - Triásico temprano) con metamorfismo regional.
- Formación (intrusión?) del Cuerpo Migmatítico de La Quebra y magmatismo dentro del complejo Metamórfico pre-existente durante el Pérmico y Triásico temprano (?).
- Magmatismo plutónico y volcánico durante el Triásico - Jurásico (fuera de la zona de estudio).
- Durante los eventos anteriores ocurrió erosión extensa que duró posiblemente hasta el Jurásico con transporte de detritos hacia el Oriente.



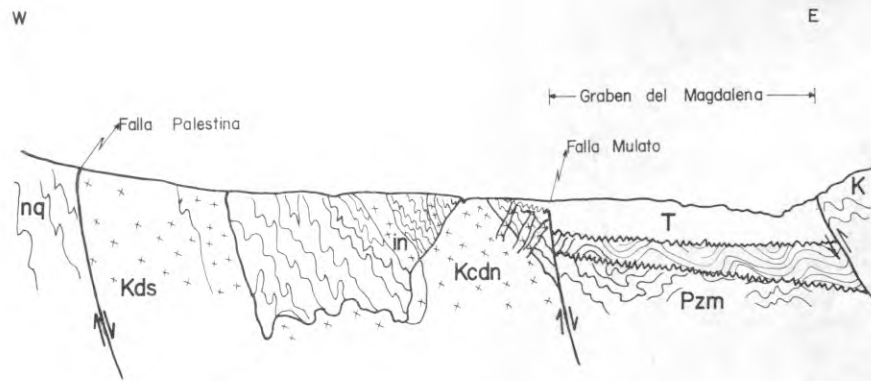
C. EVENTOS GEOLOGICOS DURANTE EL CRETACEO

- Continuación del proceso erosivo.
- Transgresión marina y deposición de sedimentos durante el Aptiano - Albiano.
- Orogenia Alpina (Cretáceo medio).
- Intrusión de los batolitos de Antioquia y Sonsón, y de los plutones satélites de Norcasia, La Miel y Samaná a la culminación del evento anterior.
- Intrusión de diques de composición intermedia a ácida a finales del Cretáceo (y comienzo del Terciario?).
- Peneplaneación Cretácea tardía.



D. EVENTOS GEOLOGICOS DURANTE EL TERCIARIO

- Sedimentación Paleoceno - Mioceno a Oligoceno con aporte de detritos provenientes del flanco oriental de la Cordillera Central. Perturbaciones tectónicas locales.
- Orogenia Andina de la Cordillera Central (Mioceno) y deposiciones sincrónica de sedimentos continentales.
- Hiatos locales y sedimentación Pliocena.



E. EVENTOS GEOLOGICOS RECIENTES

- Volcanismo pleistocénico.
- Deposición de lavas, tobas, aglomerados, material glacial, fluvio-glacial y fluvial.
- Erosión del flanco oriental de la Cordillera Central hasta exponer su zócalo cordillerano con rejuvenecimiento de ríos, formación de valles en V, etc., para configuración del paisaje geomorfológico actual.

NOTA: Esquemas elaborados sin escala.



SITIO DE PRESA VISTO
HACIA AGUAS ABAJO

HACIA AGUAS ARRIBA
SITIO DE PRESA VISTO



SITIO DE PRESA VISTO
HACIA AGUAS ARRIBA



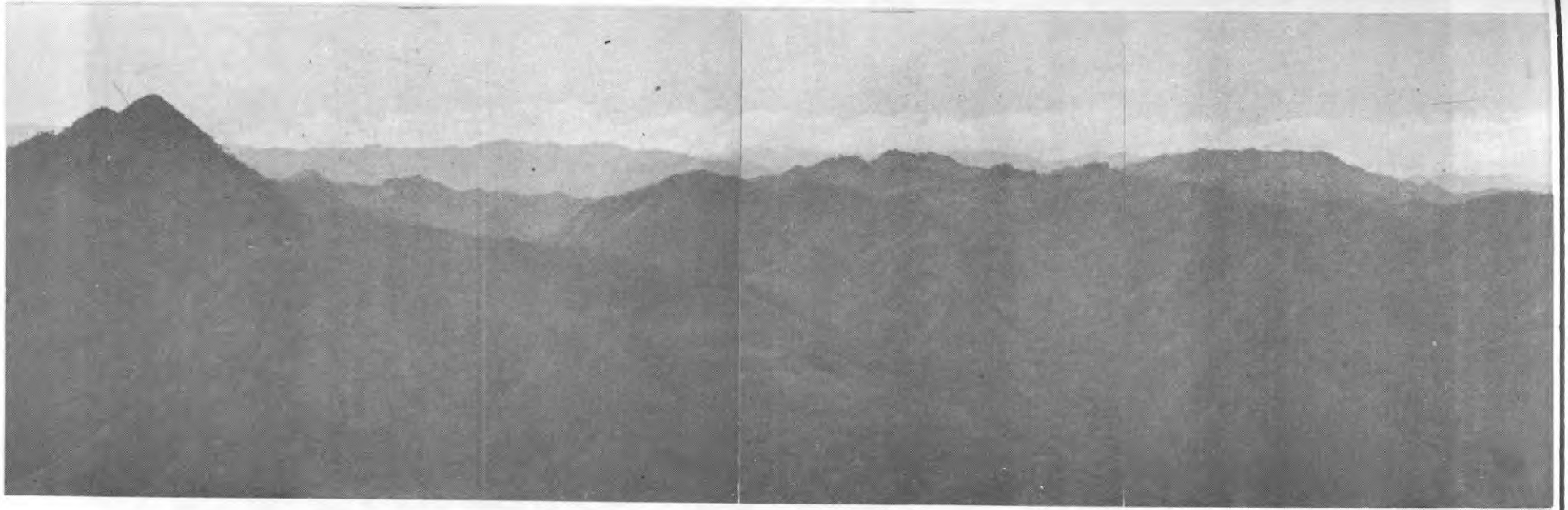
ESTRIBO IZQUIERDO DEL
SITIO DE PRESA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE GEOMÁTICA



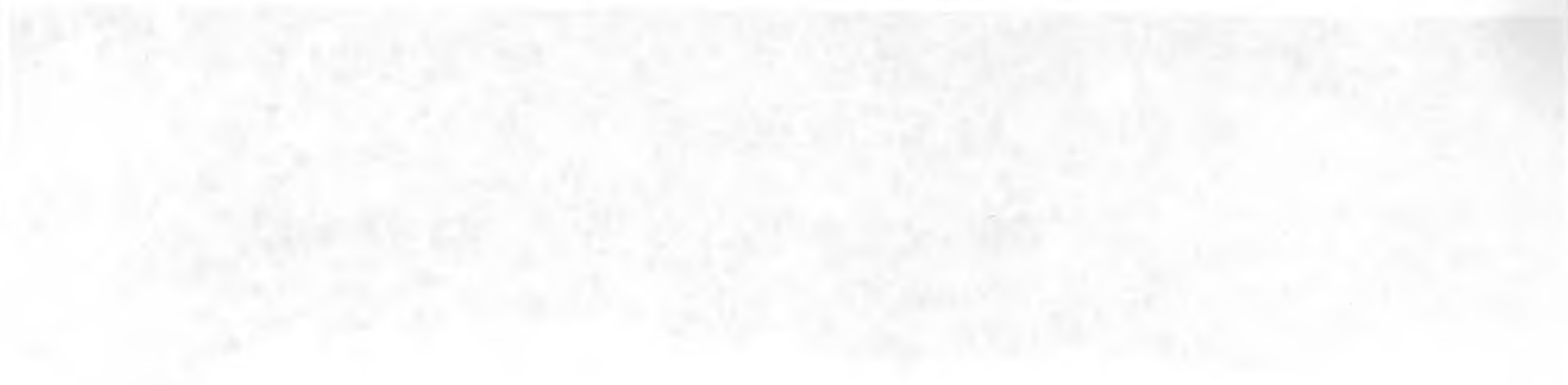
ESTRIBO DERECHO DEL SITIO
DE PRESA

Ministerio de Minas y Energía
BIBLIOTECA



PANORAMICA DE LA DIVISORIA
DE AGUAS ENTRE LOS RIOS
LA MIEL Y MORO

LA MIEL Y MODO
DE VIVIR ENTRE LOS RIOS
MONTAÑOS DE LA SIERRA



ESTABILIDAD DE TALUDES
EN EL RIO DE LA MIEL



ESTABILIDAD DE TALUDES
EN EL RIO DE LA MIEL

APENDICE C

ANEXO 1



INFORME DE CONSULTORES

Richard E. Goodman, Ph.D.

715 Arlington
Berkeley, Calif. 94707
524-5256 (Area 415)

March 27, 1978

Mr. Ricardo Cajiao
Consortio Rio La Miel
Bogota

Dear Ricardo,

This letter reports my observations and recommendations concerning Miel I hydroelectric project. I arrived in Bogota on the morning of March 19 and returned to Berkeley in the evening of March 23. A trip to the site was made on March 20, PM, with return to Bogota on the 22nd. In the company, in addition to yourself, were Carlos Carrero, Ricardo de Espriella, Mario Monroy, and Ricardo Cortes of Consortio and Eugenio Peña and Olimpio Gomez of ICEL. Field trips were made to the axis of the dam at the crest and the bridge elevations on the left abutment, to the possible surface power house site near Cañon La Florida, and to geologic exposures along the road and at the Bosque Ranch. I reviewed the following documents: Syndibel consultant geologist reports by Prof. Falconnier and Prof. Dal Vesco; INIGM report by Barrero et al; Charles T. Main's geologist Benziger report; Chapter 2 of Consortio's Stage 1 report; and the recent site visit report of Dr. Raul Marsal. I was provided with a 1:10,000 scale map of the whole project with up to date geological data, and a 1:2,000 scale map of the dam site showing an approximate layout. I paid a brief visit to the office of GeoColombia and was shown the method of organizing geological findings and petrographic analyses of rocks from the site. After returning from the site visit, I discussed engineering details with Gugliermo Jimenez. Upon returning to Berkeley, I performed a finite element analysis of a tentative section through the underground power house and completed this report.

Geologic Framework

Until now, opinions about the site geology have been based upon published reconnaissance maps reinforced by site visits and aerial photographs. Outcrops are not continuous but numerous road cuts and stream sections have permitted assessments of rock formations and regional structures. Present work in documenting descriptions of specific exposures is an important and correct step to systematize the easily attainable information and to avoid duplication when different people reexamine the same locations. Further refinement in the geological picture, with detail on jointing orientations and conditions, depths of

weathering, and minor faulting, will be possible only when the next investigation phase is launched, with boreholes, adits, trenches, test pits, and new trails on the right abutment and elsewhere. The present picture is sufficiently detailed to permit engineering conceptions to be drawn at this time, as discussed further in this report. As new data become available, these judgements are, of course, to be reassessed.

There are three types of bedrock units underneath the Tertiary tuffs and sediments. The dam site itself is wholly within a high grade metamorphic complex bordering between micaceous gneiss and quartz-mica-schist. Its schistosity surfaces have been refolded and display kinking and other tight crenulation folding; the effect, as noted by Professor Dal Vesco, will be to interrupt the weakening effects associated with planar micaceous schistosity. The dam site schist unit is a strong, hard rock, suitable as a foundation for a high dam, especially in view of the favorable orientation of the schistosity which dips very steeply (80° to 90°) downstream. Jointing is fairly regular with coarse block sizes defined by three joint sets. Jointing has not yet been sufficiently well described. Though highly weathered to a mottled, slightly cohesive residual soil in road cuts near Norcasia, most outcrops of the schist at foundation and abutment elevations appeared to be sound and it seems justified to conclude that the dam site schist is not highly sensitive to weathering.

The quartz diorite mass downstream from the dam site, however, is generally highly weathered except in the former centers of joint blocks, now marked by classical spheroidally weathered boulders encased in a progressively decomposed mass. The residual soil of the quartz diorite is cohesionless silt, apparently not landslide prone. Deep gullies, however, attest to high erodibility. Denoting by numbers 1 through 5 an increasing intensity of weathering from residual soil into fresh rock (see figure 1), it seems that the base of the canyon is well within the weathered zone, probably near the contact of zones 3 and 4 of figure 1.

Downstream from the quartz monzonite, the rock is again a metamorphic complex, but of lower grade^{than} at the dam site. Bedding is discernible whereas no bedding was recognized in the dam site schist. This rock unit is composed principally of schist and phyllite with beds of quartzite and occasional beds of marble. It is a regionally metamorphosed sedimentary rock series. At river level, as seen at the highway bridge, this unit is structurally competent hard rock. The bedding structure generally dips

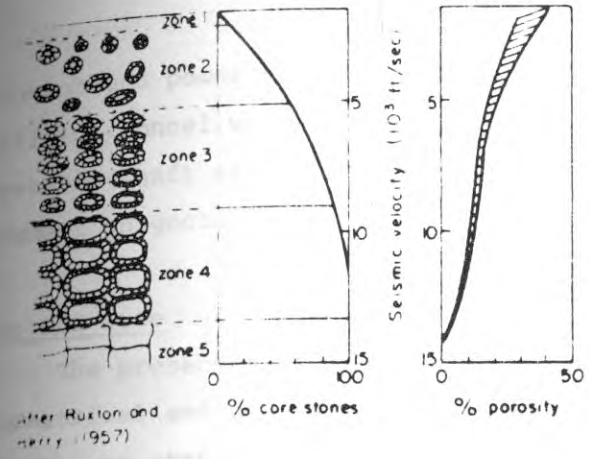


Figure 1 The variation of sonic velocity in the weathering profile of granite. From Polak (1963).

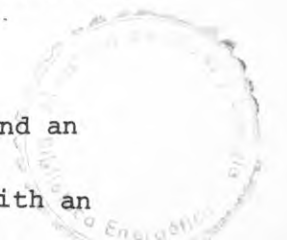
(The above figure is taken from Goodman, Methods of Geological Engineering in Discontinuous Rocks, West Publishing Co (50 Kellogg Boulevard, St. Paul, Minn). The references cited are: Ruxton and Berry, "Weathering of granite and associated erosional features in Hong Kong" Bulletin of G.S.A., v 68, p. 1263; and Polak, "Seismic attenuation in engineering site investigations" Proc. of 4th Australia, N.Z. Conf. on Soil Mechanics and Foundation Eng, p 220)

downstream at a considerably lower angle than the dip of the schistosity at the dam site. There is a syncline at the surface powerhouse site near Cañon La Florida.

These bedrock units are unconformably overlain by friable Tertiary sediments with compact, unsorted clayey gravels whose pebbles are angular fragments of quartz and of other rock types, layers of ash, terrestrially reworked ashy sediments, and tuffs. The stratigraphy of these materials has not yet been properly studied.

The project is in a seismic region but there are no known active faults along the river in the immediate vicinity of project features. I have not had an opportunity to study aerial photographs so can not provide new interpretations on faults.

Alternatives under consideration include" a rock fill dam and an arch dam at essentially the same axis; a head type development with an



underground power house in schist beneath the left abutment and a long tailrace tunnel with surge shaft; and a surface powerhouse with underground pressure shaft and manifolds and a surge shaft and rock trap. I will comment on geotechnical factors affecting features of different schemes.

The Dam Site

The present axis is good, with a "V" shaped canyon, reasonably symmetrical and undissected. The exposures of rock show it to be sound and strong, as stated earlier. Even the aplitic dikes are sound. The program of exploration will confirm this favorable impression of the dam site, in my opinion, while giving specific information on the required depth of rock clean-up and the necessity for grouting (probably minimal).

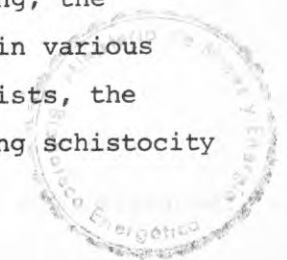
In comparing an arch dam with a rock fill embankment, it should be recognized that the investigations for design of such a high arch dam must be conducted even more thoroughly and comprehensively than for a rock fill. It is likely that these studies and the opportunity to observe the rock in the final clean up for an arch will necessitate adjustments in design and accordingly it is considered appropriate to allow for additional contingencies in the cost estimate of the arch dam. The issue of seismic resistance of arch versus embankment dams was addressed by the Board of Consultants for the Middle Cauca Development feasibility study (ISA) as follows: "Embankment dams have been selected for most sites on the basis of lowest cost and maximum resistance to seismic forces." It should be noted that there is a considerable difference of opinion on this question among dam designers without the benefit of a long record of case histories pertaining to severe shaking of both types of dams.

With respect to a rock fill dam, joints striking parallel to the river and dipping into the left abutment will create an overhanging rock condition which will necessitate a controlled blasting effort as well as concrete "dental work" to gain a smooth foundation surface. The foundation clean-up for an arch dam will necessitate a deeper excavation than for a rock fill dam, perhaps in the neighborhood of 4 to 6 meters. Both dams should have abutment drainage by a system of borehole drains and galleries.

For the design of an arch dam, representative regions within the "bulb of pressure" on both abutments should be subjected to elastic modulus and deformability measurements by borehole jacks and dilatometers, plate bearing tests conducted inside galleries and seismic measurements conducted on the surface of the rock inside galleries and between boreholes. Load cycling should establish the permanent deformation modulus as well as the elastic modulus of the rock as too high a permanent deformation on load cycling is cause to disqualify a site for an arch dam. Additionally, radial permeability tests of the NX cores should be conducted in the laboratory to measure the effect of stress on permeability; the permeability of schists is due almost entirely to movement of water through intercrystalline cracks ("fissures") and these will close up under compressive forces and open under tensile forces. The presence of such a network of cracks will be revealed by the radial permeability test, which was devised partly to study the rock under the ill-fated Malpasset Dam (schistose gneiss). Finally, the shear strength characteristics of the schistosity and joint surfaces should be measured by laboratory triaxial compression or direct shear tests. For a rock fill dam, the main consideration is with the durability (resistance to weathering) of the abutment and foundation rock as well as of the rock fill itself, under percolating waters. This can be studied by means of slake durability tests on NX cores in the laboratory. The sodium sulfate soundness test is less satisfactory as it provides numbers that can not be corelated with foundation behaviour; it is intended to test the suitability of rock as concrete aggregate. The slake durability test devised by Franklin (see Proc. of ISRM Conference, Belgrade) is more gentle and is being used as a general weathering/durability test for different rock types by a number of agencies in Britain and U.S.

For both types of dam structures, as well as for the underground power house, it would be desirable to study the frictional resistance of the schistosity surfaces. This can best be done with NX core samples if specimens are selected for triaxial compression testing with the schistosity oriented obliquely within the cyliner, e.g. at 45 degrees.

Exploration of the dam site in support of this feasibility study should provide enough geological information to permit accurate cost estimates of both types of dams. In addition, to providing specimens for testing, the boreholes should establish the depth of weathering of the schist in various parts of the site, the characteristics of dikes intruding the schists, the character of shear zones that will undoubtedly be found paralleling schistosity



at spacings of a hundred meters or less (purely a guess), the elevation of the ground water surface and its change with seasons, the location of highly fractured zones and permeable fractures or seams, and an assessment of the degree of fracturing of the rock together with a survey of joint orientations. Especially for the latter reason, it is recommended that a gallery be driven at least 50 meters deep into each abutment, at elevation 300; also two angled holes^{should} be drilled into the rock below the river from either shore to investigate the sub-river geology, and four to six additional holes 50 to 100 meters deep^{should} be drilled at suitable locations on both abutments. The orientations of joints in the core can be determined approximately by referring the observed core/joint angles to the schistosity orientation as reference. The latter can be measured at several points by breaking a vial of water-proof white paint against the bottom of the inclined exploration holes. A Craelius core orienter, which works in inclined holes, can be borrowed from ISA.

The spillway

The present layout places the spillway on the right bank with power structures on the left bank. An open cut is generally better than a tunnel for safety in the event of an unprecedented discharge, providing the cut is stable. In this case, a very high cut is required, about 200 meters. Such a cut creates traffic problems at the dam site but a cut of 200 meters is not impossible in this rock since the schistosity is favorably oriented. An opinion on the stability of the cut can not be made until we are provided with specific information on joint attitudes. A tunnel spillway can be considered as a satisfactory alternative. In order to select the type of solution it will be necessary to explore the rock by two drill holes, with careful attention to jointing characteristics - - core/joint angles, roughness, and coatings. If the decision on spillway type is left for the design stage, these drill holes can be postponed. In either event, there should be an effort to collect data on joints from mapping of surface exposures, supported by trenching if necessary to expose the rock.

The Reservoir

The questions affecting feasibility concern leakage, sliding, and siltation. There should be no problem with reservoir leakage. The slopes around the reservoir have not been examined and an effort should be made to do this using aerial photo interpretation and a field reconnaissance.

Erosion is a feature of this landscape, however, and rates of siltation should be studied, particularly since the reservoir is not large. Detailed geological mapping of the reservoir is not feasible and would not be required in any event.

Materials

A rock fill dam can be constructed from quarried schist. In compacted schist embankments, angular particles with weak corners and partly weathered fragments can allow relatively large and continuing settlements to develop. But the dam site schist borders on a gneiss, has little propensity to break into blade-shaped particles, and is unweathered except at high elevations and shallow depths. Thus the schist should perform satisfactorily as a rock fill. As noted earlier, durability tests of schist should be performed.

Filter material could be obtained either by grading quarried schist to required sizes or by making use of Miel River alluvium as suggested by Dr. Marsal. I did not have an opportunity to inspect alluvium. Micaceous rocks when crushed to a grain size approaching that of individual mica crystals liberate free mica flakes which then cleave and increase the percentage of fines volumetrically beyond what the weight percentage of mica would seem to imply. The permeability of the filter could then be reduced. Tests could be devised to study the properties of crushed, compacted schist in sand and gravel sizes subjected to flowing water and high pressures. Processed alluvium, or quarried quartz monzonite could also be used as a filter material.

Core materials should possess more cohesion than the silty decomposed quartz diorite. Homogeneous embankments have been built of decomposed diorite in Antioquia but the embankment heights are considerably lower than the proposed Miel I Dam. The decomposed diorite is so erodible that internal piping would be a significant design hurdle. It would be better to choose the core material from the Tertiary gravelly clays or from weathered schist. In either case, field description and survey as well as laboratory testing are required. The stratigraphy of the Tertiary deposits should be logged at several localities to be sure that sufficient material of satisfactory quality is available without extensive stripping and wasting of ashy, tuffaceous, or otherwise unsuitable earth materials. Some of these associated volcanic sediments will possibly contain nontronite or other montmorillonitic clays with consequent undesirable pore pressure inducing properties.

Concrete aggregate can be obtained from quarried quartz diorite, assuming

a site for quarrying can be located that is beneath the weathered mantle. Quarried schist, less likely to be weathered, is not usually acceptable for concrete aggregate because of the difficulty of controlling particle shapes and gradation, and the free mica problem alluded to earlier. Experience with mica-rich fine aggregates in the Snowy Mountain project showed that water cement ratios had to be increased to achieve workability with a resultant loss in strength owing to the cleaving of mica from the fines. However, in a California case history, we were able to demonstrate to the satisfaction of the design engineers that micaceous fine developed in a phyllite rich fine aggregate did not harm the quality of the final concrete and a variance from the specified upper limit of fine was granted. Coarse and fine aggregate could also be borrowed from river alluvium. If a concrete dam is built, it may be desirable to develop a pozzolan from the ash and tuff materials in the Tertiary formations.

Power Tunnel Intake

A high tower (ca. 100 meters) presents potential seismic design problems, but such a tower could be designed to resist earthquake loads. An alternative design is to lay the structure on the inclined rock slope, with a sliding gate. If the rock should move, however, the gates would operate with difficulty or not at all. Accordingly, the site for a gate laid on the rock slope will have to be explored carefully to assure that the rock is stable on the slope under the raised reservoir. Finite element analysis might be helpful for this problem to determine how much movement is likely to occur as the rock is wetted and loaded by the reservoir. If the foundations can be placed on unweathered, in place schist, it would be feasible to use this type of design in place of a tower. But I would prefer a tower to a gate structure placed on residual soil or highly weathered rock or where there were any signs of hillside creep

Underground Powerhouse Alternative

Both the schist at the dam site and the quartz diorite would be acceptable host rocks for an underground power house. It is unlikely that the quartz diorite would be weathered at a depth below surface of 300 meters, as proposed for the head type development layout. However, the question is academic because the preferred scheme is to place the power chambers in the schist close to the intake so as to eliminate the need for an upstream surge shaft and to provide quicker electrical response when the station is in service. A

satisfactory location for a chamber can be found in the schist. However the exact location and orientation should be adjusted after exploration results and, if necessary, after access is gained. An initial choice of site can be studied with one inclined borehole reaching all the way down to the power house invert, if possible. Careful joint survey should be made in this borehole and the results used to choose an orientation that reduces the chance that any major weakness plane will lie parallel or simply strike parallel to a long, high wall. Design details can be studied using finite element analysis. For this purpose, it will be necessary to measure the initial stresses in the rock and the rock and joint properties. The deformability properties of the rock can be determined by plate bearing tests in the galleries and compression tests in the laboratory, using NX specimens. The anisotropic deformability of the rock should be measured by coring compression specimens in different directions from one or more blocks obtained from surface outcrops, or from the exploration gallery. Initial stresses can be measured in the exploration galleries and results extrapolated to the powerhouse location by analysis. Stress measurements should be able to estimate the magnitude of vertical and horizontal stresses at the site of the plant and the direction of the major horizontal stress. The long direction of the cavern should not lie perpendicular to this direction and, ideally, should lie parallel to it. However, it is more critical to choose an orientation such that joints and schistosity surfaces do not lie parallel to walls and that wedges formed by intersecting weakness surfaces do not create possible sliding situations.

Stress measurement can be performed by a new method under development at Berkeley in which an inclusion of epoxy is created in a borehole and then overcored. The method does not require elaborate instruments and tools and can be conducted speedily. It will be desirable to provide a second measurement of one or more stress components by an alternative technique, for example the overcoring or flat jack techniques. These require special equipment, however.

Finite element analysis of underground powerhouse alternatives can be useful in design, aiding in selecting a good layout. Separation distances between rooms, relative positions and shapes of chambers, and various orientations can be studied in reference to anisotropy, jointing,

and in-situ stresses. Figures 2 through 5 show a finite element analysis of a coarse mesh of a possible arrangement of rooms with orientation perpendicular to the schistosity. Figure 2 is the mesh used with our program JTROCK. No joints were included and the rock was arbitrarily assigned the following properties and attributes:

Modulus of Elasticity (isotropic) = 30,000 MPa (1 MPa = 10 Kg/cm²)

Poisson's Ratio = 0.25

Unit weight = 0.027 MN/m³ (2.7 tons/m³)

Initial vertical stress = 8 MPa (80 Kg/cm²)

Initial horizontal stress = 4 MPa (40 Kg/cm²).

Figure 3 shows the displacements with 1 cm on the plot representing 1 cm displacement. This type of plot is very graphic when there are joints or regions of localized failure. It is termed a "flow field". Figure 4 shows the mesh after it has been deformed by excavation of the opening. The displacements have been exaggerated 100 times. Figure 5 shows the principal stresses and their directions by means of vector crosses aligned to the principal stress directions and with length proportional to their magnitudes. One cm. represents 5 MPa (50 Kg/cm²) with tension indicated where it might occur by arrow heads and compression indicated by lines without arrow heads. These pictures will change radically if anisotropy were introduced, if specific joints, faults, or other planar weaknesses were introduced, and if the initial stress were changed in direction and magnitude. Thus a layout can be studied with consideration to variable geological qualities. Shape and supports (by lining or rock bolts) would produce smaller but locally significant modifications in the plots. With the results of rock tests and stress measurements, we will be able to carry out some of these studies if the underground powerhouse alternative is to be considered seriously.

An underground powerhouse becomes expensive if the rock is not self-supporting. It is more economical to explore for good rock by means of underground galleries than to attempt to live with and repair unsatisfactory rock. Therefore, the specifications should be written in such a way that adjustments to the precise location and orientation of the chambers can be made after the access tunnel is completed. During construction, the workers should



be protected from minor rock falls and the rock roof and walls should be protected from loosening by installing a regular pattern of rock bolts about 4 meters long on 1.5 - 2 meter centers, with wire mesh to catch loose rocks from intermediate positions between the bolts. The cross sectional area of steel should be selected to provide a working tension in each bolt of about 20 metric tons. The roof arch should be additionally protected with a layer of shotcrete about 20 cm thick or by a formed concrete lining. These numbers can be refined when we learn more about the nature of the rock.

Surface Powerhouse Alternative

A topographically favorable site for a surface powerplant was found on a narrow, flat-topped spur between two tributary streams near Cañon La Florida (see photo). The slopes seem to be stable throughout this valley and there is sufficient room to construct a power house with minimum excavation and no filling. However the transformer yard will have to be located separately. The penstocks and manifold should be placed underground. Drill holes should be programmed now to establish the depth to rock and its quality. Trenches should also be dug to aid in the geological mapping of the surface. Apparently this site is near the axis of a tight syncline with steep limbs and minor folds. The shear strength of the schistosity or bedding surfaces should be studied to allow an evaluation of the sliding resistance of the foundation. Samples obtained from drilling can be used for multi-stage triaxial compression tests for this purpose.

Tunnels

Tunneling conditions should be good over most of the length of all project tunnels, including: the pressure tunnels for the headrace to the surface powerhouse alternative; the tailrace tunnel for the underground power house alternative, the diversion tunnel, and twin spillway tunnels. Some drilling should be done along tunnel lines now, at portals and at points of low cover. The results of core drilling will offer a better basis for estimating the percentage of tunnel length that will require lining. It is safe to say that a significant percentage of the tunnels can be left unlined (including pressure tunnels). Lining would be required only for hydraulic considerations or where the rock was erodible or highly fractured. Weathering decreases with depth while the potential problems with structural weaknesses in the rock increase with depth. It is not possible now to foresee how

changing the elevation of a tunnel will alter its support and lining requirements.

Tunneling in schist can be troublesome when the tunnel axis is aligned near to the strike of the schistosity for then the drill holes at the face will tend to wander off line as they follow along the schistosity surfaces. Short rounds are required to avoid large corrections with consequent overbreak, which would be paid for in increased roughness. In this project, most of the tunnels in schist should lie almost perpendicular to the schistosity.

The possibility of allowing the contractor the option to construct an adit for the power tunnel should be considered. In this narrow damsite, traffic problems could become such that the additional flexibility of an adit would seem advantageous to the tunneler.

Summary of Recommendations for Exploration and Testing

Geological Mapping:

Obtain data on jointing at the dam site, the spillway site, and the underground powerhouse site. Make a reconnaissance of the reservoir. Continue and complete the process of note taking on exposures along traverses.

Trenches and Pits:

Trenches and pits will aid in the geological mapping process and permit taking samples of residual soils and Tertiary sediments. They should be considered at the surface powerhouse site, at the spillway site, in the Tertiary sediments at possible borrow areas and in support of stratigraphic studies, in alluvial deposits considered for borrow, and in the weathered schist to study possible core materials. A trench or pit could also be completed at the power intake site to establish the stability of the surficial materials on the slope and the depth to sound foundations.

Drill Holes:

Two holes at the dam site inclined to go under the river from either bank; about 100 meters deep. Four to six holes 50 to 100 meters deep at various locations, not all along one line, at the dam site. One hole inclined to reach the underground powerhouse invert with minimum length of drilling, and with oriented core. Two drillholes at the spillway location. Two shallow boreholes at the surface power house site. One drill hole at each portal of the diversion tunnel. One drill hole

at each point of low cover along the pressure tunnel to the surface power plant alternative.

Galleries:

Two galleries at least 50 meters deep on each abutment.

Samples for Rock Tests:

Core samples should be selected carefully as follows:

3 NX cores of schist with well developed schistosity in an oblique orientation in the core; at least 5 inches long. For triaxial compression and radial permeability tests.

Twelve or more NX cores of schist at least 2 inches long and at different degrees of weathering from completely weathered to fresh; for point load strength and porosity tests.

one or two blocks of schist with well developed schistosity, large enough to allow 4 or 5 cores 2 inches in diameter and 4 inches long (minimum length) to be drilled in different directions.

Several blocks of about 1 kg of schist for slake durability tests.

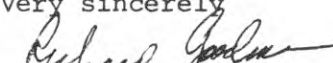
Core samples should be shipped for arrival in San Francisco in early July so I will be able to test them during July and early August (there is no other time until February of next year).

Field Tests

Tests will be conducted in the left abutment gallery. Three or Four stress measurements to shallow depth in the walls using the epoxy inclusion method (see enclosed paper; a variant of the procedure may be used where strain gages rather than photo-elasticity are used to measure inclusion stresses).

Two plate bearing tests across the gallery, from one wall to another, using 200 to 400 tons of load supplied by hydraulic or screw jacks on plates of steel 30 to 50 cm. in diameter.

Very sincerely


Richard Goodman



CRENULATED SCHISTOCITY AT THE MIEL I DAM SITE



LA FLORIDA SURFACE POWERHOUSE SITE



MIEL I DAM SITE, LOOKING UPSTREAM

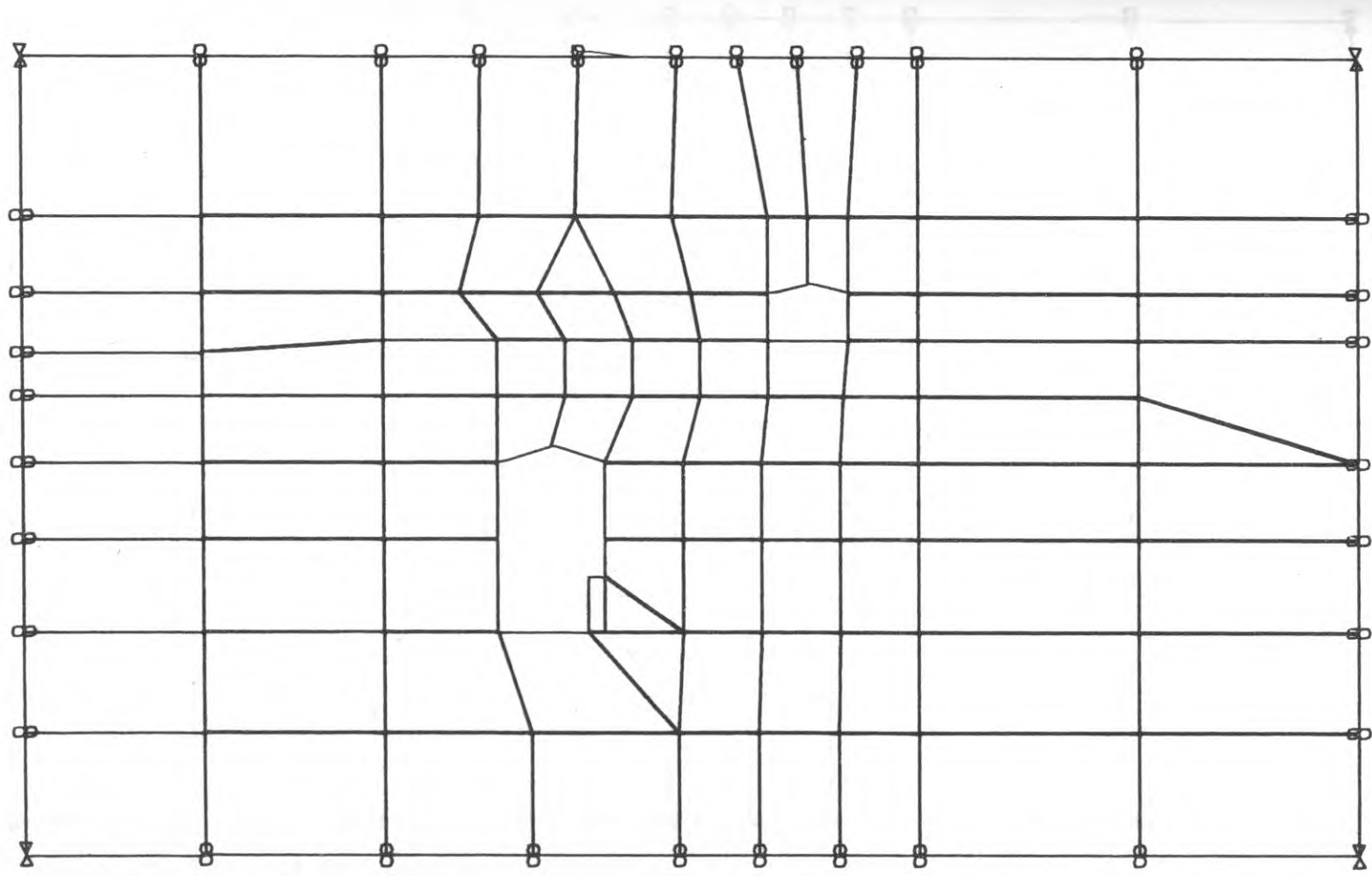


A DEEP EROSION GULLY IN QUARTZ DIORITE
DOWNSTREAM FROM THE DAM SITE



FIGURE 2

(Overlay on Figures 3 to 5)



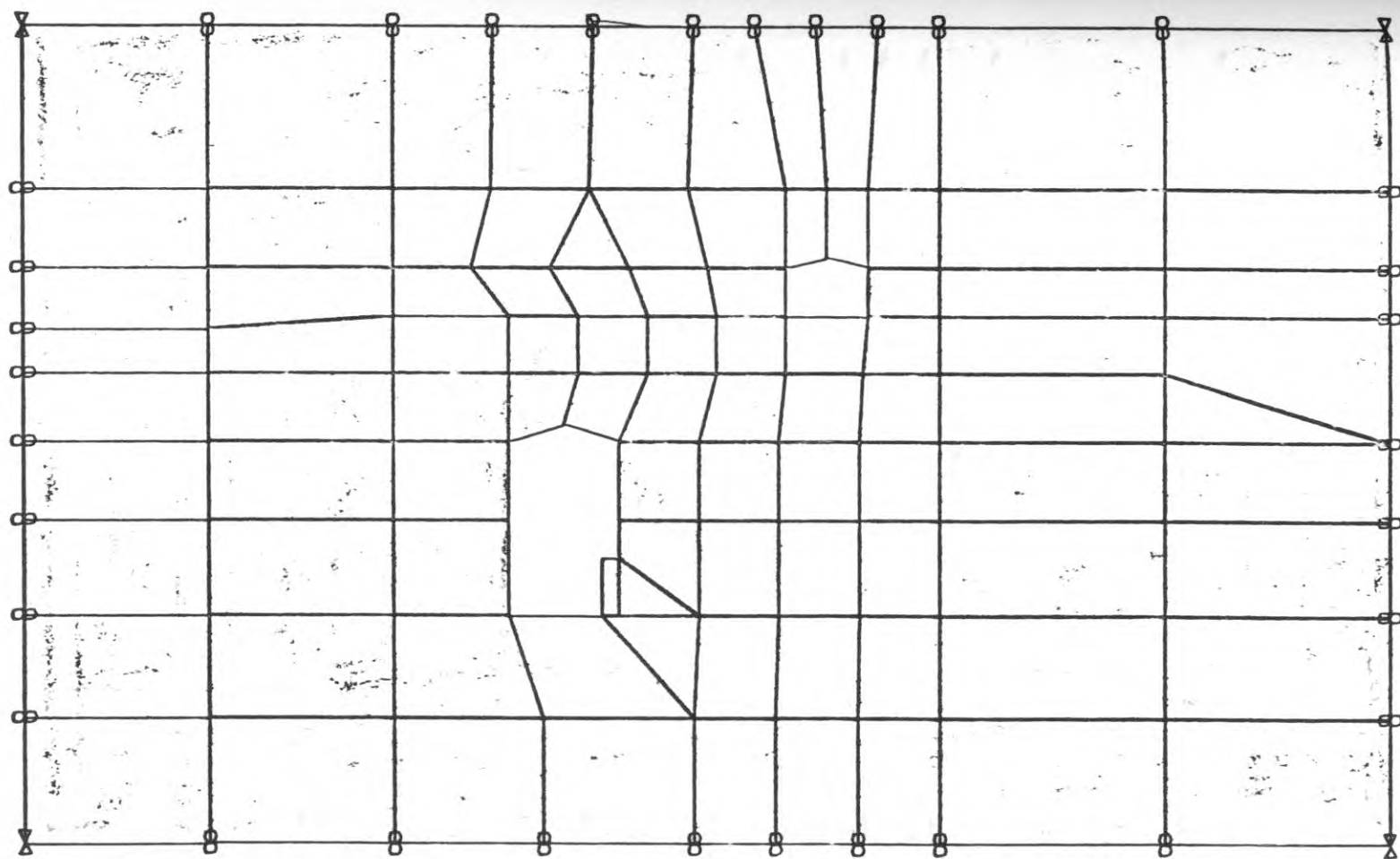
INITIAL MESH
CASE 0

LENGTHS

1 CM = 1.0 10^1 UNITS



FIGURE 2



INITIAL MESH
CASE 0

LENGTHS

1 CM = 1.0 10^1 UNITS

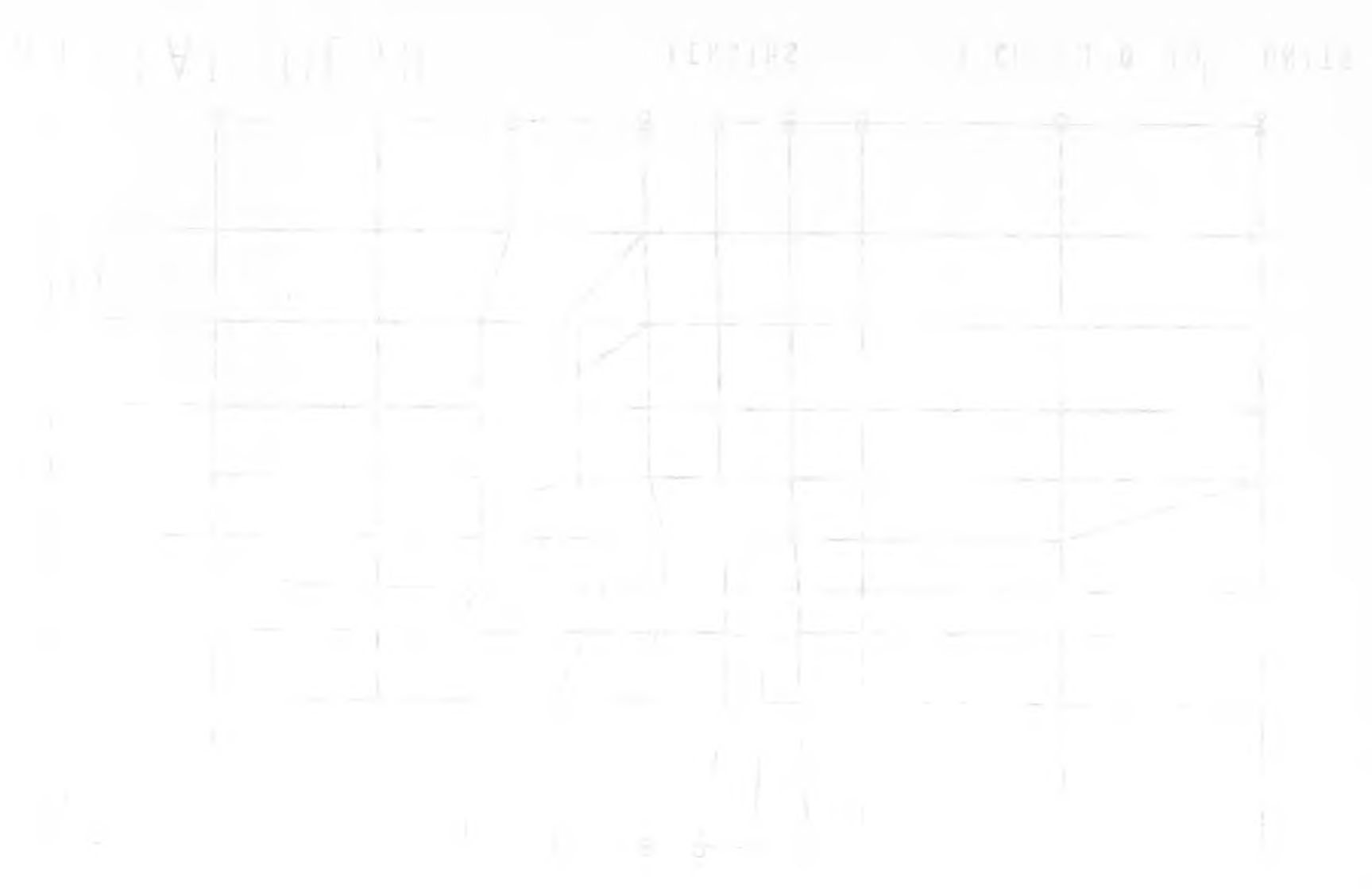
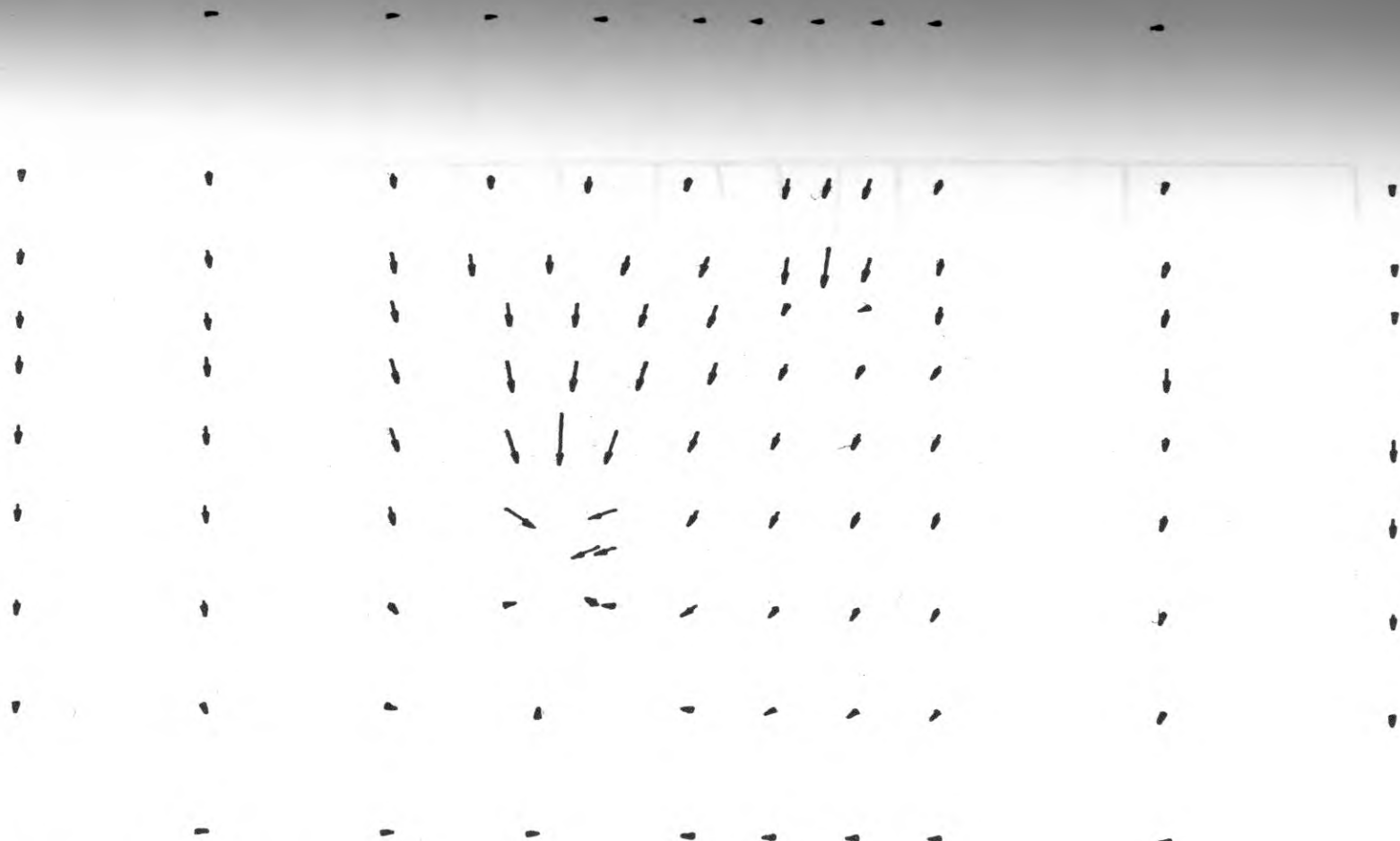


FIGURE 3



FLOW FIELD

CASE 1 LOAD STEP 1

ITERATION 1

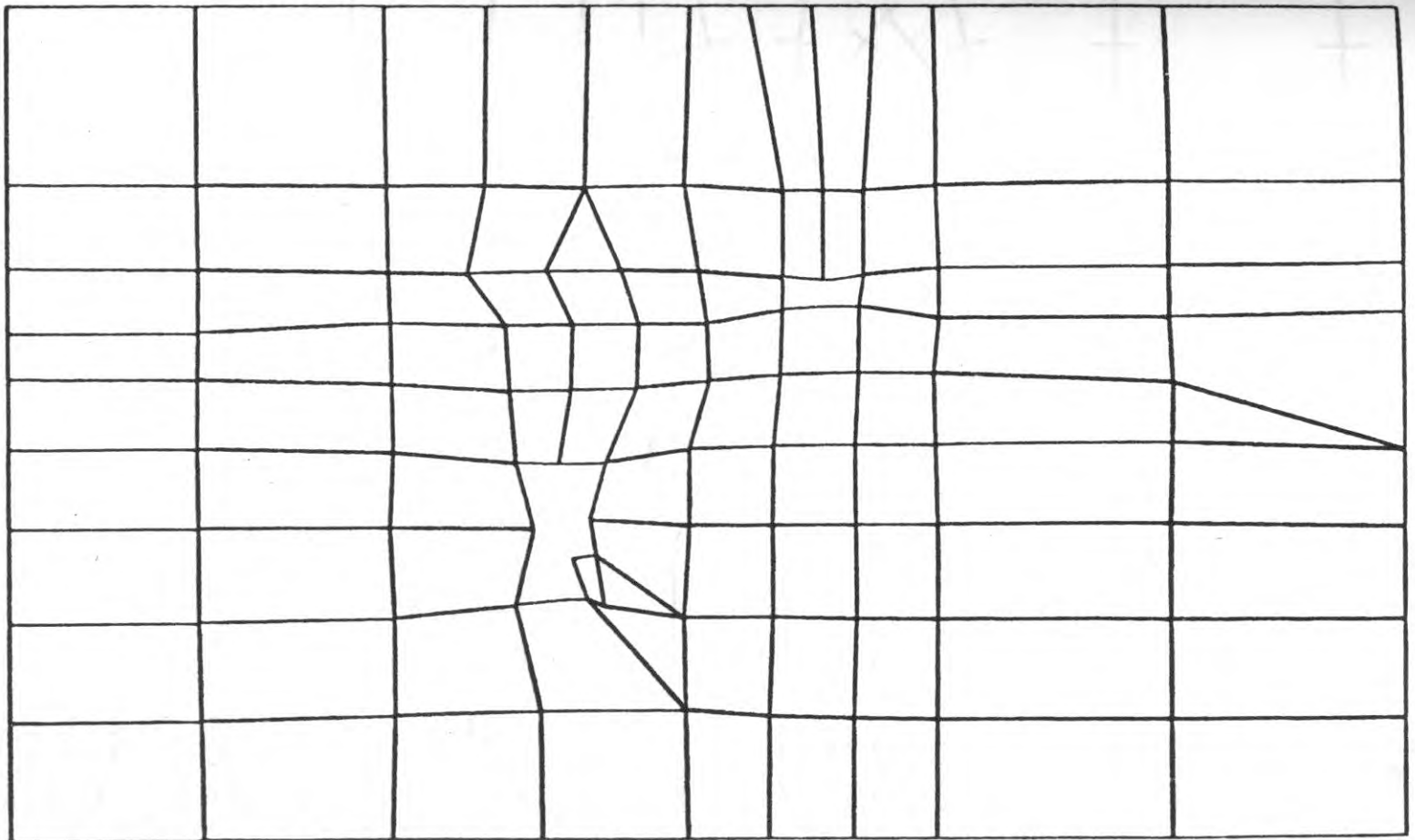
LENGTHS

DISPLACEMENTS

1 CM = 1.0 10^1 UNITS

1 CM = 1.0 10^{-2} UNITS

FIGURE 4



DEFORMED MESH

CASE 1 LOAD STEP 1

ITERATION 1

LENGTHS

DISPLACEMENTS

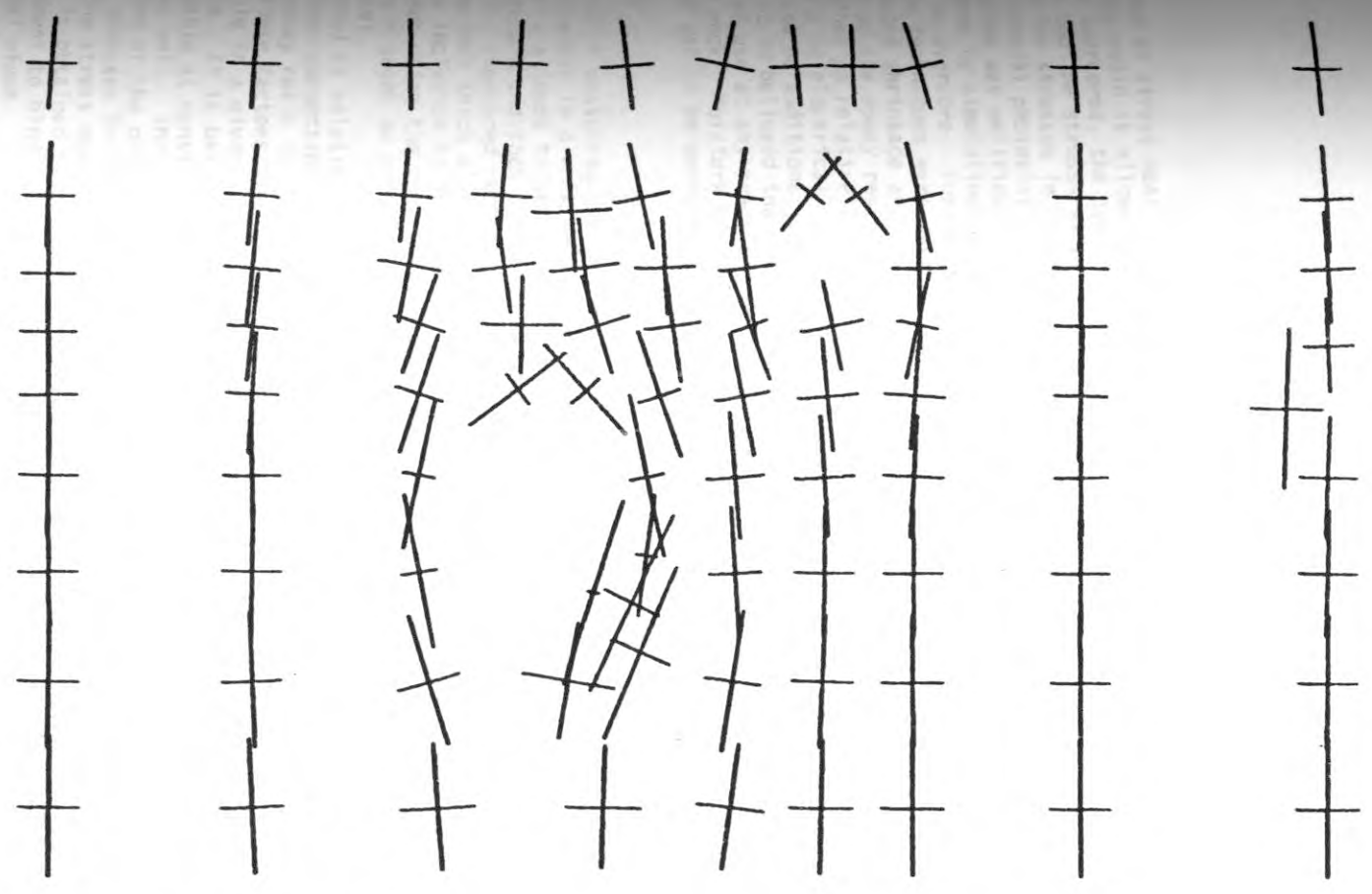
1 CM = 1.0 10^1 UNITS

1 CM = 1.0 10^{-2} UNITS

MODEL NO. 2167 T. STRESS FIELD IN A PLATE WITH A CENTRAL HOLE
 UNDER UNIFORM TENSION
 STRESS FIELD NO. 211
 TENSILE STRESS = 1.0 10^1 UNITS
 SHEAR STRESS = 0.0 UNITS



FIGURE 5

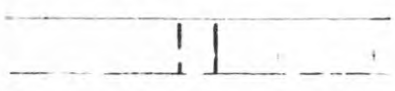


STRESS FIELD

CASE 1 LOAD STEP 1 ITERATION 1

LENGTHS
STRESSES

1 CM = 1.0 10^1 UNITS
1 CM = 5.0 10^0 UNITS



STRESS MEASUREMENT BY OVERCORING
CAST PHOTOELASTIC INCLUSIONS

By

P.B. Riley, Auckland, New Zealand

R.E. Goodman, University of California, Berkeley

R.M. Nolting, University of California, Berkeley

*included
with
report of
Nov 27, 1978
R.E. Goodman*

ABSTRACT

A method of stress measurement is proposed whereby epoxy resin is allowed to set in a borehole. The hole is overcored, the overcored section cut into slices and the stress-relieved epoxy inclusion is analyzed for stresses in two-dimensions using the theory for biaxial photoelastic strain gages.

The method was verified in a laboratory experimental program by simulating stress relief in the annulus of an overcore. During the laboratory testing suitable techniques were developed which virtually eliminated shrinkage and residual stresses during casting of the epoxy resin.

The method is relatively simple and inexpensive. In a borehole no electrical wires or light sources are needed and no additional cementing material is required. It is believed that this technique should be capable of use at any practical drilling depth and in poor rock. Moisture conditions may present difficulties yet to be overcome.

INTRODUCTION

A method of measuring the *in situ* secondary principal stresses in a rock mass is proposed whereby epoxy resin is allowed to set in a 1.5 inch diameter (EX) borehole and then overcored as shown in Figure 1. The overcored section is then removed and cut into one-inch thick slices and the strain-relieved epoxy inclusion is analyzed for stresses in two-dimensions using the theory for biaxial photoelastic strain gages as presented by Hawkes and Fellers (1969).

The method is relatively simple since no electrical or other connections are needed, and inexpensive since epoxy resin is the only material placed in the hole. These factors should make more measurements possible in a given area than has previously been feasible. It is believed that the technique could be useable at considerable depth and in fractured rock as well. There is also promise that diagonal slicing of the overcore may permit the determination of stresses in three dimensions. As a by-product of the stress measurement program a complete core sample is obtained because the epoxy will act as reinforcement to bind the entire length of core in an integral piece.

There are essentially two types of photoelastic strain gages. The one most studied and successfully applied is the "stiff" or "hard" gage. This type requires a ratio of host rock Young's modulus to gage modulus (E_h/E_g) of 1/5 for successful operation. In other words if the ratio is greater than 1/5 the gage ceases to behave as a hard inclusion and the theory no longer applies. A truly hard inclusion can be termed a "photoelastic stressmeter" since the stress induced in the gage is independent of the host modulus. Interpretation of this type of gage is given by Hawkes (1968) and Hawkes and Fellers (op. cit.).

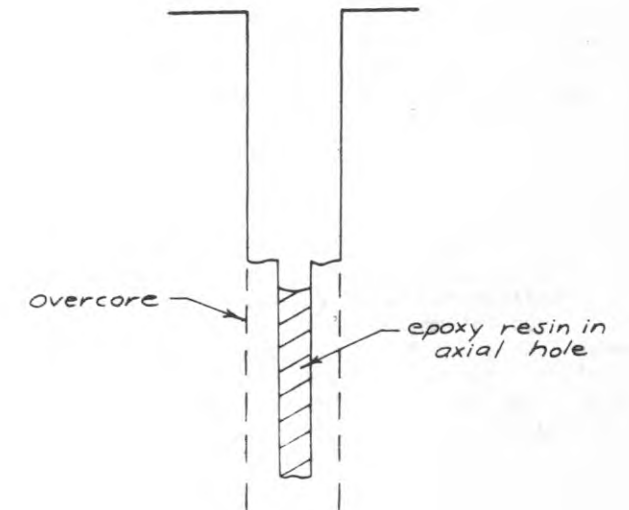


Figure 1. Vertical section of a borehole showing epoxy resin in place in smaller diameter axial hole.

When E_h/E_g is greater than 10 a "soft" inclusion results. In this case the strain induced in the gage by the deformation of the borehole upon overcoring is independent of the material properties of the inclusion. The borehole deforms as if the inclusion were not there. If the ratio E_h/E_g is between 1/5 and 10 then the gage and the rock overcore interact, complicating the theory.

This paper describes in general the theory pertinent to the soft photoelastic inclusion and the laboratory testing program which has been carried out so far to check the theory.

THEORY OF THE SOFT INCLUSION GAGE

Hawkes and Fellers (op. cit., appendix II, p. 156), using elasticity theory and the results of Merrill and Peterson (1961), derived equations for the soft photoelastic inclusion. Their approach is used for the present study but basic terms are kept throughout, resulting in a more explicit solution. The steps leading to the pertinent equations are given in the outline below with reference to the geometry shown in figure 2(a). As stated above the presence of a soft inclusion does not restrict the deformation of the walls of a borehole, consequently the stresses in the inclusion can be directly related

to the boundary strains. The boundary strains for a solid inclusion in terms of the biaxial stress field are

$$\epsilon_y = \frac{3p - q}{E_h}$$

$$\epsilon_x = \frac{3q - p}{E_h}$$

Using these strains, the principal stresses in the solid inclusion for the plane stress assumption are,

$$\sigma_y = \frac{E_g}{(1 - \nu_g^2)} (\epsilon_y + \nu_g \epsilon_x)$$

$$\sigma_x = \frac{E_g}{(1 - \nu_g^2)} (\epsilon_x + \nu_g \epsilon_y)$$

The stresses in the inclusion are now concentrated by the presence of a small axial hole. Using the Kirsch equations the expressions for the stresses at any point in polar coordinates become

$$\sigma_\theta = p \frac{E_g}{E_h} \left\{ \frac{1 + \eta}{1 - \nu_g} \left(1 + \frac{a^2}{r^2} \right) + \frac{2(1 - \eta)}{1 + \nu_g} \left(1 + \frac{3a^4}{r^4} \right) \cos 2\theta \right\} \quad (1a)$$

$$\sigma_r = p \frac{E_g}{E_h} \left\{ \frac{1 + \eta}{1 - \nu_g} \left(1 - \frac{a^2}{r^2} \right) - \frac{2(1 - \eta)}{1 + \nu_g} \left(1 - \frac{4a^2}{r^2} + \frac{3a^4}{r^4} \right) \cos 2\theta \right\} \quad (1b)$$

$$\tau_{r\theta} = p \frac{E_g}{E_h} \frac{2(\eta - 1)}{1 + \nu_g} \left(1 + \frac{2a^2}{r^2} - \frac{3a^4}{r^4} \right) \sin 2\theta \quad (1c)$$

where η is the stress ratio q/p .

The principal stresses in the inclusion with an axial hole can be expressed as a function of the normal and shear stresses at any point, therefore, the difference between the principal stresses can be written as

$$\sigma_1 - \sigma_2 = 2 \left\{ \left(\frac{\sigma_\theta - \sigma_r}{2} \right)^2 + \tau_{r\theta}^2 \right\}^{1/2} \quad (2)$$

From photoelasticity theory the principal stress difference equals the inclusion birefringence which is given by

$$\sigma_1 - \sigma_2 = \frac{nf}{t} \quad (3)$$

Equations (1) are now substituted into the L.H.S. of equation (2) and the result set equal to the R.H.S. of equation (3). The optimum point for measuring the fringe order n in biaxial stress fields is located along the minor stress axis where $\theta=0$. Making this substitution for θ greatly simplifies the final equation, which upon a number of rearrangements results in

$$\frac{n}{p} \frac{E_h}{E_g} \frac{f}{2t} \frac{r^2}{a^2} = \frac{1 + \eta}{1 - \nu_g} + \frac{2(1 - \eta)}{1 + \nu_g} \left(\frac{3a^2}{r^2} + \frac{r^2}{a^2} - 2 \right) \quad (4)$$

This is the basic equation of the soft photoelastic inclusion for points along the minor stress axis.

Rearranging again and letting $\alpha = \left(\frac{3a^2}{r^2} + \frac{r^2}{a^2} - 2 \right)$

gives an expression for the major principal stress,

$$p = \frac{n \frac{E_h}{E_g} \frac{f}{2t} \frac{r^2}{a^2}}{\frac{1 + \nu_g}{1 - \nu_g} (1 + \eta) + 2\alpha(1 - \eta)} \quad (5)$$

STRESS DETERMINATIONS FROM THE SOFT INCLUSION

From the photoelastic fringe pattern developed in the inclusion and using the equations given above, it is possible to determine the directions of the principal stresses, the principal stress ratio and the magnitude of the major principal stress.

STRESS DIRECTIONS

The directions of the principal stresses can be deduced from the symmetry of the fringe pattern, such as shown by the examples in figure 2. The major and minor stress axes can usually be differentiated by recognizing that the two lines of symmetry correspond to unique characteristics of the fringe geometry. The best means of identifying which axis is which, however, is by the isotropic points which are often present in the pattern and lie along the axis of major stress (figure 2(b),(c), and (d)).

STRESS RATIO

As indicated above, an isotropic point lies on the major principal stress axis where $\theta = 90^\circ$. This is a point where the principal stress difference $(\sigma_1 - \sigma_2)$ in the gage equals zero, which also means that the fringe order n equals zero. Since $n = 0$ defines an isotropic point, and the position of the isotropic point is a function of η , equation (4) can be used to find a relationship between η and the isotropic point position (or spacing) r/a . This result allows η versus r/a to be plotted for various values of Poisson's ratio, giving the family of curves shown on figure 3. Knowing ν_g and measuring the distance of the isotropic point from the center of the gage (or one half the distance between the points) in terms of r/a , the value of η can be found.

A true isotropic point ($n = 0$) will not exist for low values of η , therefore, a minimum value of the principal stress difference is used. Values for this condition are also plotted on figure 3 (diagonal curves near the bottom of the graph) and enable η to be obtained down to zero. The isotropic point spacing is measured as before except that the point is now at some fringe order greater than zero.

For some engineering purposes the stress ratio and directions of principal stresses are information enough for design, thus it is significant that in the above method Poisson's ratio of the gage is the only material property needed. The rock properties are not needed.

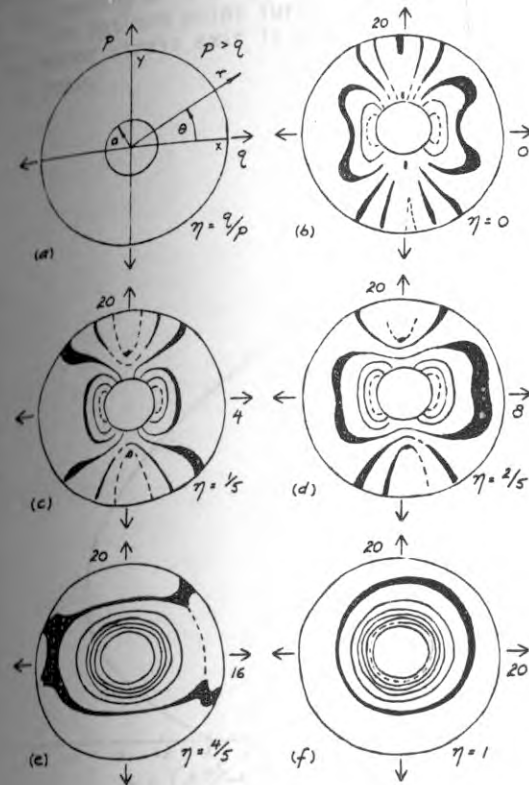


Figure 2. (a) Diagram of the soft inclusion gage containing a small central hole and showing the orientation of the biaxial stress field. (b)-(f) Sketches of isochromatic fringe patterns in an inclusion at various ratios of simulated stress relief. Dimensions of p and q are in MN/M^2 (from Riley, 1973, p. 83-86). See Hawkes and Fellers (op. cit., fig. 1) for comparison with patterns in a hard inclusion.

MAJOR PRINCIPAL STRESS

The magnitude of the major principal stress can be calculated by using equation (5). The determination of n was discussed above. Poisson's ratio for the soft inclusion gage and the values of the other material properties are determined by testing. The remaining unknowns on the R.H.S. of equation (5) are the fringe order n , the distance ratio r/a and α , which is an expression in terms of r/a . The value of n can be read from the gage at some point along the minor stress axis at a position r/a .

The minor stress axis ($\theta = 0$) is an optimum location for measuring n in biaxial stress fields. One reason is that it is easy to identify and to count fringes along this axis. The major stress axis is not suitable because the stress gradient changes too slowly along it and a distinct fringe order would be difficult to determine.

In choosing the minor stress axis, we note that the point of maximum stress difference ($\sigma_1 = \sigma_2$) occurs at the edge of the central hole along the minor stress axis. From equation (3) it is seen

that $\frac{n}{\sigma_1} = \frac{t}{F} (1 - \frac{\sigma_2}{\sigma_1})$, and since $\sigma_2 = 0$ at the hole edge then $\frac{n}{\sigma_1}$ is at a maximum value which means that the fringe orders will be highest along this axis.

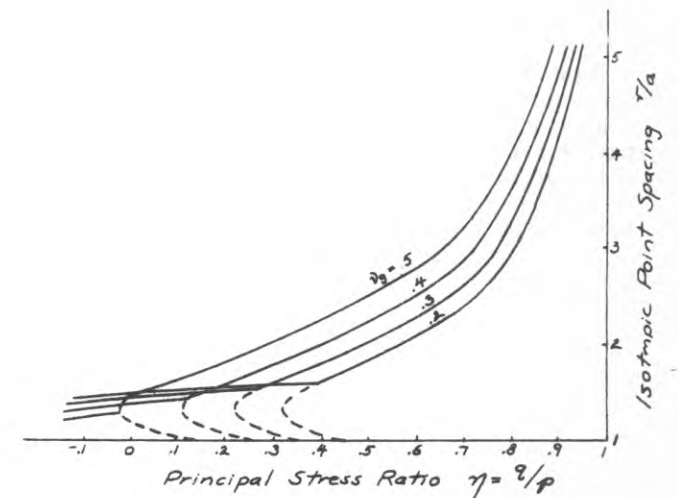


Figure 3. Principal stress ratio $\eta = q/p$ versus the isotropic point spacing r/a for several values of Poisson's ratio (Riley, 1973).

In choosing the position of the optimum point along the minor stress axis the magnitude of the minor principal stress, or in other terms the stress ratio η , should have a minimum influence on the principal stress difference (Hawkes, op. cit., p. 59). This is especially important if the determination of η was inaccurate or an estimate. As long as there is such an influence of η on the value of the stress difference then a unique determination of n cannot be made since this would mean that the calculation of p would be dependent to some degree on the value of the minor principal stress. A point along the minor stress axis where p can be related to n independent of the minor stress magnitude will occur where $\eta = 0$. Equation (4) is basically an expression for the ratio n/p in terms of η , ν_g and α (α is a function of r/a). For the condition where η becomes zero the R.H.S. of (4) results in a relationship between ν_g and α_0 (α_0 is the value of α for $\eta = 0$) which is

$$\alpha_0 = \left(\frac{1}{2} \frac{1 + \nu_g}{1 - \nu_g} \right) \text{ or } \nu_g = \left(\frac{2\alpha_0 - 1}{2\alpha_0 + 1} \right) \quad (6)$$

Values of α versus values of r/a are graphed on figure 4. For a given Poisson's ratio the value of α_0 can be calculated using equation (6) and the optimum point distance ratio is then determined from figure 4. Since α_0 has a minimum value at $\alpha = 1.46$, then ideally ν_g should be more than 0.49. But that is only possible with very young epoxy resin. So an optimum point with a built-in error must be accepted. For the minimum value of α_0 the position of the point will be at r/a equals 1.32, which will be the position for minimum error. For ν_g of 0.49 or 0.50, the upper portion of the curve in figure 4 should be used since the optimum point will then be somewhat

Further from the center of the inclusion. The fringes next to the central hole in the inclusion are crowded together because of the high stress gradient making the reading of n difficult and potentially inaccurate. An optimum point further from the center along the minor stress axis is more accurate and easier to read.

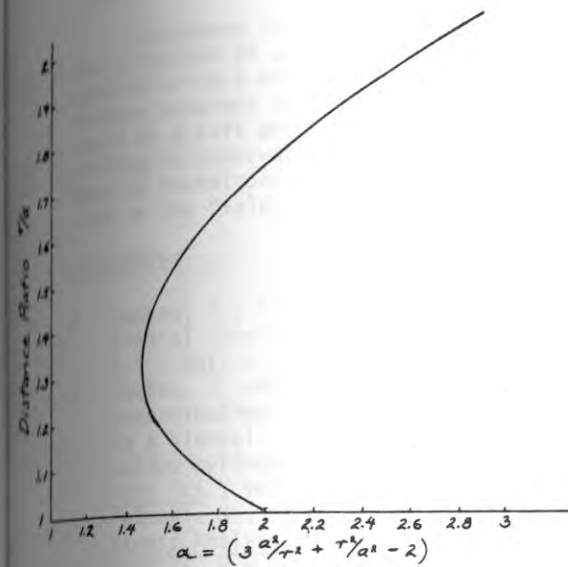


Figure 4. Distance ratio or position r/a versus α according to $\alpha = \left(\frac{3a^2}{r^2} + \frac{r^2}{a^2} - 2 \right)$, (Riley, 1973).

Figure 5 shows the variation of ν_g and E_g with time. The error in using a value of ν_g lower than 0.49 increases rapidly after three days, but the younger epoxy may have a tendency to creep so to insure a more stable stress relief response the epoxy should be allowed to age somewhat before overcoring. The optimum time to overcore and photograph the inclusion under polarized light seems to be around 1/2 days after the epoxy sets.

The procedure to use, therefore, in determining the major principal stress p is first to calculate p from equation (6). The position of the optimum point is next obtained from figure 4 and the fringe order at this point along the minor stress axis is read from the inclusion. A means of measuring fractional fringe orders such as the Tardy compensation method (Hetenyi, 1950, p. 863) is usually employed. Equation (5) can now be used to give the value of p .

LABORATORY TESTS AND RESULTS

A series of laboratory tests of the feasibility of the cast-in-place soft inclusion were conducted at Imperial College in London by Riley (1973). Similar work is now being done at the University of California at Berkeley preparatory to a field program.

The principal test procedure involves preparing a six-inch square rock specimen one-inch thick containing a 1.5-inch diam. central hole. The specimen is placed in a loading frame which is capable of applying a uniform biaxial compressive stress.

Initially the sample is subjected to equal biaxial pressures while the epoxy resin is poured into the hole and allowed to harden. A teflon rod placed along the axis of the 1.5-inch hole forms the 3/8-inch central hole. When the required setting time has elapsed both pairs of pressure cells are released and the specimen removed for final preparation of the inclusion for polariscope viewing. After replacing the specimen, equal biaxial stress is again applied and the entire apparatus is placed on a photoelastic bench. At this point no isochromatics are developed and the inclusion is essentially blank. Next, one set of load cells is relaxed completely resulting in the complete removal of stress in this direction and producing a uniaxial fringe pattern as shown by figure 2(b). The other pair of cells are then relaxed in increments, allowing progressive relaxation of stress in this direction. The result is the simulation of a number of stress ratios from a value of $\eta = 0$ to $\eta = 1$ with characteristic isochromatic patterns which might occur when rock at different localities is stress-relieved or unloaded by overcoring (see figure 2).

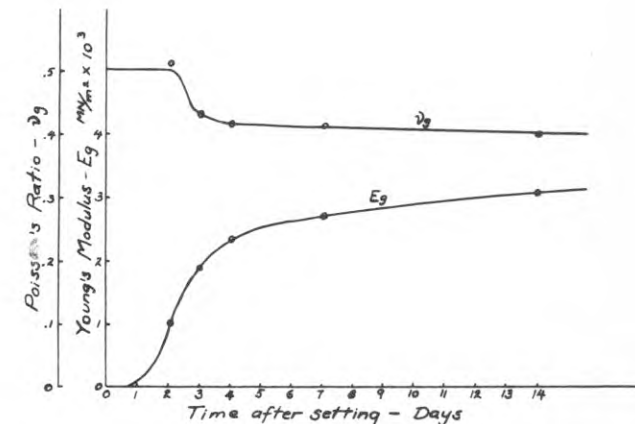


Figure 5. Young's modulus and Poisson's ratio for the soft inclusion gage versus time. The resin tested was Araldite 219 (100 pts. resin : 50 pts. hardener : 1.63 pts. accelerator), (Riley, 1973).

The results of a number of simulated *in situ* stress measurements have been good. An inclusion can be produced which is virtually stress free and the subsequent fringe patterns are clearly defined. A problem in the calculation of the major principal stress is the value of Young's modulus used for the rock, which may produce a constant source of error if the tangent modulus at 50% ultimate strength is used. The value which should be used is the unloading modulus for the range of working stress down to zero. The largest inaccuracies in the principal stress calculation occur when the stress ratio η is greater than 0.8. At stress ratios less than 0.2 the method also gives slightly less accurate results. An optimum range for the measurement of the value p , therefore, would appear to be between these values. This range is also the optimum for the determination of η since the isotropic point spacing is difficult to measure for values of η greater than 0.8 or less than 0.2. The directions of the principal stresses

are defineable to within at least 10° .

A number of problems have been anticipated with the use of epoxy resin for the gage material but results so far are good. Certain commercially available resins have proven to be clear enough for photoelastic analysis, sensitive to changes in strain and free from residual stresses due to shrinkage. Preliminary creep tests indicate moderate temperatures should be no problem. The effects of moisture, both on adhesion to the borehole and stability with time, have not been evaluated.

CONCLUSIONS

Laboratory testing has shown that the magnitude and direction of principal stresses in a plane perpendicular to a borehole can be measured with satisfactory accuracy using the technique of casting epoxy resin as a soft photoelastic inclusion. Further testing is underway to refine the calculations and develop techniques for placing epoxy resin in a borehole in the field.

REFERENCES

1. Hawkes, I., 1968, Theory of the photoelastic biaxial strain gauge, *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.*, Vol. 5, pp. 57-63.
2. Hawkes, I. and G.E. Fellers, 1969, Theory of the determination of the greatest principal stress in a biaxial stress field using photoelastic hollow cylinder inclusions, *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.*, Vol.6, pp. 143-158.
3. Hetenyi, M., 1950, *Handbook of Experimental Stress Analysis*, John Wiley & Sons.
4. Merrill, R.H. and J.R. Peterson, 1961, Deformation of a borehole in rock, U.S. Bureau of Mines, R.I. 5881.
5. Riley, P.B., 1973, Stress measurement by over-coring cast photoelastic inclusions in boreholes, Unpub. M.Sc. thesis, Imperial College, London.

SYMBOLS USED

- E_h, E_g - modulus of elasticity of host (rock) and gage (inclusion)
- ν_h, ν_g - Poisson's ratio of host (rock) and gage (inclusion)
- p, q - major and minor principal stresses in a biaxial stress field (secondary principal stresses)
- ϵ_x, ϵ_y - boundary strains in a solid inclusion
- σ_x, σ_y - principal stresses in a solid inclusion
- σ_1, σ_2 - principal stresses in an inclusion with axial hole
- $\sigma_r, \sigma_\theta, \tau_{r\theta}$ - normal and shear stresses in polar coordinates in an inclusion with axial hole
- n - ratio of secondary principal stresses, q/p
- n - fringe order of a photoelastic pattern
- f - unit fringe value, dimensions of stress/fringe/inch
- t - thickness of inclusion
- α - a function of $\frac{r}{a}$, see equation (5)
- α_0 - the value of α corresponding to the optimum point for measurement of n ; a function of ν_g , defined by equation (6)

Richard E. Goodman, Ph.D.

PROYECTO	LA MIEL	715 Arlington Berkeley, Calif. 94707 524-5256 (Area 415)
FECHA RECIBO	Agosto 23/78	August 10, 1978
CONTESTADO POR		

Ricardo Cajiao

Consorcio Rio La Miel
Calle 60, No. 5-53
Bogota, Colombia

Dear Ricardo,

Via this letter report I communicate my report of our trip to the Miel Project, July 23 to 28, 1978. The purposes of this trip were: 1) to visit the site of current exploration at Miel 1 and review the results obtained to date; and 2) to visit the sites for structures of the Miel 2 Project. I left San Francisco on Saturday evening, July 22, arriving in Bogota on Sunday, July 23. After a visit in the office we departed for the field on Monday July 24 and travelled by jeep to Manzanera. On Tuesday, July 25, we walked to the site of Miel 2 dam and examined the geology near the downstream portal of the Guarino Diversion Tunnel. On Wednesday, July 26, we visited the upstream end of the Guarino Diversion and proceeded to drive along the tunnel route. We then viewed the left side of the canyon of the Miel River at a possible underground power house site and visited a surface power house site. On Thursday, July 27, we examined the drill core at the Miel 1 camp and then visited the site of the Miel 1 surface power house. After spending most of the day in the office on Friday, July 28, I returned to San Francisco.

Geomorphology of the Miel River Region:

This, second, visit to the Miel project confirmed the previous impression that the area west of the Magdalena Valley in the vicinity of Rio La Miel is a tilted peneplain gradually rising and becoming progressively more deeply incised towards the west. The upland surface, marked by concordant summit levels, is an old erosion surface developed on the crystalline schists and associated metamorphic rocks after it had been intruded by intermediate plutonic rocks. Prior to the present

uplift, the surface had been subjected to long continued weathering and a deep profile of weathering had developed. Accompanying the most recent uplift, which is by hinging about an axis through the Magdalena Valley, Tertiary volcanic tephros and alluvial sediments were spread over the upland. As the canyons were deepened by rejuvenated rivers, some of the Tertiary volcanics and continental deposits were reworked and redeposited in terrace deposits along the valleys. The present topography has steep, incised V shaped valleys contrasting with the rolling upland. At Miel 2 dam site, there is, moreover, a distinct inner, steeper canyon at the valley bottom; this suggests accelerated downcutting in recent time due to recent uplift and active faulting.

Certain hypotheses can be drawn from this picture which is similar to that of the California Sierra Nevada. Decomposition of crystalline rocks probably extends very deeply, perhaps more than 100 meters, below the upland surface but much less deeply beneath the valley sides. Dam sites that encounter fresh rock in the valley bottom may find weathered rock at higher elevations in the valley sides. Rock foundations for spillway gates and saddles dams are thus likely to encounter more highly weathered rock than the foundations of the main dams. The tectonic uplift of the region is probably connected with a system of active faults on the west side of the range.

Miel 1 Exploration:

Drilling has commenced and core was available for study from boreholes at the surface powerhouse site (La Florida), from the dam site, and from one station along the power tunnel line.

Borings at the La Florida power house, CM 2, 3, and 4 (Casa Macquina), all tell a consistent story. The drill passed through thirty to forty meters of broken, weathered schist with zones of colluvial soil spaced 5 to 10 meters apart. Fresh bedrock - - schist and marble - - was found only beneath this depth: 36.5 meters in CM 2,; 39.5 meters in CM 3; and 28.7 meters in CM 4. Thus, the hill underlying the site is composed entirely of weathered talus and colluvial soils. The rock surface is almost at the

river elevation, as confirmed by inspection of the creek sides east and west of the site. At their confluence with the main river, these two small creeks flow on metamorphic bedrock. But in each creek, the bedrock can not be seen more than about 10 meters above the river. The La Florida site will require deep cuts in soil and piers or deep central excavations to found the units on bedrock. In order to determine the volume of the excavation, and the degree of stability of a specified slope, soil tests are necessary. One good approach offered by the current exploration program is to perform a series of direct shear tests on blocks carved from the floor or sides of a test pit.

These drill holes have revealed a low dip to the schistosity consistent with the field mapping of a syncline along Q. La Florida. Also, marble seen in the drill core was seen by the geologists in outcrop. There is no sign of solution in the marble penetrated by the drill.

An additional drill hole and possibly others will be required to determine the character of the soil to the north of the excavation, where the high soil cut is contemplated.

Boring T 2, along the Miel 1 power tunnel line, was drilled to a depth of about 137 meters through the contact of schist and quartz diorite. Surficial weathering effects in the schist become unimportant below about 10 meters depth and the core is in lengths generally between 10 and 100 cm, occasionally shorter. The schistosity is irregular, tending towards an angle with the core axis of 60 degrees (dip of 30 degrees). The contact with the quartz diorite is gradational (see photos 1 a, b, and c). Aplitic dikes are encountered at 46.2 m; altered quartz diorite is encountered, in pieces 3 - 7 cm long, with some shorter lengths, from 48.0 to 55.3 meters and highly altered quartz diorite at 55.3 meters, becoming gradually less highly altered with depth. Sound, fresh quartz diorite is reached at about 96 meters (See photo 2). The hole ^{then} passed through several sections of broken metamorphic rocks, interpreted as xenoliths in the pluton, and the quartz diorite was again altered next to each new contact.

Boring T2 confirmed previous notions about the rocks along the tunnel route. The quartz diorite is altered deeply, probably due to hydrothermal alteration along the contact. This is most likely a manifestation of a high permeability through the granitic rock in the contact aureole. The quartz diorite is also weathered deeply at the surface, but this was not demonstrated by the drill hole as it was collared in schist. At tunnel depth, the quartz diorite properties can be expected to vary from hard, moderately fractured rock to highly altered or even thoroughly decomposed rock. In contrast, the schist and associated quartzite is strong, variably fractured, and generally unweathered except near the surface. The schistosity is non-planar because of refolding. Borehole T 2 may provide an overly pessimistic view of the properties of the quartz diorite as it was drilled through and always lies near the contact. Contacts between dissimilar rock formations are important, weak, permeable surfaces in rock masses in many cases, often with altered, fractured, or sheared rock in either or both walls. Another borehole in quartz diorite, removed from the contact, may give a more favorable impression. Based on T 2, it is certainly preferable to site underground chambers of large size entirely in the metamorphics and to shun the quartz diorite.

Borehole S 1, in the left abutment of the Miel 1 dam site, penetrated 42 meters in schist and aplitic dike rock, The schist was broken in the weathered zone down to 14 meters and was thereafter sound with good RQD. Again, it was observed that the schistosity was highly irregular due to refolding with kink bands. From a depth of 34.5 meters to the bottom of the hole, at 42 meters, the boring penetrated dike rock which was unweathered and unfractured with core lengths of 1 meter (see photo 3). This confirms the previous assumption that the dikes in the dam abutments would be zones of strength, not zones of weakness, since they are sound, unweathered, and unaltered rock.

Miel 2 Dam Site:

Miel 2 dam site is located astride a narrow ridge below the confluence with Rio Pennsylvania (see photos 4 and 5). The geology of the site is currently being mapped but little has yet been accomplished on the left bank as there is virtually no access. A hard metamorphic sequence similar to that of Miel 1 dam site is seen to outcrop in the right side. There are two metamorphic members in this region - - a sound high grade schist with associated quartzite, and a lower grade chloritic and graphitic schist. The former is unquestionably a satisfactory foundation for a rock fill dam. The latter would present problems of rock slope stability and would require careful consideration if it entered the dam site in a critical location. Moreover, rock fill obtained from the graphitic schist would be poor material for rock fill. Regional geologic mapping suggests that the graphitic schist lies outside of the region of influence of the dam but mapping and subsurface exploration is required to establish the site geology before conclusions can be drawn. There is no natural saddle spillway at this site but the ridge on top of the left abutment, seen in photos 4 and 5, is narrow and a high cut can be made without large volume and without endangering the construction operation at the site. There does not appear to be a landslide hazard in the reservoir perimeter.

As noted earlier, Miel 2 dam site has a compound cross section with a steep inner canyon. A gravity concrete block at the base of the concrete face may prove a convenient way of preparing the foundation and smoothing the shape of the dam.

At first sight, it appeared that the inclined step in the topography of the left abutment shown on photo 6 might reflect a previous rock slide so that a portion of the left abutment just downstream of the axis might prove to be composed of large blocks of rock with open joints. However, closer inspection of the rock from the right side looking across to the left showed what appears to be sound rock in place and the initial concern appears to be unjustified. However, some exploration via drill holes will be essential. I recommend a minimum set of 6 to 8 drill holes of moderate depth, say 50 meters, to establish the lithology and character of the bedrock on both abutments, to find the depth to rock below the river, and to assure that the rock

at the proposed spillway cut is satisfactory for a deep open cut. Adits on both abutments would also be helpful in establishing the quality of the foundation but they are not urgently required now if the drill holes can be planned. Because of the steep topography of the left abutment, it may prove more convenient to do some exploration by means of short adits driven from the axis.

According to the regional geological maps, the active Palestina Fault passes through the reservoir near the downstream portal of the Guarino Diversion Tunnel. This has not been confirmed, and might be incorrect. In any event, it has little impact on the dam site since any large dam in the Miel Valley will have to be designed to withstand seismic shaking from a proximate source.

Guarino Tunnel and Diversion of the Guarino River:

The present scheme envisions diverting the flow of the combined Guarino and Santo Domingo Rivers into a tunnel discharging into Miel 2 reservoir ("Pennsylvania Reservoir"). Unfortunately, there is no advantageous dam site at the required elevation along R. Guarino and a four to five million cubic meter embankment would be required just to put water into the tunnel with modest reservoir. A small reservoir would have short life. A simple intake and trash rack is probably more appropriate and there should be little trouble in finding a suitable foundation for such a structure. Furthermore, there are abundant terrace gravels along the Guarino Valley from which concrete aggregate might be acquired.

The geological mapping of the Guarino tunnel corridor is currently in progress. We examined the rock in road cuttings at the downstream terminus of the tunnel and at several points near the line as well as at the intake site. The rock belongs to the low grade chloritic and graphitic schist facies mentioned previously. Low friction angles are inferred from the smooth, slick surfaces of cleavage, which generally dip steeply, and from the occurrence of several small toppling failures in road cuts (see photos 8 and 9). As shown by the drawing appended, an underground opening at depth in a laminated rock in which there is a low coefficient of friction between the

layers may suffer sliding of blocks in one wall and buckling of layers in the opposite wall, possibly acting progressively, with development of large side pressures. In order to prevent this from coming on the lining, it is necessary to provide supports during construction. These supports can be provided by steel sets of curved horseshoe shape with an invert strut, or, preferably, from rock bolts. Shotcrete is an unknown support provision in this kind of ground; it certainly should not be used without some rock bolt support or embedded mesh. Since the latter can interfere with shotcreting, it would be best to use rock bolts. When the layers are steeply dipping, the rock loads can be expected to come from the sides and therefore the rock bolts are preferable to steel sets. If the layers are horizontal, which is probably not the case for any appreciable portion of this tunnel, steel sets can provide good support rather easily. The anchoring of rock bolts can be provided by mechanical expansion shells, or bond in a cement. In graphitic schist, resin bond is required. It would be necessary to embed the bolts entirely within resin or concrete to prevent corrosion but it may not be necessary to provide prestressing. If the rock moves, the stiffness of the steel will provide increasing support. If the rock does not move, the bolt support will not be needed. The amount of motion necessary to mobilize resistance in a rock bolt 3 meters long is tolerable for this rock formation.

The spacing and dimensions of bolts necessary can be calculated if the size of the zone of potential overbreak can be appreciated. Beyond the simple graphical procedure demonstrated in the drawing, an analysis can be made if the initial stresses are known. (This is described in a manuscript I am currently preparing for publication next year. Unfortunately, there is no convenient means for acquiring this information along the tunnel line in advance of construction. We may have better informed opinions about the tunnel conditions to be expected after completion of the surficial geological mapping. Though it is difficult to reach tunnel grade with drill holes, three or four holes should be drilled along the tunnel line - - at each portal and at represent-

ative intermediate locations. If quartz diorite masses are known to occur near the line of the tunnel, depending upon their condition it may be preferable to direct the tunnel line so as to pass through them to reduce the length of tunneling in green schist. Less support should be required in quartz diorite. Several faults and sheared zones seen in outcrop in the schist would necessitate permanent lining for a tunnel passing through them. It is my opinion that lining may be required for significant portions of the tunnel in schist.

Power alternatives for Miel 2:

Power alternatives that should be considered include an underground powerhouse in schist close to the downstream portal under the left side of Miel Valley and a surface powerhouse on a terrace along the left side of R. Miel, slightly downstream from the underground site. Numerous gullies and slumps demonstrate that slopes are creeping and sliding in this region so penstock routes would have to be chosen carefully. The underground powerhouse site appears to be excellent, with a short access and the opportunity to vary the depth of the chambers and their precise location and alignment without penalty. A minimum rock cover of 130 to 150 meters should be optimum. We know nothing about the quality of the bedrock, which appears to be metamorphic rock.

An excellent site exists for a surface powerhouse (photo 7) on decomposed quartz diorite. Drill holes are recommended at both the surface and underground powerhouse sites. An upstream underground development should not be considered because it would involve a long tailrace tunnel through potentially difficult schists at great depth. Surface powerhouse sites below the region of photo 7 would be uneconomical because of the tailwater of Miel 1.

Safety in Blasting during construction:

In a region of graphitic schists, there is the possibility that discharges from lightning sources may transmit potentials in the ground sufficient to cause premature detonation of explosives. Electric blasting caps should be replaced during

times of thunder storms by alternative detonation systems. There are alternatives and an effort should be made to make them available for the job.

Rock Testing:

I propose to perform rock tests for Miel 1 and 2 project studies at Berkeley in the next year after January. The following rock specimens will be required:

1) Samples from Miel 1 for radial permeability tests:

- 2 NX (approximately 2-1/8 inch diameter) cores each at least 5 inches long taken from the abutment of the dam site at shallow depth, e.g. within 30 meters of the surface. Alternatively, one or more blocks of rock from which specimens of such length and diameter can be drilled in the laboratory.

2) Samples from Miel 1 dam site for triaxial compression tests to study the influence of schistosity on the strength and deformability of the rock:

- 3 NX cores at least 5 inches long each with regular schistosity making an angle with the axis of the core between 30 and 45 degrees;

- 3 NX cores at least 5 inches long with schistosity in other directions:

- A block of fresh schist and a block of weathered schist approximately prismatic shaped with dimensions roughly 5 inches by 5 inches by 10 inches.

3) Samples of rock from the Guarino tunnel line for direct shear testing:

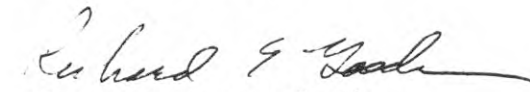
- Two blocks of graphitic schist with dimensions as above and with the schistosity parallel to the large faces of the prisms. After the shear tests, the rock will also be used for durability testing by the slake durability test method.

4) Samples from Miel 1 and Miel 2 dam sites for durability testing:

-miscellaneous lumps of core from low RQD zones in both dam sites for study of slake durability. To be useful, the combined weights of these lumps from each sample should be about 600 grams or more.

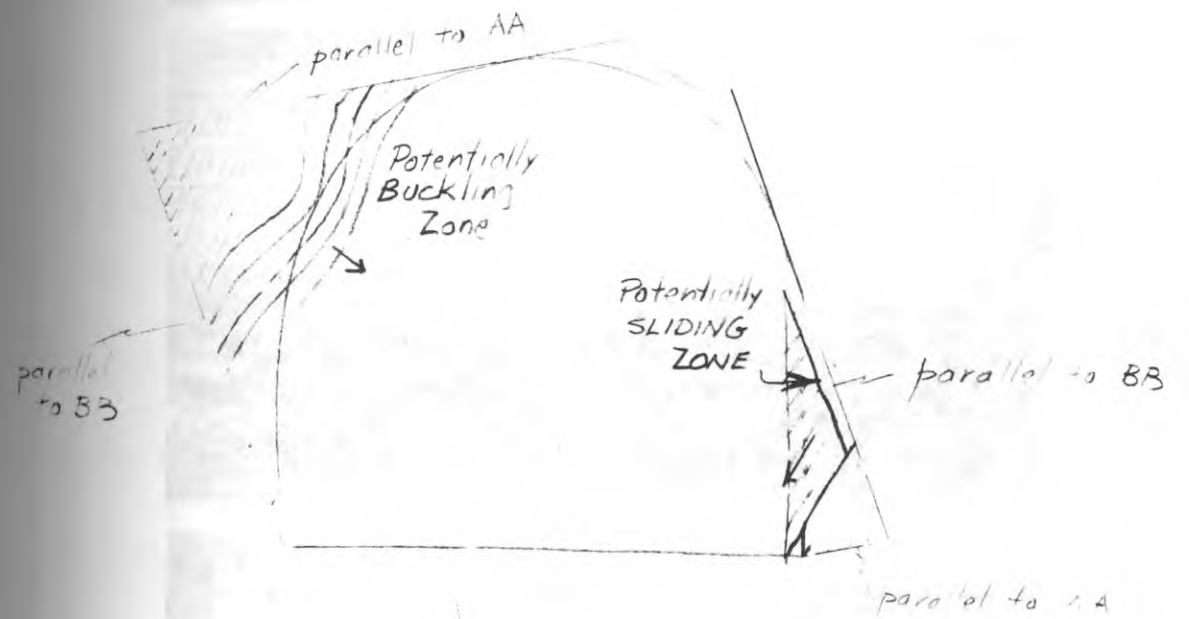
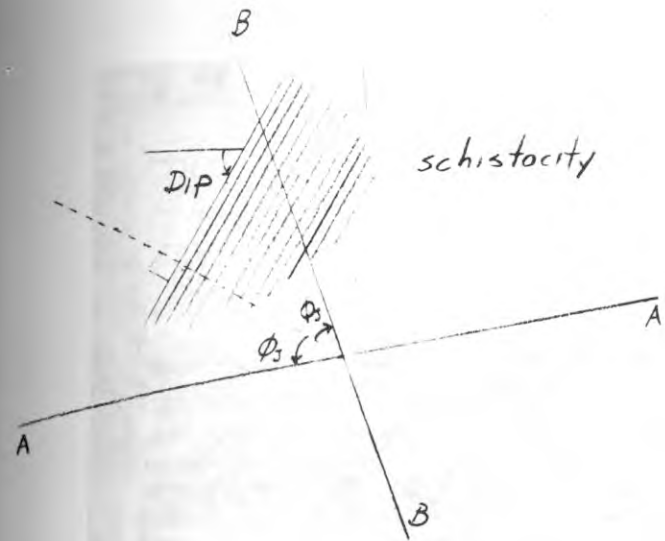
The samples itemized above constitute a minimum set. Additional samples should be provided, if feasible, to permit selection and to accommodate rock breakage in shipment, handling, and specimen preparation. To minimize shipment breakage, pack the rocks in sawdust or wrap them securely with burlap, or soft tropical leaves.

Very sincerely,


Richard E. Goodmanⁿ

enclosure:

- photographs
- drawing illustrating graphical procedure for locating the zones of ground pressure around an underground opening in bedded or schistose rock.



Graphical procedure for locating the zones of ground pressure in an underground opening in bedded or schistose rock.



1. a

Schist



1. b

Gradational
Contact



1. c

Altered qtz
Diorite

CORE FROM BORING T-2
THROUGH THE CONTACT OF SCHIST AND QUARTZ-DIORITE



2 - FRESH QUARTZ DIORITE AT 90 TO 100 METERS DEPTH IN T-2



3 - SOUND GRANITIC DIKE ROCK AT MIEL 1 DAM SITE, HOLE S-1



4 - MIEL 2 DAM SITE VIEWED FROM UPSTREAM



5 - THE RIDGE CAPPING THE LEFT ABUTMENT OF MIEL 2 DAM SITE.
PHOTOGRAPHED FROM THE RIGHT BANK, DOWNSTREAM OF
THE AXIS OF THE DAM



6 - MIEL 2 DAM SITE (LEFT SIDE) - JULY 1978



7 - MIEL 2 SURFACE POWERHOUSE SITE - AUGUST 1978



8/9 - Two examples of "toppling failure", overturning of plates of rock accommodated by sliding along the schistosity, in graphitic schist along road cuts near the line of Guarinó tunnel. - Toppling is a characteristic mode of failure in rocks with smooth, regular bedding or schistosity and is facilitated by steep dips and low friction angles.

APENDICE C
ANEXO 2

Ministerio de Minas y Energía
BIBLIOTECA



Castro, Carlo
La Cavallera
1910

_____, Vaso
del surtido de
1910.

_____, Vaso
del surtido de

Castro, C. P.
Castro Recorrido
de facto
Castro, Cos...

BIBLIOGRAFIA

_____, (Hacia)
Castro (Hacia)
Castro, Cos...

Castro, Geo.
1910, cos 1910

Castro,
del Hacia

Castro Jr.
Castro, 1910

BIBLIOGRAFIA

Barrero, Darío, Alvarez, J., Kassem, T., 1969, Actividad ígnea y tectónica en la Cordillera Central durante el Meso-Cenozoico: Inst. Nal. Inv. Geol. Min. Bol. Geol., v. XVII, no. v. 1-3, p. 147-173

_____, Vesga, C.J., Pérez, H., 1969, Geología del Valle del Río La Miel al sureste de Norcasia, Caldas; Inst. Nal. Inv. Geol. Min., Dir. Regional Ibagué.

_____, Vesga, C.J., 1976, Mapa Geológico del cuadrángulo K-9 Armero y parte sur del J-9 La Dorada; escala 1:100.000; Inst. Nal. Inv. Gol. Min.

Benzinger, C.P., 1976a, Río La Miel Project Feasibility Studies. Report of Geologic Reconnaissance (June): Consorcio Río La Miel; (tr. R. Quintero), Estudios de factibilidad del Río La Miel, informe de reconocimiento geológico - (Junio); Consorcio Río La Miel.

_____, 1976b, Río La Miel Feasibility Studies. Report of Geologic Reconnaissance (November): Consorcio Río La Miel; (tr. R. Quintero), Estudios de Factibilidad del Río La Miel, informe de reconocimiento geológico - (Noviembre): Consorcio Río La Miel.

Botero, Gerardo, 1941, Formaciones geológicas de Antioquia; Minería, v. XIX, nos 111 y 112, p. 9080-9085.

Buitrago, Julio, 1971, Posibles fuentes de energía en el antiguo Caldas; Central Hidroeléctrica de Caldas, S.A., Manizales.

Butler Jr., J.W., 1942, Geology of Honda district, Colombia: Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull., v. 26, no. 5, p. 793-837.

Cardona, Carlos, y Suescún, Darío, 1947, Informe de las minas "La Venturosa" y "El Tesoro", municipio de Marquetalia, departamento de Caldas; serv. Geol. Nal, Inf. no. 599.

Compañía Promotora Metalúrgica Colombiana, s.f., Reportes Oriente, Inédito.

Consortio Río La Miel, 1976-1977, Informes de Geología Nos. 1-11; Consortio Río La Miel.

_____, 1977, Desarrollo Hidroeléctrico del Río La Miel y Hoyas Vecinas, Contrato 3200, etapa A, informe sobre identificación y evaluación de posibles aprovechamientos hidroeléctricos. Inst. Col. En. Elect.

Dal Vesco, E., 1970, Informe Geológico y Geotécnico, Syndibel, Proyecto de La Miel, Informe Preliminar; Central Hidroeléctrica de Caldas S.A. Manizales.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 1955, Panorama geoeconómico del departamento de Caldas: Imp. Nal., Bogotá, 56 p.

_____, s.f., Planchas topográficas, escala 1:100.000, 16-E, 16-F, 17E, y 17-F: División de Zonificación Censal, Bogotá.

Echeverry, Ariel, 1973, Proyecto Hidroeléctrico Río La Miel; Central Hidroeléctrica de Caldas, S.A., Manizales.

_____, 1974, Desarrollo del Río La Miel y sus afluentes; Central Hidroeléctrica de Caldas, S.A., Manizales.

Falconnier, A., 1968, Proyecto de presa en el Río La Miel (Colombia) Informe geológico preliminar, Syndibel, Proyecto de La Miel, Informe Preliminar; Central Hidroeléctrica de Caldas, S.A., Manizales.

Feininger, Thomas, Barrero, Darío y Castro, Nestor, 1972, Geología de parte de los departamentos de Antioquia y Caldas (sub-zona IIB); Inst. Nal. Inv. Geol. Min., Bol. Geol., v. XX, no. 2, 1973 p.

Feininger, Thomas, Barrero, Darío, Castro, Nestor, Ramírez, Octavio, Lozano, Hernando, Vesga, Jairo, et al, 1970, Mapa Geológico del Oriente del Departamento de Antioquia, Colombia (cuadrángulo I-9 y partes de cuadrángulo H-9, H-10, I-10, J-9, y J-10), Hoja No. 2, escala 1:100.000; Inst. Nal. Inv. Geol. Min.

Fetzer, W.G., 1942, Comisión geológica de Caldas; Serv. Geol. Nal., Comp. Est. Geol. Ofic. Colombia, t. V, p. 503-544

García, Antonio, 1937, Monografía de Caldas; Geografía Económica de Colombia, t. IV, Bogotá.

Geocolombia Ltda., 1969, Investigación bibliográfica sobre recursos minerales en los departamentos de Caldas, Quindío y Risaralda; Compañía Minera Atlas, S.A., 2 tomos.

Goodman, R.E., 1978a, Miel I Hydroelectric project, report of geologic reconnaissance; Consorcio Río La Miel; (tr. R. Quintero y M. Monroy), Proyecto Hidroeléctico Miel I, informe de reconocimiento geológico; Consorcio Río La Miel

_____, 1978b, Report of trip to the Miel Project, July 23 to 28, 1978; Consorcio Río La Miel; (tr. R. de la Espriella), Informe sobre el viaje al proyecto Miel, Julio 23 a 28, 197 ; Consorcio Río La Miel.

Hall, R.B., Feininger, T., Alvarez, J., Barrero, D. y Rico, H., 1970, Recursos minerales de parte de los departamentos de Antioquia y Caldas; Inst. Nal. Inv. Geol. Min., Bol. Geol., V. XVIII, no. 2, 90 p.

Instituto Geológico Nacional, s.f., Mapa Geológico de la República de Colombia, planchas J-8, J-9 y K-9, escala 1:100.000; planchas sin publicar, Minist. Min. y Pet.

Irving, Earl M., 1971, La evolución estructural de los Andes más septentrionales de Colombia; Inst. Nal. Inv. Geol. Min., Bolv., Geol., v. XIX. no. 2

Jaramillo, J. M., 1978, Determinación de las edades de algunas rocas de la Cordillera Central de Colombia por el método de huellas de fisión: II Congreso Colombiano de Geología.

Kassem, Taissir, 1968, Guías para identificar rocas ígneas y metamórficas a partir de fotografías aéreas en la mitad norte de la Cordillera Central; Inst. Nal. Inv. Geol. Min., Bol. Geol., v. XVII. no. 1.

Labaree, J. H., y Arango, Jorge, 1974, Mapa Geológico generalizado del departamento del Tolima, escala 1:250.000; Inst. Nal. Inv. Geol. Min.

López, Hilario, 1971, Ocurrencias minerales en el departamento de Caldas; Inst. Nal. Inv. Geol. Min., Inf. no. 1602.

Marsal, R. J., 1978a, Proyecto hidroeléctrico del Río La Miel, Departamento de Caldas (Colombia), Consorcio Río La Miel.

Marsal, R. J., 1978b, Proyectos hidroeléctricos de La Miel I y II, estudios de factibilidad; Consorcio Río La Miel.

Ministerio de Obras Públicas, 1955, Mapa vial de los departamentos de Caldas, Tolima y Valle; escala 1:500.000, Talleres gráficos del Banco de la República.

Ministerio de Hacienda y Crédito Público, 1970, Departamento de Caldas, escala 1:250.000; Instituto Geográfico "Agustín Codazzi".

Ospina, Tulio, 1911, Reseña geológica de Antioquia: Medellín, Imprenta La Organización, 128 p.

Planta Metalúrgica Nacional, 1953, Mapa geográfico y minero de Caldas, escala 1:200.000: Planta Metalúrgica Nacional, Medellín.

Radelli, Luigi, 1965a, Metallogenic belts and "igneous" rock of Colombian Andes Travaux du Laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences de Grenoble, t. 41.

_____, 1965b, Contribution a la géologie de l'occidente Anden Colombien dans les Ddepartaments de Caldas et Antioquia: Travaux de Laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences de Grenoble, v. 41, p. 209-218.

_____, 1967, Géologie des Andes Colombiennes: Grenoble, Travaux de Laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences, Mem. 6, 457 p.

_____, y Pagnacco, P.F., 1962, Sobre algunas mineralizaciones encontradas durante los estudios de campo, relativos a la elaboración de las planchas J-8 y J-9 del mapa geológico de Colombia: Serv. Geol. Nal, Inf. no. 1435.

Restrepo, J. J., Toussaint, J.F. y González, Humberto, 1978, Edades del metamorfismo en la Cordillera Central: II Congreso Colombiano de Geología.

Restrepo, Vicente, 1937, Estudio sobre las minas de oro y plata de Colombia : Anales Esc. Nal, Min., no. 43, p. 1-304.

Schaufelberger, Paul, 1951, Los suelos de ceniza volcánica del departamento de Caldas: Rev. Café Colombia, 10, no. 123, p. 3794-3805.

Servicio Geológico Nacional, 1946, Mapa Geológico del departamento de Antioquia, escala 1:1'000.000: Minist. Min. y Pet.

Servicio Geológico Nacional, 1957, Mapa Geológico de la República de Colombia plancha K-9 "Armero", escala 1:200.000; Minist. Min. y Pet.

_____, 1962, Mapa geológico de Colombia, escala 1:1'500.000: Minist. de Min. y Pet.

Singewald, Q. D., 1950, Mineral resources of Colombia (other than petroleum), U.S. Geol. Survey Bull, 964-B, 204 p., 11 pl., 5 fig.

Syndibel, 1971, Proyecto La Miel informe preliminar: Central Hidroeléctrica de Caldas S.A., Manizales.

Suescún, Darío, y Taborda, Bernardo, 1949, Estudio geológico preliminar de la Formación Honda: Serv. Geol. Nal., Inf. no. 678.

Van Houten, Franklin B, and Travis, R. B., 1968, Cenozoic deposits, Upper Magdalena Valley, Colombia: Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull., v. 52, no 4, p. 675-702.

Vesga, C. J. y Barrero, D., 1978, Edades K/Ar en rocas ígneas y metamórficas de la Cordillera Central de Colombia y su implicación geológica: II Congreso Colombiano de Geología.

APPENDIX C
ANNEX 3

1. Name of the project
2. Location
3. Date of the study
4. Duration of the study
5. Objectives of the study
6. Methodology used
7. Results of the study
8. Conclusions and recommendations

APENDICE C

ANEXO 3

REGISTROS DE PERFORACIONES Y GALERIAS

PERFORACION	LOCALIZACION	COORDENADAS		OBJETIVO	COTA DE SUPERFICIE (m)
		N	E		
Perforación S - 1	Eje de presa , estribo izquierdo .	1'106.831	910.282	Calidad de la roca en Eje de presa	459
Perforación S - 1A	Eje de presa , estribo izquierdo .	1'106.810	910.296	Calidad de la roca en Eje de presa	420
Perforación S - 2	Eje de presa , estribo izquierdo .	1'106.733	910.286	Calidad de la roca a la profundidad de Casa de máquinas subterránea.	353
Perforación S - 3	Pata de la presa, estribo izquierdo	1'106.537	910.069	Calidad de la roca en pata de la presa	279
Perforación S - 4	Pata de la presa, estribo derecho.	1'106.523	910.119	Calidad de la roca en pata de presa	277
Perforación S - 6	Eje de presa , estribo derecho.	1'106.528	910.403	Calidad de la roca en Eje de presa	465
Perforación S - 7	Túnel de rebosadero estribo derecho	1'106.425	910.373	Calidad de la roca a la profundidad del Túnel de Rebosadero.	490
Perforación S - 8	Bocatoma de rebosadero estribo derecho .	1'106.373	910.287	Calidad de la roca en bo- catoma de Rebosadero	460
Perforación T - 1	Túnel de carga , sobre que- brada Tesorito I	1'108.365	911.341	Calidad de la roca a la profundidad del Túnel de carga .	447
Perforación T - 2	Túnel de carga , contacto igneo - metamórfica .	1'108.772	912.300	Calidad de la roca a la profundidad del Túnel de carga.	514
Perforación T - 3	Túnel de fuga , sobre que- brada Tesorito I	1'107.621	911.452	Calidad de la roca a la profundidad del Túnel de fuga.	302
Perforación T - 4	Túnel de fuga, cerca a que- brada La Clara .	1'108.192	913.097	Calidad de la roca a la profundidad del Túnel de fuga.	349
Perforación CM - 1	Casa de máquinas super- ficial.	1'109.533	915.107	Condiciones del subsuelo para fundación	276
Perforación CM - 2	Casa de máquinas super- ficial.	1'109.435	915.146	Condiciones del subsuelo para fundación.	254
Perforación CM - 3	Casa de máquinas super- ficial	1'109.442	915.117	Condiciones del subsuelo para fundación.	252
Perforación CM - 4	Casa de máquinas super- ficial.	1'109.413	915.134	Condiciones del subsuelo para fundación .	247
Perforación CM - 5	Casa de máquinas super- ficial .	1'109.461	915.158	Condiciones del subsuelo para fundación.	261

COTA DE LA ROCA (m)	LONGITUD DE LA PERFORACION (m)	COTA DEL FONDO (m)	ROCA PERFORADA (m)	ROCA RECOBRADA (m)	PORCENTAJE DE RECUPERACION (%)	LITOLOGIA
459	42	417	42	39	92	Esquisto cuarzofeldespático - micáceo y dique pórfido dacítico.
420	110	309	110	107	97	Esquisto micáceo - cuarzofeldespático y dique pórfido dacítico.
349	127	222	193	180	93	Derrubio de pendiente, esquisto cuarzofeldespático - micáceo y dique dacítico.
279	36	243	36	33	92	Esquisto cuarzofeldespático - micáceo con bandas crenuladas de cuarzo.
276	44	234	42	38	90	Deposito aluvial, esquisto cuarzofeldespático micáceo y dique de cuarzo.
463	90	373	89	85	96	Esquisto cuarzofeldespático micáceo y diques dioríticos y dacíticos
485	60	430	56	55	99	Suelo coluvial, derrubio de pendiente y esquisto cuarzofeldespático
460	50	410	50	47	95	Esquisto cuarzofeldespático micáceo
432	70	377	55	48	88	Cuarzodiorita y dique dacítico.
506	138	375	131	86	66	Esquisto cuarzofeldespático - micáceo, cuarcita, dique aplítico y diorita
300	85	217	84	64	77	Cuarzodiorita.
349	110	238	110	81	73	Esquisto micáceo-grafitoso y diques pórfido dacíticos.
243	38	238	5	4	83	Derrubio de pendiente (32.5m. de espesor), esquisto aluminico-grafitoso con intercalaciones de mármol
217	45	209	8	4	50	Derrubio de pendiente (36.5 m. de espesor), esquisto aluminico-grafitoso con intercalaciones de mármol.
213	47	205	8	6	85	Derrubio de pendiente (39.5 m de espesor), esquisto aluminico-grafitoso con intercalaciones de mármol
218	45	218	16	12	75	Derrubio de pendiente (28.7m. de espesor), esquisto aluminico-grafitoso con intercalaciones de mármol
204	60	201	3	2	73	Derrubio de pendiente (56.5m. de espesor), esquisto aluminico-grafitoso con intercalaciones de mármol



INSTITUTO COLOMBIANO
DE ENERGIA ELECTRICA
CENTRAL HIDROELECTRICA
DE CALDAS



DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL
PROYECTO MIEL I - FACTIBILIDAD TECNICA

CUADRO DE RESUMEN
DE PERFORACIONES

CONSORCIO RIO LA MIEL
REGISTRO DE PERFORACION

PERFORACION N° S-1 LOCALIZACION $\left\{ \begin{array}{l} N \ 11^{\circ}06'33.10'' \\ E \ 107^{\circ}28'2.83'' \end{array} \right.$ FECHA INICIACION Mayo 28/78 TERMINACION Junio 23/78

INCLINACION Y RUMBO Vertical PROFUNDIDAD 41.87 mts. COTAS $\left\{ \begin{array}{l} SUPERFICIE \ 459.10 \text{ mts.} \\ ROCA \ 459.10 \text{ mts.} \\ FONDO \ 417.23 \text{ mts.} \end{array} \right.$ $\left\{ \begin{array}{l} PERFORADA \ 41.87 \\ RECOBRADA \ 38.65 \\ PORCENTAJE \ 92.3\% \end{array} \right.$

PROF. METROS	REVESTIMIENTO	ESTRATOS	DESCRIPCION	AGUA	BROCA	CAJA	PROFUNDIDAD METROS	RECOBRO		ENSAYOS DE PRESION LUGEONS					DIACLASAS BUZAMIENTO CON LA VERTICAL				OBSERVACIONES
								%	R.Q.D.	10	20	30	40	60	a	b	c	d	
			Esquisto (es) micaseo con fracturas oxidadas				0.61	95	0										
			Esquisto (es) micaseo cuarzo-feldespatico, fracturación discontinua, foliación de 70°				1.03	100	100										
			Esquisto (es) micaseo cuarzo-feldespatico con fracturas paralelas a la foliación oxidadas				1.30	81	0										
			Esquisto (es) micaseo con vetas irregulares de cuarzo-feldespato. La fracturación es cerada, discontinua, escasa y paralela a los planos de esquisto				2.20	75	65										
								95	65										
								100	100										
								85	65										
			Esquisto (es) micaseo cuarzo-feldespatico				4.90												
								98	100										
								64	40										
								100	85										
			Esquisto (es) cuarzo-feldespatico, micaseo					100	100										
								100	95										
								64	40										
			Esquisto (es) biotitico, cuarzo-micaseo					100	80										
			Esquisto (es) biotitico, cuarzo-feldespatico, fracturado					45	25										
			Zona de fracturación en esquisto cuarzo-feldespatico, micaseo					33	0										
			Esquisto (es)					40	0										
								80	0										
			Esquisto (es) cuarzo-feldespatico-micaseo, fracturas cubiertas por película de óxido					95	75										
			Esquisto (es) fracturado paralelamente a la foliación					90	45										
			Esquisto (es) cuarzo-feldespatico-micaseo, fracturado					90	45										
			Esquisto (es) feldespatico cuarzo-micaseo con regulación					85	85										
								100	100										
								94	100										
								100	100										

R.Q.D. - Rock Quality Designation "Indice de Calidad de Roca."
UNIDAD LUGEON - Toma de litros a 10K/cm² en tramo de 1.0 m en diámetro Nx.

CONSORCIO RIO LA MIEL
REGISTRO DE PERFORACION

PERFORACION N° S - 1

PROYECTO MIEL

PROF. METROS	REVESTIMIENTO	ESTRATOS	DESCRIPCION	AGUA	BROCA	CAJA N°	PROFUNDIDAD METROS	RECOBRO		ENSAYOS DE PRESION LUGEONS				DIACLASAS BUZAMIENTO CON LA VERTICAL				OBSERVACIONES	
								%	R.Q.D.	10	20	30	40	60	a	b	c		d
			Esquisto (es) cuarzófeldeopático, micáceo, con diaclasas verticales. La foliación varía entre 60° y 90°				4	100	100							90°			
							23,80												
25			Esquisto (es) feldespático cuarzo-micáceo. Foliación paraverticial crenular. La fracturación es escasa y paralela a la foliación				24,73	100	95										
							26,80												
			Esquisto (es) feldespático cuarzo-micáceo. Foliación entre 60° y 70°				28,48	100	75										
							29,00												
30							31,00	100	95										
							31,80	97	70										
			Con láminas de calcita en los planos de fractura				32,21	94	55										
							34,50	100	90										
35			Dique (Kdnd) pórfido dacítico, gris oscuro a gris. El contacto con el esquisto que lo cubre es neto y sellado. Con fracturas escasas, cubiertas de calcita y clorita				35,93	100	85										
							39,56	100	100										

R.Q.D. - Rock Quality Designation "Indice de Calidad de Roca"
UNIDAD LUGEON - Toma de litros a 10K/cm² en tramo de 1.0m en diámetro

CONSORCIO RIO LA MIEL
REGISTRO DE PERFORACION

PERFORACION N° S-1

PROYECTO MIEL I

PROF. METROS	REVESTIMIENTO	ES TRATOS	DESCRIPCION	AGUA	BROCA	CAJA N°	PROFUNDIDAD METROS	RECOBRO		ENSAYOS DE PRESION LUGEONS					DIACLASAS BUZAMIENTO CON LA VERTICAL				OBSERVACIONES	
								%	R.Q.D.	10	20	30	40	60	a	b	c	d		
			Idem	PERDIDA	N° M	0	41,87	100	100											
			FIN DEL SONDEO A	41,87			METROS													

R.Q.D. - Rock Quality Designation "Indice de Calidad de Roca"

UNIDAD LUGEON - Toma de litros a 10K/cm² en tramo de 1.0m en diámetro

CONSORCIO RIO LA MIEL
REGISTRO DE PERFORACION

PERFORACION N° 5-1A LOCALIZACION $\begin{cases} N 110.8100 \\ E 10296.03 \end{cases}$ FECHA INICIACION Julio 15/78 TERMINACION Sept. 4/78
 INCLINACION Y RUMBO Vertical PROFUNDIDAD 110.20 mts. COTAS $\begin{cases} SUPERFICIE 419.54 \text{ mts.} \\ ROCA 419.54 \text{ mts.} \\ FONDO 309.36 \text{ mts.} \end{cases}$ $\begin{cases} PERFORADA 110.20 \text{ mts.} \\ RECOBRADA 107.27 \text{ mts.} \\ PORCENTAJE 97.34\% \end{cases}$

PROF. METROS	REVESTIMIENTO	ESTRATOS	DESCRIPCION	AGUA	BROCA	CAJA N°	PROFUNDIDAD METROS	RECOBRO		ENSAYOS DE PRESION LUGEONS					DIACLASAS BUZAMIENTO CON LA VERTICAL				OBSERVACIONES			
								%	RQD.	10	20	30	40	60	a	b	c	d				
0-20	N	GRS CLARA	Esquistos (es) micáceo, cuarzo feldespático, crenular, fracturado, fresco. Caras de fracturas oxidadas. Hay cuatro sistemas de diaclasas: 1. Paralelo a la foliación entre 90° y 60° 2. Vertical, no coincide con la foliación 3. Corta la foliación con inclinaciones entre 70° y 30° 4. Aleatorio			1	4.40	85	30							30°	60°	70°	80°			
			Esquistos (es) micáceo, cuarzo feldespático, bandedado, crenular, fresco, moderadamente fracturado. 1. Diaclasas paralelas a la foliación entre 75° y 90° algo oxidadas 2. Diaclasas perpendiculares a la foliación entre 40° y 70°						7.45	100	95							40°	70°			
			Dique (kdph) pórfido-dacítico, sano, fresco, en la base. Diaclasa de 68°						8.03	100	100							55°	68°			
									8.50													
			Esquistos (es) feldespático, cuarzo-micáceo, gris, bandedado acrenular, sano, con fracturas fracturadas 1. Diaclasas con superficies cloritizadas cubiertas con calcita y pirita; con 70° de inclinación 2. Diaclasas verticales, paralelas a la foliación cubiertas con calcita, feldespato y pirita 3. Diaclasas con 60° y 70° de inclinación con paredes cubiertas con calcita y pirita						9.50	100	86											
									11.80	100	95							50°	70°			
									12.70													
			Diaclasas con superficies oxidadas entre 13.70 y 14.0 metros Diaclasas cloritizadas, pirritizadas y oxidadas entre 90° y 80°						15.47	95	75							50°	80°			
									16.65	100	70											
									19.60	100	95											

RQD - Rock Quality Designation "Indice de Calidad de Roca."
UNIDAD LUGEON - Toma de litros a 10K/cm² en tramo de 1.0 m en diámetro Nx.

CONSORCIO RIO LA MIEL
REGISTRO DE PERFORACION

PERFORACION N° 1-A

PROYECTO MIEL I

PROF. METROS	REVESTIMIENTO	ESTRATOS	DESCRIPCION	AGUA	BROCA	CAJA N°	PROFUNDIDAD METROS	RECOBRO		ENSAYOS DE PRESION LUGEONS				DIACLASAS BUZAMIENTO CON LA VERTICAL				OBSERVACIONES			
								%	R.Q.D.	10	20	30	40	60	a	b	c		d		
			Tres diaclasas cloritizadas con piritita y calcita de 55°			6		100	95												
			Esquistos (es) micáceos feldespáticos grises verdosos, fracturados. Fracturas paraverticales oxidadas. Diaclasas cloritizadas con piritita y calcita de inclinación. Algunas diaclasas están piritizadas y calcitizadas. Mineralización del granito en forma de nódulos. Metacristales de feldespato recubriendo superficies cloritizadas.			7	22.70														
25						7	26.43	75	45							45°	60°				
				GRIS CLARO		8															
30			Esquistos (es) micáceos feldespáticos grises, bandeado a crenular, sano, con sectores fracturados menores de 0.5 m. de espesor. Fracturas recubiertas con piritita.			8	31.86														
						9															
35			Fractura abierta a 35.40 m. por donde se perdió el agua. La abertura de la fractura perpendicular a la foliación tiene unos 0.003 m. de espesor y un ángulo de 70° de inclinación. Diaclasas que son paralelas a la foliación entre 40° y 70° de inclinación.			9	35.43	100	95												
						10										40°	70°				
40						10	39.00	100	100												

CONSORCIO RIO LA MIEL
REGISTRO DE PERFORACION

PERFORACION N° S 1-A

PROYECTO MIEL I

PROF. METROS	REVESTIMIENTO	ESTRATOS	DESCRIPCION	AGUA	BROCA	CAJA N°	PROFUNDIDAD METROS	RECOBRO		ENSAYOS DE PRESION LUGEONS					DIACLASAS BUZAMIENTO CON LA VERTICAL				OBSERVACIONES		
								%	R.Q.D.	10	20	30	40	60	a	b	c	d			
								100	88												
			Fracturas verticales con películas de dorita, piritita y feldespatito				41.70														
			Esquisto (es) micáceo, cuarzo feldespatítico, con diaclasas lisas, cerradas, con superficies cloritizadas cubiertas con películas de feldespatito y piritizadas, que tienen entre 45° y 70° de inclinación paralelas a la foliación; y otras verticales con características iguales a las anteriores.				42.30	100	0												
			En 45,43 mts. diaclasa de paredes oxidadas con 0.5 a 1.0 cm. de abertura por la que se perdió el agua				43.49														
			Esquisto (es) micáceo, cuarzo feldespatítico, con diaclasas cerradas de superficies cloritizadas cubiertas con películas de calcita y piritita en las cuales se observan estrías de cizallamiento.				48.00	100	95					45°	70°	90°					
			En los esquistos se observan venas y bandas de cuarzo feldespatito de forma irregular. La inclinación de la foliación en los esquistos varía entre 30° y 70° y en algunos casos se observan diaclasas verticales, orientadas perpendicularmente a la foliación				49.65														
							51.00	95	75												
							52.50	100	75					30°	70°	90°					
							54.00	100	80												
							57.00														
							58.00	100	90												
			Esquisto (es) feldespatítico cuarzo-micáceo con diaclasas cerradas con superficies cloritizadas, cubiertas con películas de calcita piritizada					100	100												

R.Q.D. - Rock Quality Designation "Indice de Calidad de Roca"

UNIDAD LUGEON - Toma de litros a 10K/cm² en tramo de 1.0m en diámetro



CONSORCIO RIO LA MIEL
REGISTRO DE PERFORACION

PERFORACION N° 61-A

PROYECTO MIEL I

PROF. METROS	REVESTIMIENTO	ESTRATOS	DESCRIPCION	AGUA	BROCA	CAJA N°	PROFUNDIDAD METROS	RECOBRO		ENSAYOS DE PRESION LUGEONS					DIACLASAS BUZAMIENTO CON LA VERTICAL				OBSERVACIONES
								%	R.Q.D.	10	20	30	40	60	a	b	c	d	
			El ángulo de inclinación de las diaclasas oscila entre 45° - 70° con dirección variable				15	100	100							45°	70°		
			Esquisto(es) cuarzofeldespático micáceo, con bandas irregulares y discontinuas de cuarzo feldespato de 0.3 a 1.5 cm de espesor. A 62.50 m. se presenta una fractura múltiple, en donde se perdió el agua, con superficies oxidadas, que afecta una zona de 0.02 m. de espesor con inclinación parahorizontal. Se observan diaclasas cerradas, lisas, con películas de calcita, piritita y superficies cloritizadas. Algunas diaclasas presentan superficies con estrías de fricción	GRIS CLARA			61.36												
65				Perdida			16												
			Esquisto (es) cuarzofeldespático micáceo, con crenulaciones de cuarzofeldespato. Las diaclasas son cerradas, lisas, con superficies cubiertas por películas de calcita y algunas con piritita recristalizada. En el intervalo 73.05-73.50 se presenta un dique pegmatítico, con contactos sellados, paralelos a la foliación				70.00												
					BQ		70.40												
					GRIS CLARA		74.70												
75			Esquisto (es) Fracturado con diaclasas paralelas a la foliación				75.20	80	0										
			Esquisto (es) cuarzofeldespático micáceo con bandas y nudos de cuarzofeldespato. Entre 75.6 - 77.2, el esquisto se encuentra cloritizado y diaclonado. Las diaclasas son lisas				77.20	95	80										
			Esquisto (es) cuarzofeldespático micáceo, con crenulaciones de cuarzofeldespato. Diaclasas con superficies cloritizadas, algunas con señales de cizallamiento cubiertas con películas de calcita recristalizada				77.70	100	55										
							79.59	100	85										
80							20	100	100										

R.Q.D. - Rock Quality Designation "Indice de Calidad de Roca"

UNIDAD LUGEON - Toma de litros a 10K/cm² en tramo de 1.0m en cilindro de 1.5"

CONSORCIO RIO LA MIEL
REGISTRO DE PERFORACION

PERFORACION N° S-1A

PROYECTO MIEL 1

PROF. METROS	REVESTIMIENTO	ESTRATOS	DESCRIPCION	AGUA	BROCA	CAJA N°	PROFUNDIDAD METROS	RECOBRO		ENSAYOS DE PRESION LUGEONS					DIACLASAS BUZAMIENTO CON LA VERTICAL				OBSERVACIONES	
								%	R.Q.D.	10	20	30	40	60	a	b	c	d		
			Esquistos (es) cuarzofeldespático-micáceo, con bandas y crenulaciones de cuarzo feldespático con pocas fracturas cerradas, lías y recubiertas por películas de calcita y pirita. La pirita presenta forma cristalina.				20	100	100											
							84.10													
			Esquistos (es) fracturado				85.30													
							86.20	100	0											
			Esquistos (es) cuarzofeldespático micáceo, con bandas irregulares y discontinuas de cuarzo feldespático. El esquistos es fresco, duro y masivo.				21													
							88.70													
							89.10													
							89.70	100	37											
			Esquistos (es) cuarzofeldespático micáceo, gris pardo, fresco y resistente, con bandas y crenulaciones de cuarzo feldespático.																	
								100	100											
							93.95													
			Dique Pórfido Dacítico (Kcpd) gris claro, masivo, fresco, diaclasado y resistente, con matriz afanítica.					100	66											
							95.30													
			Esquistos (es) cuarzofeldespático micáceo, gris pardo, fresco, resistente y crenulado. Diaclasas lisas, cerradas y frescas, algunas con superficies cubiertas con películas de calcita. La foliación es muy irregular.					100	100											
			Dique Pórfido Dacítico (Kcpd) gris claro, masivo, fresco, poco diaclasado, de matriz afanítica.					100	95											

R.Q.D. - Rock Quality Designation "Indice de Calidad de Roca"

UNIDAD LUGEON - Toma de litros a 10K/cm² en tramo de 1.0m en diámetro

CONSORCIO RIO LA MIEL
REGISTRO DE PERFORACION

PERFORACION Nº IS 1-A

PROYECTO MIEL I

PROF. METROS	REVESTIMIENTO	ESTRATOS	DESCRIPCION	AGUA	BROCA	CAJA Nº	PROFUNDIDAD METROS	RECOBRO		ENSAYOS DE PRESION LUGEONS					DIACLASAS BUZAMIENTO CON LA VERTICAL				OBSERVACIONES
								%	R.Q.D.	10	20	30	40	60	a	b	c	d	
			Las diaclasas en el dique son lisas y cerradas, algunas están soldadas con cuarzo feldespato. Las paredes de algunas diaclasas están poco cloritizadas y cubiertas con películas de calcita				102.20	100	95										
								100	92										
105			El dique presenta un xeno lito entre 104.70 y 108.80 m. de esquistos (es) cuarzo feldespato micáceo con metasomatosis, cloritizado parcialmente			BQ	104.70												
								100	96										
			Diaclasas con superficies cloritizadas, paredes recubiertas por calcita				108.80												
							110.20												
			FIN DEL SONDEO A 110.20 METROS																

R.Q.D. - Rock Quality Designation "Indice de Calidad de Roca"

UNIDAD LUGEON - Toma de litros a 10K/cm² en tramo de 1.0m en diámetro

CONSORCIO RIO LA MIEL
REGISTRO DE PERFORACION

PERFORACION N° S-2 LOCALIZACION $\left\{ \begin{array}{l} N: 1.06,733,49 \\ E: 910,296,44 \end{array} \right.$ FECHA INICIACION Sept. 12/78 TERMINACION Enero 5/79
 INCLINACION Y RUMBO 49° PROFUNDIDAD 198.85 mts. COTAS $\left\{ \begin{array}{l} SUPERFICIE: 353.08 \text{ mts.} \\ ROCA: 348.81 \text{ mts.} \\ FONDO: 222.33 \text{ mts.} \end{array} \right.$ $\left\{ \begin{array}{l} PERFORADA: 192.65 \text{ mts.} \\ RECOBRADA: 179.89 \text{ mts.} \\ PORCENTAJE: 93.4\% \end{array} \right.$

PROF. METROS	REVESTIMIENTO	ESTRATOS	DESCRIPCION	AGUA	BROCA	CASA	PROFUNDIDAD METROS	RECOBRO		ENSAYOS DE PRESION LUJGEONS					DIACLASAS BUZAMIENTO CON LA VERTICAL				OBSERVACIONES	
								%	RQD	10	20	30	40	60	a	b	c	d		
			Derrubio de Pendiente (Qdp) conformado por fragmentos angulares y meteorizados de esquistos feldspático, micáceo. El tamaño de los fragmentos varía entre 1.0 y 5.0 cm. y presentan superficies oxidadas		GRIS				6	0										
			Esquisto (es) cuarzo-feldspático-micáceo, poco resistente, meteorizado y fracturado. Las diaclasas son abiertas y oxidadas				6.20													
							6.80	100	66											
			Fracturación intensa				8.80		15	0										
			Disminuye fracturación				10.20		27	0										
							11.65	100	41						45°	75°	90°			Las inclinaciones de diaclasas y foliación están dadas con respecto al eje de la perforación
			Dique Dacítico (Kdd), gris oscuro, de textura afanítica, duro, fresco y fracturado. Diaclasas lisas, cerradas o abiertas (entre 1-3 mm) cubiertas por una película de óxido				12.80	67	8											
							14.92	100	38											
							15.67	85	0						20°	60°	67°	75°		A 16.30 fuga de agua a través de planos de diaclasa
							17.05	96	43											
							18.58	37	9											
			Esquisto (es) cuarzo-feldspático-micáceo, duro, fresco, masivo, con bandas irregulares de 1.0-3.0 cm.				18.80	41	0						11°	40°	52°	71°		
								100	93											

RQD - Rock Quality Designation "Indice de Calidad de Roca."
UNIDAD LUJGEON - Toma de litros a 10K/cm² en tramo de 1.0 m en diámetro Nx.

CONSORCIO RIO LA MIEL
REGISTRO DE PERFORACION

PERFORACION N° S-2

PROYECTO MIEL I

PROF. METROS	REVESTIMIENTO	ESTRATOS	DESCRIPCION	AGUA	BROCA	CAJA N°	PROFUNDIDAD METROS	RECOBRO		ENSAYOS DE PRESION LUGEONS					DIACLASAS BUZAMIENTO CON LA VERTICAL				OBSERVACIONES		
								%	R.Q.D.	10	20	30	40	60	a	b	c	d			
			de espesor. Foliación irregular. Diaclasas lisas y cerradas, con buzamientos entre 71° y 10°																		
25	CEMENTO			GRIS CLARA			23.75														
30			Cuatro sistemas de diaclasas, con superficies cubiertas por películas de calcita	PERDIDA			29.56														
35			Cristales de granate en las bandas micáceas del esquist. Cuatro sistemas de diaclasas				34.35														
40							38.80														

A 37.80 metros se encuentra agua artesiana
Q = 13.5 Lts/min
H = 10.0 metros

R.Q.D. - Rock Quality Designation "Indice de Calidad de Roca"
UNIDAD LUGEON - Toma de litros a 10K/cm² en tramo de 1.0m en diámetro Nx.

CONSORCIO RIO LA MIEL
REGISTRO DE PERFORACION

PERFORACION Nº

PROYECTO MIEL I

PROF. METROS	REVESTIMIENTO	ESTRATOS	DESCRIPCION	AGUA	BROCA	CAJA Nº	PROFUNDIDAD METROS	RECOBRO		ENSAYOS DE PRESION LUGEONS					DIACLASAS BUZAMIENTO CON LA VERTICAL				OBSERVACIONES
								%	R.Q.D.	10	20	30	40	60	a	b	c	d	
					N x M			98	97						22°	46°	55°	58°	
			Esquisto (es) cuarzofeldespático, micáceo, crenular fresco y sano				42.30												
						10		100	93						0°	41°	48°	62°	
							45.17												
								100	41						0°	40°	53°	61°	
							47.35												
								100	53						35°	48°	60°	67°	
			Dique Dacítico (Kdd) afanítico, gris, fresco, duro, algo cloritizado, con fracturas lisas y cerradas			11		100	40						35°	46°	50°	61°	
			Esquisto (es) cuarzofeldespático, micáceo, fracturado y cloritizado			BQ									25°	35°	53°	63°	
							51.41								70°	80°			
			Esquisto (es) idem anterior, bandeado					100	100						55°	60°			
						12													
							53.05												
							54.48		70						48°	58°	60°	67°	
							56.28		78						65°	72°	80°		
			Diáclasis lisas, cerradas, con paredes cubiertas por películas de calcita y/o pirita			13									67°	75°			
															42°	70°	77°	83°	
			Foliación: 83° - 90°				59.33												
								100	86										

A 47.35 mts. agua artesiada
Q = 15.1 lts/min.
H = 15.0 mt.

R.Q.D. - Rock Quality Designation "Índice de Calidad de Roca"

UNIDAD LUGEON - Toma de litros a 10K/cm² en tramo de 1.0m en diámetro Nx

CONSORCIO RIO LA MIEL
REGISTRO DE PERFORACION

PERFORACION N° 6-2

PROYECTO MIEL I

PROF. METROS	REVESTIMIENTO	ESTRATOS	DESCRIPCION	AGUA	BROCA	CAJA N°	PROFUNDIDAD METROS	RECOBRO		ENSAYOS DE PRESION LUGEONS				DIACLASAS BUZAMIENTO CON LA VERTICAL				OBSERVACIONES	
								%	R.Q.D.	10	20	30	40	60	a	b	c		d
							60.60	100	86										
			Esquistos (es) idem anterior, muy fracturado. Presenta diaclasas lisas, cerradas, bien desarrolladas y con paredes cubiertas por calcita y pirita.					100	40										
			Poco fracturado			14	62.80												
								97	81					45°	70°	70°	82°		
65			Foliación: 75° - 90°				64.90												
						15		100	88										
							68.34												
			Dique dacítico (Kdd) gris oscuro, duro, fresco y fracturado					91	21					36°	53°	65°	70°		
70			Esquistos (es) cuarzofeldspático, mica, gris, duro, fresco, poco fracturado y crenulado. Diaclasas lisas, cerradas, algunas con superficies levemente cloritizadas. Otras con paredes cubiertas por películas de calcita y pirita				69.83												
								97	92										
							73.15							66°	70°	75°	84°		
								100	84										
75							76.15												
								100	96					32°	45°	55°	70°		
80							79.79												

El sistema de diaclasas más desarrollado es paralelo a la foliación

Las diaclasas más desarrolladas y de mayor incidencia son paralelas a la foliación

R.Q.D. - Rock Quality Designation "Indice de Calidad de Roca"

UNIDAD LUGEON - Toma de litros a 10K/cm² en tramo de 1.0m en diámetro Nx.

CONSORCIO RIO LA MIEL
REGISTRO DE PERFORACION

PERFORACION N° 5 - 2

PROYECTO MIEL I

PROF. METROS	REVESTIMIENTO	ESTRATOS	DESCRIPCION	AGUA	BROCA	CAJA N°	PROFUNDIDAD METROS	RECOBRO		ENSAYOS DE PRESION LUGEONS				DIACLASAS BUZAMIENTO CON LA VERTICAL				OBSERVACIONES	
								%	R.Q.D.	10	20	30	40	60	a	b	c		d
			Esquisto (es) idem al anterior. Foliación: 55° - 60°				80,90	95	54										
							18								32°	45°	56°	60°	
							83,25	98	93										
85								100	85										
							19												
			Diáclisas cerradas, lisas a irregulares, con superficies frescas, levemente cloritizadas. Algunas con superficies cubiertas con películas de calcita				86,15								50°	60°	65°	73°	
								100	71										
							20												
90							89,55												
								100	70										
			Foliación: 83° - 90°																
							92,85								62°	65°	72°	82°	
							21												
95								100	72										
			Fracturado				96,50												
								91	83						65°	76°			
							22												
100																			

R.Q.D. - Rock Quality Designation "Indice de Calidad de Roca"
UNIDAD LUGEON - Toma de litros a 10K/cm² en tramo de 1.0m en diámetro Nx.

CONSORCIO RIO LA MIEL
REGISTRO DE PERFORACION

PERFORACION N° S-2

PROYECTO MIEL I

PROF. METROS	REVESTIMIENTO	ESTRATOS	DESCRIPCION	AGUA	BROCA	CAJA N°	PROFUNDIDAD METROS	RECOBRO		ENSAYOS DE PRESION LUGEONS				DIACLASAS BUZAMIENTO CON LA VERTICAL				OBSERVACIONES	
								%	R.Q.D.	10	20	30	40	60	a	b	c		d
							100,20												
			Esquisto (es) Idem anterior. Diaclasas cerradas, lisas a irregulares, cloritización incipiente en las superficies y/o películas de piritita				22												
								98	58						60°	68°	72°	77°	
							103,50												
							23												
105								100	76						35°	53°	67°	78°	Los sistemas c y d son más desarrollados y paralelos a la foliación
			Foliación: 67° - 77°																
							106,68												
								100	75						46°	55°	62°	71°	
							24												
110				CLARA	BQ														
							110,25												
								100	78						30°	65°	73°		
							112,57												
			Cuarcita (nq) blanca, lechosa, dura, fresca y sana				25												
								100	99						30°	35°	50°		
							114,52												
115			Esquisto (es) cuarzo-feldespático-micáceo, gris, duro, fresco, sano, de grano medio y crenulado					100	68						45°	63°	70°		
							116,17												
							26												
			Diaclasas lisas, cerradas con superficies poco cloritizadas o cubiertas con películas de calcita					100	83						33°	45°	64°	70°	
							119,17												
120								100	77										

R.Q.D. - Rock Quality Designation "Indice de Calidad de Roca"
UNIDAD LUGEON - Toma de litros a 10K/cm² en tramo de 1.0m en diámetro Nx.



CONSORCIO RIO LA MIEL
REGISTRO DE PERFORACION

PERFORACION N° S-2

PROYECTO MIEL I

PROF. METROS	REVESTIMIENTO	ESTRATOS	DESCRIPCION	AGUA	BROCA	CAJA N°	PROFUNDIDAD METROS	RECOBRO		ENSAYOS DE PRESION LUGEONS					DIACLASAS BUZAMIENTO CON LA VERTICAL				OBSERVACIONES	
								%	R.Q.D.	10	20	30	40	60	a	b	c	d		
			Esquisto (es) Idem al anterior					100	77							33°	45°	64°	70°	Los sistemas a y b son perpendiculares a la foliación, y los sistemas c y d paralelos a la misma.
			Aumenta fracturación				121,87													
																				Sistemas a y b presentan el mayor desarrollo.
			El esquisto se hace menos fracturado				124,67	100	45								35°	50°	58°	
125																				Las diaclasas más desarrolladas cortan la foliación perpendicularmente.
			Foliación: 38° - 60°				128,23	94	90								30°	33°	60°	
																				A 137,0 metros agua artesiana: Q = 227,1 Lts/min. H = 35,0 metros
							131,23	98	86								29°	46°	80°	
130																				
							134,23	97	88								30°	38°	58°	
			Esquisto (es) Idem al anterior, más fracturado				135,98	100	87								29°	65°	70°	
135																				
							139,63	99	35								30°	40°	50°	
140			Planos de diaclasas cubiertos por pátinas de cloritización y/o películas de calcita					96	12											

R.Q.D. - Rock Quality Designation "Indice de Calidad de Roca"
UNIDAD LUGEON - Toma de litros a 10K/cm² en tramo de 1.0m en diámetro Nx.

CONSORCIO RIO LA MIEL
REGISTRO DE PERFORACION

PERFORACION N° S - 2

PROYECTO MIEL I

PROF. METROS	REVESTIMIENTO	ESTRATOS	DESCRIPCION	AGUA	BROCA	CAJA N°	PROFUNDIDAD METROS	RECOBRO		ENSAYOS DE PRESION LUGEONS					DIACLASAS BUZAMIENTO CON LA VERTICAL				OBSERVACIONES	
								%	R.Q.D.	10	20	30	40	60	a	b	c	d		
			Foliación : 50° - 70°					96	12							30°	65°	75°	78°	
							142.83													
			Esquisto (es) idem al anterior, con bandas irregulares de 0.2-5.0 cm. de espesor. Diaclasas lisas, cerradas, con superficies levemente cloritizadas, cubiertas con películas de clacita, con trazas de pirita					89	57								48°	55°	65°	
145							145.83													
								100	62								30°	67°	77°	
							148.58													
								100	53								28°	48°	65°	
							150.10													
								100	77								50°	57°	70°	
							153.11													
			Foliación : 43° - 70°																	
								100	97								30°	43°	53°	Los sistemas más desarrollados son paralelos a la foliación
155																				
							156.11													
								99	76								46°	51°	60°	
							159.11													
160								98	64								45°	56°	60°	

R.Q.D. - Rock Quality Designation "Indice de Calidad de Roca"

UNIDAD LUGEON - Toma de litros a 10K/cm² en tramo de 1.0m en diámetro Nx.

CONSORCIO RIO LA MIEL
REGISTRO DE PERFORACION

PERFORACION Nº S-2

PROYECTO MIEL I

PROF. METROS	REVESTIMIENTO	ESTRATOS	DESCRIPCION	AGUA	BROCA	CAJA Nº	PROFUNDIDAD METROS	RECUBRO		ENSAYOS DE PRESION LUGEONS					DIACLASAS BUZAMIENTO CON LA VERTICAL				OBSERVACIONES	
								%	R.Q.D.	10	20	30	40	60	a	b	c	d		
			Esquistos (es) Idem al anterior, con alto grado de fracturación mecánica				180.40	100	79							39°	44°	48°	69°	
								38	17							45°	50°	66°		
							183.40													
185								91	79							51°	63°			
			Diaclasas lisas, cerradas, en su mayoría con superficies frescas a levemente cloritizadas y/o cubiertas por películas de calcita con trazas de pirita				186.40													
								39	13							58°	70°			
							188.00													
								95	70							41°	65°	73°		
190																				
							191.00													
								40	54							54°	65°	72°	Las diaclasas más desarrolladas son paralelas a la foliación	
							194.00													
195																				
			Foliación: 48° - 73°					71	37							65°			Lectura final de agua artesiana	
								41											Q = 180 Lts/min.	
							197.00												H = 21.1 metros	
								81	50							47°	55°	58°		
							198.85													
			FIN DEL SONDEO A 198.85 METROS																	

R.Q.D. - Rock Quality Designation "Indice de Calidad de Roca"
UNIDAD LUGEON - Toma de litros a 10K/cm² en tramo de 1.0m en diámetro Nx.



CONSORCIO RIO LA MIEL
REGISTRO DE PERFORACION

PERFORACION N° S-3 LOCALIZACION $\begin{cases} N & 1106.537 \\ E & 910.069 \end{cases}$ FECHA INICIACION _____ TERMINACION _____
 INCLINACION Y RUMBO $\begin{cases} 60^\circ \\ S 41^\circ E \end{cases}$ PROFUNDIDAD 35.70 mts. COTAS $\begin{cases} SUPERFICIE & 278 \text{ m.} \\ ROCA & 279 \text{ m.} \\ FONDO & 243 \text{ m.} \end{cases}$ ROCA $\begin{cases} PERFORADA & 35.70 \text{ metros} \\ RECOBRADA & 32.75 \text{ metros} \\ PORCENTAJE & 91.7\% \end{cases}$

PROF. METROS	REVESTIMIENTO	ESTRATOS	DESCRIPCION	AGUA	BROCA	CAJA N°	PROFUNDIDAD METROS	RECOBRO		ENSAYOS DE PRESION LUGEONS					DIACLASAS BUZAMIENTO CON LA VERTICAL				OBSERVACIONES	
								%	R.Q.D.	10	20	30	40	60	a	b	c	d		
1.00			Esquisto (es) cuarzofeldespatico-micáceo, con bandadas crenuladas de cuarzofeldespato, gris, duro, fresco, sano					61	34							0°	54	60	65	NOTA - Los ángulos de foliación y diaclasamiento están dados con respecto al eje de la perforación
2.00																				
3.00			Diaclasas semiabiertas, con superficies oxidadas Foliación 60°																	
4.00							4.95	94	73							62	76	83		
5.00																				
6.00																				
7.00						2		160	120							40	55	67	72	
8.00																				
9.00			Esquisto (es) cuarzofeldespatico-micáceo, idem al anterior				8.64													
10.00			Diaclasas cerradas, frescas, cubiertas con películas de calcita.					100	93							22	47	60	74	
11.00																				
12.00			Foliación 55° - 60°																	
12.55			En el intervalo 12.55-13.9 metros el diaclasamiento es denso				12.35													
13.00								80	0							50	56	60	71	
14.00																				
15.00																				
16.00							15.96	100	92							51	60	70	78	
17.00																				
18.00																				
19.00								97	94							13	30	47		
20.00							19.68													

R.Q.D. - Rock Quality Designation "Índice de Calidad de Roca."
UNIDAD LUGEON - Toma de litros a 10K/cm² en tramo de 1.0 m en diámetro Nx.

CONSORCIO RIO LA MIEL
REGISTRO DE PERFORACION

PERFORACION N° S-3

PROYECTO MIEL I

PROF. METROS	REVESTIMIENTO	ESTRATOS	DESCRIPCION	AGUA	BROCA	CAJA N°	PROFUNDIDAD METROS	RECOBRO		ENSAYOS DE PRESION LUGEONS					DIACLASAS BUZAMIENTO CON LA VERTICAL				OBSERVACIONES
								%	R.Q.D.	10	20	30	40	60	a	b	c	d	
20.45								97	94						13	30	47		
21.00			Esquisto (es) cuarzofeldes pático-micáceo, bandeado, gris, duro, fresco, con brechamiento soldado		NX	6		76	40						13	60	90		
22.00							23.30												
23.30			Esquisto (es) cuarzofeldes pático-micáceo, con bandas crenuladas de cuarzo-feldespató, gris, duro, fresco, sano					97	90						53				
24.00						7													
25.00							27.92	98	89						25	47	72		
26.00																			
26.50																			
27.00																			
28.00																			
29.00																			
29.60																			
30.00																			
31.00								98	82						25	47	72		
32.00																			
32.65							32.57												
33.00																			
34.00								95	75						24	47	51	71	
35.00																			
35.70			FIN DEL SONDEO A 35.70 METROS				35.70												

R.Q.D. - Rock Quality Designation "Indice de Calidad de Roca"

UNIDAD LUGEON - Toma de litros a 10K/cm² en tramo de 1.0m en diámetro Nx.

CONSORCIO RIO LA MIEL
REGISTRO DE PERFORACION

PROPIEDAD
Sección Documentación
y Divulgación
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA

PERFORACION N° S-4 LOCALIZACION $\begin{cases} N & 1106.523 \\ E & 910.119 \end{cases}$ FECHA INICIACION Enero 28/79 TERMINACION Febrero 21/79

INCLINACION Y RUMBO $\begin{cases} 49^\circ \\ N 40W \end{cases}$ PROFUNDIDAD 44,35 metros COTAS $\begin{cases} SUPERFICIE & 277 \text{ m} \\ ROCA & 276 \text{ m} \\ FONDO & 234 \text{ m} \end{cases}$ $\begin{cases} PERFORADA & 41,95 \text{ metros} \\ RECOBRADA & 37,90 \text{ metros} \\ PORCENTAJE & 90,34\% \end{cases}$

PROF. METROS	REVESTIMIENTO	ESTRATOS	DESCRIPCION	AGUA	BROCA	CAJA N°	PROFUNDIDAD METROS	RECOBRIO		ENSAYOS DE PRESION LUGEONS					DIACLASAS BUZAMIENTO CON LA VERTICAL				OBSERVACIONES		
								%	R.Q.D.	10	20	30	40	60	a	b	c	d			
1.00			Depósito Aluvial (Qal), cantos y fragmentos de esquistos cuarzo-feldespático micáceo, meteorizado, redondeados a angulares de tamaño variable					0	0											En los 2.40 metros iniciales se construyó una trinchera, hasta llegar a la roca.	
2.40			Esquisto (es) cuarzo-feldespático, bandeado, gris, duro, fresco				2.40	80	57												El pozo fué revestido hasta 2.40 metros en diámetro 4" y hasta 9.75 metros en diámetro Nx
3.00			Esquisto (es) cuarzo-feldespático-micáceo, gris, meteorizado, muy fracturado					62	0												
4.00			Foliación 60°																		
5.15			Esquisto (es) cuarzo-feldespático-micáceo, bandeado; gris, duro, fresco, con diaclasas oxidadas.					94	35												
6.00			Foliación 74°																		El intervalo 8.70 - 15.25 fué cementado
7.00			Esquisto (es) cuarzo-feldespático-micáceo, bandeado, meteorizado, diaclasado. Las paredes de las diaclasas están oxidadas y cloritizadas				6.95														
8.00			Foliación 70°					70	3												
9.00																					El intervalo 12.50 - 25.40 fué cementado
10																					
11.00																					
12.00							11.46														La meteorización parcial de la roca es evidente hasta 17.50 metros
13.00			Esquisto (es) cuarzo-feldespático-micáceo, gris, fresco, duro, con diaclasas cerradas, oxidadas y cloritizadas.					97	24												
14.00			Foliación 65°																		
15.15																					La meteorización parcial de la roca es evidente hasta 17.50 metros
16.00																					
17.00																					
17.50							16.90	58	0												
18.00			Esquisto (es) cuarzo-feldespático-micáceo con bandas de cuarzo-feldespático, gris, duro, fresco poco diaclasado					100	60												
19.00																					
20																					

R.Q.D. - Rock Quality Designation "Indice de Calidad de Roca."
UNIDAD LUGEON - Toma de litros a 10 K/cm² en tramo de 1.0 m en diámetro Nx.



CONSORCIO RIO LA MIEL
REGISTRO DE PERFORACION

PERFORACION N° S-4

PROYECTO MIEL I

PROF. METROS	REVESTIMIENTO	ESTRATOS	DESCRIPCION	AGUA	BROCA	CAJA N°	PROFUNDIDAD METROS	RECOBRO		ENSAYOS DE PRESION LUGEONS					DIACLASAS BUZAMIENTO CON LA VERTICAL				OBSERVACIONES	
								%	R.Q.D.	10	20	30	40	60	a	b	c	d		
			Diaclasas lisas, cerradas, frescas Foliación 65°				20,45	100	80							25	55	64	75	
21,35			Esquisto (es) cuarzofeldes pático-micáceo, bandeado, gris, duro, fresco, poco diaclasado				5	95	89							40	48	54	62	
22,00																				
23,00																				
24,00			Diaclasas lisas, cerradas, frescas, con superficies cubiertas por calcita y/o pirita. Foliación varia entre 50° y 70°				24,25													
24,80																				
25,00																				
26,00								97	70							38	45	48	54	
27,15																				
28,00							28,01													
29,00								100	74							50	59	62		
30,20																				
31,00																				
32,00																				
32,39							32,39	99	78							43	47	55	67	
33,00																				
33,90																				
35,15								98	54											
36,00																				
37,00								100	81							31	47	58	75	
37,70																				
38,46			Dique Dacítico (Kdd) duro, de fina granulación					96	54							38	48	70		
39,00			Esquisto (es) cuarzofeldes pático-micáceo, bandeado, gris, duro, fresco					100	79							33	47	52	68	
40,00																				

R.Q.D. - Rock Quality Designation "Indice de Calidad de Roca"

UNIDAD LUGEON - Toma de litros a 10K/cm² en tramo de 1.0m en diámetro Nx.

CONSORCIO RIO LA MIEL
REGISTRO DE PERFORACION

PERFORACION N° S-4

PROYECTO MIEL I

PROF. METROS	REVESTIMIENTO	ESTRATOS	DESCRIPCION	AGUA	BROCA	CAJA N°	PROFUNDIDAD METROS	RECOBRO		ENSAYOS DE PRESION LUGEONS				DIACLASAS BUZAMIENTO CON LA VERTICAL				OBSERVACIONES	
								%	R.Q.D.	10	20	30	40	60	a	b	c		d
40.85			Diáclases cerradas, lisas, frescas.					100	79						33	47	52	68	
42.00			Dique de Cuarzo (Q) blanco, lechoso, duro, poco fracturado, con delgadas bandas de esquisto. El cuarzo tiene fina granulación				41.63												
43.35			Esquisto (es) cuarzo feldespático, duro, fresco				10	100	44						35	49	55	71	
44.35			Esquisto (es) cuarzo feldespático, duro, fresco				44.35	94	48						53	60	68		
			FIN DEL SONDEO A 44.35 METROS																

R.Q.D. - Rock Quality Designation "Indice de Calidad de Roca"

UNIDAD LUGEON - Toma de litros a 10K/cm² en tramo de 1.0m en diámetro Nx.



CONSORCIO RIO LA MIEL
REGISTRO DE PERFORACION

PERFORACION N° S-6 LOCALIZACION { N _____ E _____ } FECHA INICIACION 15.1.79 TERMINACION 16.11.79
 INCLINACION Y RUMBO 43° PROFUNDIDAD 90.05 COTAS { SUPERFICIE 480.00 m. PERFORADA 90.05
 { ROCA 480.00 m. RECOBRADA 83.25
 { FONDO 329.95 m. PORCENTAJE 92%

PROF. METROS	REVESTIMIENTO	ESTRATOS	DESCRIPCION	AGUA	BROCA	CAJA N°	PROFUNDIDAD METROS	RECOBRO		ENSAYOS DE PRESION LUGEONS					DIACLASAS BUZAMIENTO CON LA VERTICAL				OBSERVACIONES	
								%	RQD.	10	20	30	40	60	a	b	c	d		
1.00			Esquisto (es) gris, feldes-pático, crenular, fracturado					7	0											
1.60			Idem, menos fractuado					40	28											
								71	51											
4.80			Aumenta el contenido de biotita, la cual está parcialmente sericitizada						100											
5			Foliación 80°																	
8.00									90											
9.40																				
10			El esquisto se presenta con nódulos de esquisto verde, sericitizado					100	78							80	45			
12.45																				
			La foliación, muy regular, se mantiene con 60°						95									30		
15																				
16.18																				
									99							45	30	25		
19.82																				
20																				

RQD.- Rock Quality Designation "Indice de Calidad de Roca."
 UNIDAD LUGEON - Toma de litros a 10K/cm² en tramo de 1.0 m en diámetro Nx.

CONSORCIO RIO LA MIEL
REGISTRO DE PERFORACION

PERFORACION N° 516

PROYECTO MIL I

PROF. METROS	REVESTI- MIENTO	ESTRATOS	DESCRIPCION	AGUA	BROCA	CAJA N°	PROFUN- DIDAD METROS	RECOBRO		ENSAYOS DE PRESION LUGEONS					DIACLASAS BUZAMIENTO CON LA VERTICAL				OBSERVACIONES				
								%	R.Q.D.	10	20	30	40	60	a	b	c	d					
			Esquisto (es) gris cuarzo reldespático, fresco, sa- no, crenular, bien foliado																				
			Foliación 50°					100	100														
								98	91														
29.00								41	18														
31.40																	70	45					
33.40								97	95														
35.40																							
37.40								100	90														
39.40								95	95														
41.40																							
43.40								97															
45.40			La foliación y las diacla- sas se presentan cubier- tas con películas de oxida- ción					100									50	40					
47.40																							
49.40								100															
51.40																							

R.Q.D. - Rock Quality Designation "Indice de Calidad de Roca"

UNIDAD LUGEON - Toma de litros a 10K/cm² en tramo de 1.0m en diámetro Nx

CONSORCIO RIO LA MIEL
REGISTRO DE PERFORACION

PERFORACION N° S - 6

PROYECTO MIEL I

PROF. METROS	REVESTIMIENTO	ESTRATOS	DESCRIPCION	AGUA	BROCA	CAJA N°	PROFUNDIDAD METROS	RECOBRO		ENSAYOS DE PRESION LUGEONS					DIACLASAS BUZAMIENTO CON LA VERTICAL				OBSERVACIONES	
								%	R.Q.D.	10	20	30	40	60	a	b	c	d		
			Idem anterior																	
							11	49	44							70	30	10		
45.00			Foliación 60°				12	100	90							72	40	35		
48.57							13													
50.00			Foliación 60°																	
55.00																				

R.Q.D. - Rock Quality Designation "Indice de Calidad de Roca"
UNIDAD LUGEON - Toma de litros a 10K/cm² en tramo de 1.0m en diámetro Nx.

CONSORCIO RIO LA MIEL
REGISTRO DE PERFORACION

PERFORACION N° 115

PROYECTO MIEL I

PROF. METROS	REVESTIMIENTO	ESTRATOS	DESCRIPCION	AGUA	BROCA	CAJA N°	PROFUNDIDAD METROS	RECOBRO		ENSAYOS DE PRESION LUGEONS				DIACLASAS BUZAMIENTO CON LA VERTICAL				OBSERVACIONES	
								%	R.Q.D.	10	20	30	40	60	a	b	c		d
51.00			Idem anterior																
52.00																			
53.00																			
54.00			Esquisto (es) gris, cuarzo-feldespático-micáceo, con bandas crenulares, discontinuas de cuarzo-feldespato fresco, muy fracturado				54.00												
55.00																			
56.00			Foliación 65°		BX	15		40	0					0	51	61	65		
57.40							57.40												
58.00			Esquisto (es) idem al anterior, fresco, sano, poco diaclasado, lisas, cerradas, algo cloritizadas. Foliación 60°																
59.00								100	93					30	50	65	71		
60.00																			
61.00							60.60												
61.45																			
62.00			Dique Diorítico (Kddr), gris, grano medio, masivo, duro, fresco. Muy poco diaclasado. Los contactos superior e inferior son gradacionales y sellados																
63.00								99	99										
64.26																			
65.00			Dique Dacítico (Kdd), gris claro, afanítico, con algunos macrocristales de cuarzo, feldespato y hornblenda, duro, fresco, muy poco diaclasado				65.20												
66.00								88	75					34	53				
66.40																			
67.00																			
68.00			Diaclasas, lisas, cerradas, con paredes parcialmente cubiertas por pirita y calcita					98	92					30	36				
69.00																			
70.00							69.90	100	100					23	39				

Las diaclasas de mayor desarrollo son horizontales

R.Q.D. - Rock Quality Designation "Indice de Calidad de Roca"
UNIDAD LUGEON - Toma de litros a 10K/cm² en tramo de 1.0m en diámetro Nx.

CONSORCIO RIO LA MIEL
REGISTRO DE PERFORACION

PERFORACION Nº S-6

PROYECTO MIEL I

PROF. METROS	REVESTI-MIENTO	ESTRATOS	DESCRIPCION	AGUA	BROCA	CAJA Nº	PROFUN-DIDAD METROS	RECOBRO		ENSAYOS DE PRESION LUGEONS					DIACLASAS BUZAMIENTO CON LA VERTICAL				OBSERVACIONES	
								%	R.Q.D.	10	20	30	40	60	a	b	c	d		
71.00			Idem anterior, sano, fresco, duro, moderadamente fracturado					100	100							23	39			
71.70																				
72.00							18													
73.00									100	100							47			
74.00																				
74.70																				
75.00																				
76.00								99	90							30	47	59	64	
77.20						19														
78.00																				
79.00								100	94							26	38	44	48	
80.20																				
81.00			Dique Dioritico (Kddr) gris claro, de grano fino a medio, masivo, fresco a incipientemente meteorizado, duro, poco diaclasado																	
82.00							20		100	96							40	48		
83.20																				
84.05			Diaclasas lisas, cerradas, con películas de oxidación y trazas de pirita y calcita					100	62							0	39	48		
85.00							21		100	82						29	35	44	68	
86.00																				
87.05																				
88.00			Esquisto (es) cuarzo feldespático-micáceo, con crenulaciones de cuarzo feldespático, gris, fresco, duro, poco diaclasado																	
89.00							22		100	99						40	48	55		
90.05																				

FIN DEL SONDEO A 90.05 METROS

R.Q.D. - Rock Quality Designation "Indice de Calidad de Roca"

UNIDAD LUGEON - Toma de litros a 10K/cm² en tramo de 1.0m en diámetro Nx.

CONSORCIO RIO LA MIEL
REGISTRO DE PERFORACION

PERFORACION N° S-7 LOCALIZACION { N _____ E _____ } FECHA INICIACION Nov. 22/78 TERMINACION Dic. 16/78
 INCLINACION Y RUMBO Vertical PROFUNDIDAD 60.75 metros COTAS { SUPERFICIE 490.50 Mts. PERFORADA 55.75 mts.
 { ROCA 485.50 mts. RECOBRADA 55.03 mts.
 FONDO 429.75 mts. PORCENTAJE 98.70%

PROF. METROS	REVESTIMIENTO	ESTRATOS	DESCRIPCION	AGUA	BROCA	CAJA N°	PROFUNDIDAD METROS	RECORO		ENSAYOS DE PRESION LUGEONS					DIACLASAS BUZAMIENTO CON LA VERTICAL				OBSERVACIONES	
								%	R.Q.D.	10	20	30	40	60	a	b	c	d		
			Derrubio de Pendiente (Qdp) bloques de esquisto cuarzo-feldespático, mica sero alterado, con tamaño entre 3-30 cm.					17	7											
			Suelo coluvial, limo arcilloso, marrón claro				1.00													
			Derrubio de Pendiente (Qdp), fragmentos angulares de esquisto				3.00	3	0											
			Esquisto (es) cuarzo-feldespático micáceo, gris duro, fresco, fracturado, de grano fino, masivo, con crenulaciones de 0.1-1.0 cm. de espesor				3.50													
			Diaclasas cerradas, con patinas de oxidación				5.00	9	0											Entre 2.0-6.50 mts. no hay nivel freático
			En 5.10-5.90 y 6.80 mts. se observan tres bandas de cuarzo de 10 cm. de espesor				6.90	88	34											
			Foliación: 45° - 60°				9.20	100	77							30°	45°	55°	70°	
			Esquisto (es) idem al anterior, con fracturas lisas, conductoras de agua. Entre 16.0-16.15, zona de intensa fracturación				12.20	99	94											El espacio 6.5-15.2 mts. fué cementado
			Foliación: 56° - 65°				15.20	100	80											A 14.10 mts. se perdió el agua
							17.50	98	12							46°	56°	64°	73°	Sistemas b y c son los más desarrollados y paralelos a la foliación; los sistemas a y d la cortan
								98	69											A 20.0 mts. pérdida parcial del agua

R.Q.D. - Rock Quality Designation "Indice de Calidad de Roca."
 UNIDAD LUGEON - Toma de litros a 10K/cm² en tramo de 1.0m en diámetro Nx.

CONSORCIO RIO LA MIEL
REGISTRO DE PERFORACION

PERFORACION N° 5-7

PROYECTO MIEL I

PROF. METROS	REVESTIMIENTO	ESTRATOS	DESCRIPCION	AGUA	BROCA	CAJA N°	PROFUNDIDAD METROS	RECOBRO		ENSAYOS DE PRESION LUGEONS					DIACLASAS BUZAMIENTO CON LA VERTICAL				OBSERVACIONES		
								%	RQD	10	20	30	40	60	a	b	c	d			
							20.50	98	69												
			Entre 23.10-23.43 mts. hay intensa fracturación y meteorización	PERDIDA		5		94	54								46°	56°	64°	73°	
			Esquisto (es) idem al anterior. Diaclasas lisas, cerradas, con superficies poco oxidadas y cloritizadas			6	23.48														El intervalo 23.50 - 28.80 mts. fué cementado
25						6		100	84								10°	54°	65°	70°	Las diaclasas paralelas a la foliación son las más desarrolladas
						7	26.95														
						7		96	55												
			Foliación: 58° - 70°			7	28.80														
						8	30.25														
						8		99	91												
			El esquisto se hace moderadamente duro, bastante fracturado. Diaclasas lisas, bien desarrolladas y semiabiertas con superficies meteorizadas			8	32.45										30°	46°	58°	62°	
						9		100	79												
			El esquisto se hace moderadamente duro, bastante fracturado. Diaclasas lisas, bien desarrolladas y semiabiertas con superficies meteorizadas			9	34.64														
						9		100	18								38°	53°	65°	90°	
			Esquisto (es) idem al anterior, fresco y sano. Diaclasas lisas, cerradas, con patinas de oxidación			10	37.41										24°	36°	45°	64°	El intervalo 26.00 - 39.75 mts. fué cementado.
40			Entre 39.75 - 40.00 mts. intensa fracturación			10		99	75												

R.Q.D. - Rock Quality Designation "Indice de Calidad de Roca"
UNIDAD LUGEON - Toma de litros a 10K/cm² en tramo de 1.0m en diámetro Nx.

CONSORCIO RIO LA MIEL
REGISTRO DE PERFORACION

PERFORACION N° 6-7

PROYECTO MIEL I

PROF. METROS	REVESTIMIENTO ESTRATOS	DESCRIPCION	AGUA	BROCA	CAJA N°	PROFUNDIDAD METROS	RECOBRO		ENSAYOS DE PRESION LUGEONS					DIACLASAS BUZAMIENTO CON LA VERTICAL				OBSERVACIONES	
							%	R.Q.D.	10	20	30	40	60	a	b	c	d		
		Aumenta contenido de granates en esquisto, y las bandas de cuarzo feldespato se hacen más gruesas			10	40.24	99	75											
				NXM	11		97	96						46°	58°	64°	73°		
		Esquisto (es) Idem al anterior, poco fracturado y bandeado				42.50													
		Diaclasas lisas, cerradas, con patinas de oxidación			12		100	92											
						45.45								35°	46°	60°	65°		
		Foliación: 60°																	
		Entre 48.60-48.93 mts. Intensa fracturación y meteorización					100	82											
					13	48.92													
				GRIS			99	59											
						51.75								48°	52°	58°	75°	Las diaclasas paralelas a la foliación son las más desarrolladas	
		Foliación: 45°-60°			14		100	86											
						54.75													
							100	89											
					15	57.75								45°	68°				
		Diaclasas frescas, con películas de calcita y pirita					100	92											

CONSORCIO RIO LA MIEL
REGISTRO DE PERFORACION

PERFORACION N° 5-7

PROYECTO MIEL I

PROF. METROS	REVESTI- MIENTO	ESTRATOS	DESCRIPCION	AGUA	BROCA	CAJA N°	PROFUN- DIDAD METROS	RECOBRO		ENSAYOS DE PRESION LUGEONS					DIACLASAS BUZAMIENTO CON LA VERTICAL				OBSERVACIONES
								%	RQD	10	20	30	40	60	a	b	c	d	
			en superficie.			15	60.75	100	92							45°	68°		
			FIN DEL SONDEO A			60.75	METROS												

R.Q.D. - Rock Quality Designation "Indice de Calidad de Roca"

UNIDAD LUGEON - Toma de litros a 10K/cm² en tramo de 1.0m en diámetro Nx.

CONSORCIO RIO LA MIEL
REGISTRO DE PERFORACION

PERFORACION N° S-8 LOCALIZACION { N _____ E _____ } FECHA INICIACION Oct. 6/78 TERMINACION Nov. 9/78
 INCLINACION Y RUMBO Vertical PROFUNDIDAD 50.00 metros COTAS { SUPERFICIE 460.0 mts. PERFORADA 49.80 mts.
 ROCA 460.0 mts. RECOBRADA 47.24 mts.
 FONDO 410.0 mts. PORCENTAJE 94.5%

PROF. METROS	REVESTIMIENTO	ESTRATOS	DESCRIPCION	AGUA	BROCA	CAJA N°	PROFUNDIDAD METROS	RECOBRO		ENSAYOS DE PRESION LUGEONS					DIACLASAS BUZAMIENTO CON LA VERTICAL				OBSERVACIONES	
								%	R.Q.D.	10	20	30	40	60	a	b	c	d		
			Esquisto (es) cuarzofeldes pático, micáceo, bandeado fracturado y meteorizado					57	16							15°	60°	90°		
			Esquisto (es) idem al anterior, duro, fresco y crenulado, meteorizado en planos de diaclasas		CARMELITA	1	1.46	98	71											
							2.60													
							4.40	18	8							18°	45°	60°	85°	Diaclasas oxidadas abiertas y semiabiertas
							5.70		60											
			Esquisto (es) idem al anterior poco fracturado. Sus bandas y su parte micásea son de grano medio		PERDIDA	2	8.40	100	83											Diaclasas paralelas y oblicuas a la foliación
			Foliación: 65° - 70°													0°	20°	45°		
			Diaclasas lisas, cerradas, con superficies poco oxidadas		GRIS			89	85											
					PERDIDA	3	11.85													A 11.50 metros se presenta una diaclasa oxidada que forma una zona fracturada y meteorizada de 10 cm. de espesor
			Esquisto (es) idem al anterior, gris claro, de grano medio, más fresco y menos fracturado, con bandas de cuarzofeldespatos entre 0.2 - 0.3 cm. de espesor. La mica predominante es la muscovita					99	97											
							14.85									0°	20°	45°	60°	
			Foliación: 60° - 75°																	
			Diaclasas lisas, cerradas, con superficies levemente oxidadas		GRIS			100	88											
							18.70													
			Esquisto (es) idem al anterior, sano, de grano medio. Bandas irregulares de cuarzofeldespatos					95	57											

R.Q.D. - Rock Quality Designation "Indice de Calidad de Roca."
 UNIDAD LUGEON - Toma de litros a 10K/cm² en tramo de 1.0m en diámetro Nx.

CONSORCIO RIO LA MIEL
REGISTRO DE PERFORACION

PERFORACION N° S-8

PROYECTO MIEL I

PROF. METROS	REVESTIMIENTO	ESTRATOS	DESCRIPCION	AGUA	BROCA	CAJA N°	PROFUNDIDAD METROS	RECOBRO		ENSAYOS DE PRESION LUGEONS					DIACLASAS BUZAMIENTO CON LA VERTICAL				OBSERVACIONES		
								%	R.Q.D.	10	20	30	40	60	a	b	c	d			
			Foliación: 57°				20.90	95	57												
			Fracturas cerradas, lisas, con superficies cubiertas por películas de calcita y pirita, o cubiertas con patina de oxidación					99	91						45°	57°	68°				Las diaclasas más desarrolladas son paralelas a la foliación
			Hacia el tope y hacia la base del intervalo 24,7-27,7 se observan dos bandas de cuarzo de 35 y 45 cm. de espesor respectivamente				24.70														
			Esquisto (es) idem al anterior				27.70	100	68						0°	25°	35°	55°			
			Esquisto (es) idem al anterior					99	94												
			Foliación: 55° - 70°				30.80														
			El esquisto es masivo y poco fracturado					100	98						24°	45°	53°	65°			El sistema más desarrollado es paralelo a la foliación
			Diaclasas lisas, cerradas, con superficies limpias y frescas				33.80														
								98	92												
							36.90														
								99	97												
			Esquisto (es) idem al anterior				39.00														

CONSORCIO RIO LA MIEL
REGISTRO DE PERFORACION

PERFORACION N° S-8

PROYECTO MIEL I

PROF. METROS	REVESTIMIENTO	ESTRATOS	DESCRIPCION	AGUA	BROCA	CAJA N°	PROFUNDIDAD METROS	RECOBRO		ENSAYOS DE PRESION LUGEONS				DIACLASAS BUZAMIENTO CON LA VERTICAL				OBSERVACIONES	
								%	R.Q.D.	10	20	30	40	60	a	b	c		d
			Foliación: 60° - 85°																
			Entre 40.0 - 40.7 metros diaciosa abierta conductora de agua, que ha metegrizado un poco este tramo				40.70	99	88										
								100	100										
			Diaciadas lisas, cerradas, con superficies frescas				42.60							25°	30°	40°	64°	Diaciadas paralelas y oblicuas a la foliación	
								98	96										
			Esquisto (es) idem al anterior				45.75												
			Foliación: 65° - 75°					100	84										
			Diaciadas lisas, cerradas, con superficies frescas, sin material de relleno				48.75							30°	40°	50°	62°		
								92	82										
50			FIN DEL SONDEO A 50.00 METROS																

R.Q.D. - Rock Quality Designation "Indice de Calidad de Roca"
UNIDAD LUGEON - Toma de litros a 10K/cm² en tramo de 1.0m en diámetro Nx.

CONSORCIO RIO LA MIEL
REGISTRO DE PERFORACION

PERFORACION N° T-1 LOCALIZACION $\begin{cases} N \\ E \end{cases}$ FECHA INICIACION Agosto 11/78 TERMINACION Agosto 23/78
 INCLINACION Y RUMBO Vertical PROFUNDIDAD 70.0 metros COTAS $\begin{cases} SUPERFICIE 447.73 mts. \\ ROCA 431.98 mts. \\ FONDO 377.73 mts. \end{cases}$ $\begin{cases} PERFORADA 54.75 \\ RECOBRADA 48.32 \\ PORCENTAJE 88.25% \end{cases}$

PROF. METROS	REVESTIMIENTO	ESTRATOS	DESCRIPCION	AGUA	BROCA	CAJA N°	PROFUNDIDAD METROS	RECOBRO		ENSAYOS DE PRESION LUGEONS					DIACLASAS BUZAMIENTO CON LA VERTICAL				OBSERVACIONES
								%	RQD	10	20	30	40	60	a	b	c	d	
			Suelo aluvial (Qal), arena (g-m) de composición cuarzo-feldespática, producto de la descomposición de cuarzodiorita. Los granos tanto de cuarzo como de feldespatos son angulares. Los feldespatos se encuentran parcialmente caolinizados, son de color blanco en tanto que el cuarzo, de color gris lechoso, se mantiene fresco					10	0										
5			Suelo aluvial (Qal) arena (m-f) de composición cuarzo-feldespática, producto de la descomposición de cuarzodiorita. Los feldespatos se encuentran parcialmente caolinizados en tanto que los granos de cuarzo de color gris lechoso se encuentran frescos				6.10												
			Suelo aluvial (Qal) arena (f) de composición cuarzo-feldespática. Los feldespatos se encuentran alterados.					5	0										
10							12.20												
			Cuarzodiorita (Kcdn) de grano medio a grueso, blanca, meteorizada y diaclasada, moderadamente dura. La meteorización se manifiesta por la caolinización de los feldespatos y la oxidación y cloritización de la biotita. Se observan dos sistemas de diaclasas: lisas y semiabiertas (conductoras de agua) con superficies oxidadas y cloritizadas, con inclinaciones entre 30° - 40° y 60° - 80°.					5	0										
15							15.25												
								30	10										
							17.90												
								70	35										
							19.20												
20								100	45										
							19.91												

RQD - Rock Quality Designation "Índice de Calidad de Roca."
 UNIDAD LUGEON - Toma de litros a 10K/cm² en tramo de 1.0 m en diámetro Nx.

CONSORCIO RIO LA MIEL
REGISTRO DE PERFORACION

PERFORACION N° T-1

PROYECTO MIEL I

PROF. METROS	REVESTIMIENTO	ESTRATOS	DESCRIPCION	AGUA	BROCA	CAJA N°	PROFUNDIDAD METROS	RECOBRO		ENSAYOS DE PRESION LUGEONS					DIACLASAS BUZAMIENTO CON LA VERTICAL				OBSERVACIONES	
								%	RQD	10	20	30	40	60	a	b	c	d		
			respectivamente					45	25							30° 40°	80° 80°			
			Cuarzodiorita (Kcdn) de grano medio a grueso de color gris claro, fresca, dura y masiva			2	22,27													
			Se observan dos sistemas de diaclasas: el más pronunciado tiene 70° de inclinación. Tres diaclasas de estas presentan superficies lisas, cubiertas por una película de calcita y biotita cloritizada. En el intervalo 22.27 - 26.40 m. se observan en total nueve diaclasas de las descritas anteriormente				23.55	100	95											
							24.71	100	75											
							24.90	100	50								70°			
							26.40													
							28.42													
							29.20	100	100											
							30.40	90	75											
							30.85	90	20											
							31.16	80	0											
			Dique dacítico gris verdoso, inclinación 45°																	
			Cuarzodiorita (Kcdn) gris, fresca, dura, masiva, de grano medio, equigranular. La cuarzodiorita presenta fisuras de 0.01-0.03 mm. de espesor, rellenas con calcita. La biotita presenta cloritización inclinada				32.24	100	95											
			Se observa una diaclasa a 34.50 m. con 75° de inclinación, superficies cloritizadas y estrias de cluzamiento.				33.55	100	100											
							34.90	85	73								75°			
			Cuarzodiorita (Kcdn) gris, verdosa, cloritizada, fracturada y algo caolinizada. Diaclasas con 45°-70° que presentan superficies cloritizadas y estrias de cluzamiento.				36.07	90	56								45°	70°		
			Cuarzodiorita (Kcdn) gris, fresca, dura, masiva, de grano medio, equigranular. La biotita está afectada por una cloritización inclinada				36.40	100	100											
			Se observan fracturas, algunas con inclinación de 60° y otras verticales, que presentan superficies cubiertas con películas de calcita				38.10										60°	90°		
							39.78	100	92											

CONSORCIO RIO LA MIEL
REGISTRO DE PERFORACION

PERFORACION N° T-1

PROYECTO MIEL I

PROF. METROS	REVESTIMIENTO	ESTRATOS	DESCRIPCION	AGUA	BROCA	CAJA N°	PROFUNDIDAD METROS	RECOBRO		ENSAYOS DE PRESION LUGEONS					DIACLASAS BUZAMIENTO CON LA VERTICAL				OBSERVACIONES			
								%	R.Q.D.	10	20	30	40	60	a	b	c	d				
								100	92													
			Se observan figuras de 0.01 - 0.03 mm. de espesor selladas con calcita. La cuarzdiorita presenta zonas diseminadas con ortoclasa				7															
							43.53	95	95													
45			Entre 44.8 a 45.0 mts. se observa una diaclasa vertical, cerrada y con calcita en sus superficies				8														90°	
							47.27	100	95													
							48.10															
							51.00	100	100													
			En 51.45 mts. diaclasa bien desarrollada, con 80° de inclinación y superficies cubiertas de calcita				9															80°
							52.09	95	95													
							53.50															
							10															
55			En 54.80 mts. diaclasa bien desarrollada, con 73° de inclinación y superficies cloritizadas cubiertas con calcita cristalina redepositada				10															73°
							55.90															
							56.73															
							11															
60			Diaclasas a 85°, con superficies cloritizadas y cubiertas con películas de calcita piritizada				11															85°
							54.00	100	95													

R.Q.D. - Rock Quality Designation "Indice de Calidad de Roca"

UNIDAD LUGEON - Toma de litros a 10K/cm² en tramo de 1.0m en diámetro N°.

CONSORCIO RIO LA MIEL
REGISTRO DE PERFORACION

PERFORACION Nº T-1

PROYECTO MIEL I

PROF. METROS	REVESTIMIENTO	ESTRATOS	DESCRIPCION	AGUA	BROCA	CAJA Nº	PROFUNDIDAD METROS	RECOBRO		ENSAYOS DE PRESION LUGEONS					DIACLASAS BUZAMIENTO CON LA VERTICAL				OBSERVACIONES
								%	R.Q.D.	10	20	30	40	60	a	b	c	d	
			Cuarzodiorita (Kcdn) gris, de grano medio, con cloritización moderada de la mica y caolinización de los feldespatos. Hay dos sistemas de diaclasas: 45° y 90° de inclinación				11	75	35							45°	90°		
			Cuarzodiorita (Kcdn) gris, de grano medio, con cloritización moderada y parcial de la mica. Presenta dos sistemas de diaclasas cloritizadas: de 80° y 85° de inclinación				62.00	70	27							80°	85°		
			Ausencia de diaclasas				64.75												
								100	100										
			Cuarzodiorita (Kcdn) fresca, con cloritización parcial y moderada de las micas. Hay tres diaclasas con inclinación entre 45° y 60° y una vertical; con superficies cloritizadas, cubiertas con calcita pirritizada				67.45	85	58							45°	60°	90°	
70			FIN DEL SONDEO A 70.00 METROS																

R.Q.D. - Rock Quality Designation "Índice de Calidad de Roca"

UNIDAD LUGEON - Toma de litros a 10K/cm² en tramo de 1.0m en diámetro N.A.

CONSORCIO RIO LA MIEL
REGISTRO DE PERFORACION

PERFORACION N° T-2 LOCALIZACION { N 1108,784,30
E 912,267,41 } FECHA INICIACION Mayo 27/78 TERMINACION Julio 26/78
INCLINACION Vertical PROFUNDIDAD 138.40 metros COTAS { SUPERFICIE 513.73 mts.
ROCA 506.13 mts. ROCA { PERFORADA 130.30 mts.
FONDO 375.33 mts. PORCENTAJE 65.65%

PROF. METROS	REVESTIMIENTO	ESTRATOS	DESCRIPCION	AGUA	BROCA	CAJA N°	PROFUNDIDAD METROS	RECUBRO		ENSAYOS DE PRESION LUGEONS					DIACLASAS BUZAMIENTO CON LA VERTICAL				OBSERVACIONES
								%	R.Q.D.	10	20	30	40	60	a	b	c	d	
			Capa vegetal y limo amarillo rojizo																
			Arena																
			Con fragmentos de cuarcita					0	0										
			Cuarcita (ng) gris verdosa, fracturada.				7.60	60	0										
			Cuarcita (ng) gris verdosa con fractura vertical abierta 0.03 m. rellena con óxido.					47	35										
			Foliación tenue de 50°, criptocrystalina.				9.25												
			Cuarcita (ng) fracturada, foliación 38°					20	0										
			Cuarcita (ng) gris verdosa dura, con fracturas verticales, foliación 35°				11.62												
			Cuarcita (ng) fracturada				12.50	90	70										
			Cuarcita (ng) gris clara					10	0										
			Esquisto (es) cuarzofeldespatico micáceo, muy fracturado				12.90												
			Esquisto (es) cuarzofeldespatico micáceo, gris oscuro a gris claro, replegado a laminar.				14.30	95	75										
			Foliación entre 15° y 55°, fracturas verticales, cerradas con superficies cloritizadas y de longitud no superior a 0.5 mts.				15.30	10	0										
								96	95					90°					
							18.05												

R.Q.D. - Rock Quality Designation "Indice de Calidad de Roca."
UNIDAD LUGERON - Toma de litros a 10K/cm² en tramo de 1.0 m en diámetro Nx.

CONSORCIO RIO LA MIEL
REGISTRO DE PERFORACION

PERFORACION N° T 2

PROYECTO Miel I

PROF. METROS	REVESTIMIENTO	ESTRATOS	DESCRIPCION	AGUA	BROCA	CAJA N°	PROFUNDIDAD METROS	RECOBRO		ENSAYOS DE PRESION LUGEONS				DIACLASAS BUZAMIENTO CON LA VERTICAL				OBSERVACIONES	
								%	R.Q.D.	10	20	30	40	60	a	b	c		d
							21.25	96	95										
			Esquisto (ms) cuarzofeldes pático micáceo, gris verdoso, sano, duro, con foliaciones entre 30° y 40° Mineralización por metamorfismo de contacto (epidoclagranate) Fracturas verticales, discontinuas, rellenas con clorita			2	23.73	88	85						90°				
			Dique (kda) apítico gris claro a blanco, fracturas cubiertas con clorita. Angulos de contacto de 60°				24.50												
			Esquisto (es) cuarzofeldes pático micáceo bandado a lenticular (augen) duro, fresco, sano, con diacnasa de 75° cubierta con óxidos de hierro			3	25.65	70	55										
							29.82	95	85						75°				
			Esquisto (es) cuarzofeldes pático micáceo, peritizado. Presenta zonas de mineralización de metamorfismo de contacto (epidota), granate (piroxeno). Fracturas cerradas con paredes cloritizadas			4	31.50												
							35.37												
			Dique (kda) apítico cloritizado, zona de contacto vertical con los esquistos superiores de 0.05 mts, fracturada				35.80												
							36.50	100	65										
							37.35	100	92										
			Esquisto (es) cuarzofeldes pático micáceo, gris oscuro, duro, sano, fresco, foliación entre 0° y 15°			5		100	95										

R.Q.D. - Rock Quality Designation "Indice de Calidad de Roca"
UNIDAD LUGEON - Toma de litros a 10K/cm² en tramo de 1.0m en diámetro Nx.

CONSORCIO RIO LA MIEL
REGISTRO DE PERFORACION

PERFORACION Nº T-2

PROYECTO MIEL I

PROF. METROS	REVESTIMIENTO	ESTRATOS	DESCRIPCION	AGUA	BROCA	CAJA Nº	PROFUNDIDAD METROS	RECOBRO		ENSAYOS DE PRESION LUGEONS					DIACLASAS BUZAMIENTO CON LA VERTICAL				OBSERVACIONES			
								%	R.Q.D.	10	20	30	40	60	a	b	c	d				
41			Esquisto (es) cuarzo-feldespático micáceo, duro, sano, fresco. Presenta zonas de mineralización de metamorfismo de contacto (granate, epidota, piroxenos). La alteración del esquisto se manifiesta en la cloritización de la biotita y piroxeno.	BLANCUSCA		5	40.94															
42							6	100	95													
43							44.68															
44			Dique (Kda) aplítico gris claro. Angulos de contacto con el esquisto de 70°. El dique presenta cloritización y caolinización. Grietas con películas de calcita.			7	46.10															
47							48.20	95	45													
48			Esquisto (es) biotítico cuarzo-feldespático. Fracturado y brechado. Las grietas están rellenas por material ígneo.			7	48.20															
49							52.75	45	0													
50			Diorita (Kcdn) gris verdosa alterada a caolín y clorita.			8	53.80															
51							53.80	3	0													
52			Diorita (Kcdn) gris verdosa cloritizada y caolinizada. Se observa alineación de los cristales de feldespato, anfíboles y mica que varía entre 75° y 90°.			8	55.44															
53							58.30	58	10													
54			BENTONITA			8	58.30															
55							58.30	15	0													
56																						
57																						
58																						
59																						
60																						

R.Q.D. - Rock Quality Designation "Indice de Calidad de Roca"
UNIDAD LUGEON - Toma de litros a 10K/cm² en tramo de 1.0m en diámetro Nx.



CONSORCIO RIO LA MIEL
REGISTRO DE PERFORACION

PERFORACION N° T-2

PROYECTO MIEL I

PROF. METROS	REVESTIMIENTO	ESTRATOS	DESCRIPCION	AGUA	BROCA	CAJA N°	PROFUNDIDAD METROS	RECOBRO		ENSAYOS DE PRESION LUGEONS					DIACLASAS BUZAMIENTO CON LA VERTICAL				OBSERVACIONES	
								%	R.Q.D.	10	20	30	40	60	a	b	c	d		
26			Diorita (Kcdn) gris verdosa, moderadamente alterada, blanda. Diaclasas y fracturas cloritizadas, cubiertas con calcita				80.26	95	30											
			Diorita (Kcdn) gris verdosa, muy alterada con diaclasas verticales y grietas por calcita			11	83.91	80	50											
			Diorita (Kcdn) gris verdosa, alterada. Diaclasas escasas, entre verticales a 80°			12	85.35	95	85				80°	90°						
			Dique (Kdd) aplítico, fracturado, algo alterado, diaclasas cloritizadas				89.00													
			Diorita (Kcdn) gris verdosa, alterada, moderadamente dura, fracturada con superficies cloritizadas, cubiertas de calcita				89.88	100	30											
			Diorita (Kcdn) gris verdosa, alterada a muy alterada, fracturada, con superficies de diaclasas cubiertas por calcita				91.70	70	40											
			Diorita (Kcdn) gris, poco alterada, sana, cloritizada, fracturas con película de calcita				93.70													
			Esquisto (es) cuarzofeldespático, micaseo, duro, moderadamente fracturado, cloritizado				95.59	95	85											
			Diorita (Kcdn) gris, fresca, dura, moderadamente diaclasada. Diaclasas entre 65° y 70°, con paredes cubiertas por superficies de calcita. La diorita es de grano fino a medio con xenolitos de esquisto de 0.10 a 0.15 mts. de espesor			14	96.70	100	80				65°	70°						

R.Q.D. - Rock Quality Designation "Indice de Calidad de Roca"

UNIDAD LUGEON - Toma de litros a 10K/cm² en tramo de 1.0m en diámetro Nx.



CONSORCIO RIO LA MIEL
REGISTRO DE PERFORACION

PERFORACION Nº T-2

PROYECTO MIEL I

PROF. METROS	REVESTIMIENTO	ESTRATOS	DESCRIPCION	AGUA	BROCA	CAJA Nº	PROFUNDIDAD METROS	RECOBRO		ENSAYOS DE PRESION LUGEONS					DIACLASAS BUZAMIENTO CON LA VERTICAL				OBSERVACIONES	
								%	R.Q.D.	10	20	30	40	60	a	b	c	d		
			Esquisto (es) biotítico cuarzo-feldespático, fracturado, con diaclasas oblicuas a la foliación con superficies oxidadas y cloritizadas Diaclasas entre 50° y 70°				100.40	100	80											
							106.64													
			Diorita (Kcdn) de grano fino a medio, gris claro, fresca a moderadamente alterada, con fisuras cubiertas de calcita, dura				108.69	95	80											
			Esquisto (es) cuarzo-micáceo, alterado y muy fracturado, moderadamente duro				109.64													
			Diorita (Kcdn) cloritizada				111.35													
			Esquisto (es) cuarzo-feldespático, micáceo, fresco, fracturado				111.65	85	50											
			Altamente fracturado				113.00	81	50											
			Menos fracturado				113.45	95	0											
			Sano				118.38													
			Esquisto (es) cuarzo-feldespático, micáceo, altamente				119.33	100	90											
								10	0											

R.Q.D. - Rock Quality Designation "Indice de Calidad de Roca"

UNIDAD LUGEON - Toma de litros a 10K/cm² en tramo de 1.0m en diámetro Nx.

CONSORCIO RIO LA MIEL
REGISTRO DE PERFORACION

PERFORACION N° T-2

PROYECTO MIEL I

PROFUNDIDAD METROS	ESTRATOS	DESCRIPCION	AGUA	BROCA	CAJA N°	PROFUNDIDAD METROS	RECOBRO		ENSAYOS DE PRESION LUGEONS				DIACLASAS BUZAMIENTO CON LA VERTICAL				OBSERVACIONES	
							%	RQD	10	20	30	40	60	a	b	c		d
		te fracturado, con algunas diaclasas oxidadas					10	0										
		Esquistos menos fracturado				124.00												
		Diorita (Kcdn) gris, grano fino, moderadamente alterada a alterada con fisuras rellenas de calcita			17	125.20	24	30										
		Esquistos (es) cuarzofeldespático, micáceo, fresco, muy fracturado con diaclasas cubiertas por calcita. El esquistos está moderadamente alterado. Diaclasas entre 90° y 70°, que pertenecen a tres sistemas, dos de ellas perpendiculares entre si				128.30	76	40										
						128.70	25	0										
						138.40	25	0					70°	90°				
		FIN DEL SONDEO A 138.40 METROS																

R.Q.D. - Rock Quality Designation "Indice de Calidad de Roca"

UNIDAD LUGEON - Toma de litros a 10K/cm² en tramo de 1.0m en diámetro Nx.



CONSORCIO RIO LA MIEL
REGISTRO DE PERFORACION

PERFORACION N° T-9 LOCALIZACION N 7.421.48
E 1.452.32 FECHA INICIACION Sept. 19/78 TERMINACION Oct. 14/78
INCLINACION Y RUMBO Vertical PROFUNDIDAD 85.00 metros COTAS { SUPERFICIE 301.57 mts.
ROCA 300.07 mts. ROCA { PERFORADA 85.50 mts.
FONDO 216.07 mts. RECOBRADA 64.34 mts.
PORCENTAJE 77.0%

PROF. METROS	REVESTIMIENTO	ESTRATOS	DESCRIPCION	AGUA	BROCA	CAJA N°	PROFUNDIDAD METROS	RECOBRO		ENSAYOS DE PRESION LUGEONS				DIACLASAS BUZAMIENTO CON LA VERTICAL				OBSERVACIONES	
								%	RQD	10	20	30	40	60	a	b	c		d
			Suelo aluvial (Qal). Suelo limo arenoso de color pardo a marrón. La arena es de composición cuarzofeldespática				1.50	0	0										
			Cuarzodiorita (tonalita) poco alterada, gris clara, consistente				3.05	0	0										
			Cuarzodiorita (tonalita) gris grano medio, poco meteorizada, con diaclasas oxidadas de 45° de inclinación. Los anfíboles (hornblenda) y en algunos casos la biotita están cloritizados. El feldespato potásico y la plagioclasas están alteradas				4.05	70	40										
5							7.65	9	5					45°					
			Cuarzodiorita (tonalita) gris grano medio, poco alterada. Hay dos sistemas de diaclasas con superficies oxidadas: vertical y 35°				9.35	75	36					35°	90°				
10			Cuarzodiorita (tonalita) muy meteorizada y diaclasada, las superficies de las diaclasas están cloritizadas y oxidadas, en algunas están cubiertas con calcita				11.35	46	0										
			Cuarzodiorita (tonalita) gris equigranular, grano medio, poco meteorizada y muy diaclasada. La inclinación de las diaclasas varía entre 60° - 90° con superficies oxidadas cloritizadas, algunas cubiertas con calcita amarilla				11.95	98	34					65°	90°				
15			Cuarzodiorita (tonalita) gris equigranular, sana, fresca consistente. Los anfíboles están cloritizados. Hay tres sistemas de diaclasas: con 15°, 45° y vertical. Las diaclasas son lisas, cerradas con superficies cloritizadas				14.20												
			Fracturada y alterada en las superficies de fracturación. Los anfíboles y la biotita están cloritizados. En 19.20 mts. se observan pequeñas cavernas (1-3 cm) con piritita cristalizada				15.80	97	86					15°	45°	90°			
							18.07												
20								54	10										

RQD - Rock Quality Designation "Indice de Calidad de Roca."
UNIDAD LUGEON - Toma de litros a 10K/cm² en tramo de 1.0m en diámetro Nx.

CONSORCIO RIO LA MIEL
REGISTRO DE PERFORACION

PERFORACION N° T-3

PROYECTO MIEL I

PROF. METROS	REVESTIMIENTO	ESTRATOS	DESCRIPCION	AGUA	BROCA	CAJA N°	PROFUNDIDAD METROS	RECOBRO		ENSAYOS DE PRESION LUGEONS					DIACLASAS BUZAMIENTO CON LA VERTICAL				OBSERVACIONES	
								%	R.Q.D.	10	20	30	40	60	a	b	c	d		
			Continúa la Cuarzodiorita igual a la anterior				20.20													
								54	10						90°					
						4														
			Cuarzodiorita (tonalita), gris, consistente, cloritizada en las superficies de las diaclasas. Hay tres sistemas de diaclasas: vertical, horizontal y 45°.				26.70													
			Los anfíboles están cloritizados. Hay dos sistemas de diaclasas: con 45° y 75°.					100	52						0°	45°	90°			
			Las superficies de las diaclasas son frescas, algunas están cubiertas de 0.5 mm. de calcita. Las diaclasas presentan señales de fricción y película de calcita.				28.20								45°	75°				
						5		80	51											
							29.80													
			Cuarzodiorita (tonalita) gris, grano medio, consistente, fracturada, poco alterada (los anfíboles están cloritizados). Hay tres sistemas de diaclasas lisas y cerradas: con 45°, 75° y horizontal. Las diaclasas están selladas o presentan superficies cubiertas con calcita cristalina y con señales de fricción.				30.74													
						6		53	23						0°	45°	75°			
							37.50													
			Cuarzodiorita (tonalita) gris, grano medio, dura, cloritizada, muy fracturada. Las diaclasas verticales y con 75° tienen alta incidencia y desarrollo, poseen superficies cloritizadas con películas de calcita.																	
								63	16						75°	90°				
							39.55													
								90	32											

R.Q.D. - Rock Quality Designation "Indice de Calidad de Roca"

UNIDAD LUGEON - Toma de litros a 10K/cm² en tramo de 1.0m en diámetro Nx.

CONSORCIO RIO LA MIEL
REGISTRO DE PERFORACION

PERFORACION N° T-3

PROYECTO MIEL I

PROF. METROS	REVESTIMIENTO	ESTRATOS	DESCRIPCION	AGUA	BROCA	CAJA N°	PROFUNDIDAD METROS	RECBRO		ENSAYOS DE PRESION LUGEONS					DIACLASAS BUZAMIENTO CON LA VERTICAL				OBSERVACIONES		
								%	R.Q.D.	10	20	30	40	60	a	b	c	d			
							60.08														
			Se observa una diaclasa lisa, cerrada, 75° de inclin.				60.62	62	21												
			Cuarzodionita (tonalita) gris verdosa, grano medio altamente fracturada, con cloritización parcial de anfíboles, sobre todo en las superficies de las diaclasas.				61.20	100	89												
			En el intervalo 61.20-65.05 tienen amplio desarrollo dos sistemas de diaclasas: con 54°-64° y con 73°-40° de inclinación respectivamente.																		
			Se observan trece diaclasas: 3 de 50°, 2 de 20°, 2 de 40°, 1 de 56° y 1 de 76° y 1 vertical.																		
							65.05														
							66.44	98	47												
							67.80														
			Cuarzodionita (tonalita) gris, grano medio, fresca sana, consistente, con fracturas lisas de superficies cloritizadas y algunas con películas de calcita.																		
			Se observan 4 sistemas de diaclasas: 2 con 35°, 3 con 42°, 5 con 64°-69° y 2 con 80°.																		
			Entre 69.30 y 73.20 mts. se presentan 8 diaclasas lisas, cerradas y frescas: 4 con 40°-42°, 2 con 35°, 1 con 47° y una con 57° de inclinación respectivamente.																		
							71.00	99	94												
							73.20														
			Se observan tres fracturas: 1 con 85° y 2 con 54° de inclinación.																		
			Cuarzodionita (tonalita) gris, grano medio, sana, fresca, muy consistente, con diaclasas lisas, cerradas y frescas.																		
			Entre 74.00 - 76.75 mts. hay dos sistemas de diaclasas: 4 con 60°-65° y 1 con 40° de inclinación.																		
			Se observan dos sistemas de diaclasas: 2 con 60° y 1 con 52°.																		
							75.86														
							76.75														
								76	75												
							79.00														
			Se presentan cuatro diaclasas lisas, cerradas: 2 horizontales, 1 con 43° y otra con 50° de inclinación.					97	95												

R.Q.D. - Rock Quality Designation "Indice de Calidad de Roca"

UNIDAD LUGEON - Toma de litros a 10K/cm² en tramo de 1.0m en diámetro Nx.

CONSORCIO RIO LA MIEL
REGISTRO DE PERFORACION

PERFORACION Nº T-3

PROYECTO MIEL I

PROF. METROS	REVESTI- MIENTO	ESTRATOS	DESCRIPCION	AGUA	BROCA	CAJA NE	PROFUN- DIDAD METROS	RECOBRO		ENSAYOS DE PRESION LUGEONS				DIACLASAS BUZAMIENTO CON LA VERTICAL				OBSERVACIONES		
								%	R.Q.D.	10	20	30	40	60	a	b	c		d	
							81.26													
			Se observan cuatro dia- clasas: 1 horizontal con 67°, con 72° y con 87° de Inclinación respectiva- mente. Las dos últimas diaclasas están cubier- tas con calcita recristali- zada				82.00	97	95							0°	43°	50°		
									98	91							0°	67°	72°	87°
			FIN DEL SONDEO A 85.00 METROS																	

R.Q.D. - Rock Quality Designation "Indice de Calidad de Roca"
UNIDAD LUGEON - Toma de litros a 10K/cm² en tramo de 1.0m en diámetro Nx.

CONSORCIO RIO LA MIEL
REGISTRO DE PERFORACION

PERFORACION N° T-4 LOCALIZACION $\left\{ \begin{array}{l} N \text{ } 1107.621 \\ E \text{ } 013.097 \end{array} \right.$ FECHA INICIACION _____ TERMINACION _____
 INCLINACION Y RUMBO 90° PROFUNDIDAD 110.35 mts. COTAS $\left\{ \begin{array}{l} \text{SUPERFICIE } 348.72 \text{ mts.} \\ \text{ROCA } 348.72 \text{ mts.} \\ \text{FONDO } 338.37 \text{ mts.} \end{array} \right.$ $\left\{ \begin{array}{l} \text{PERFORADA } 110.35 \text{ mts.} \\ \text{RECOBRADA } 80.97 \text{ mts.} \\ \text{PORCENTAJE } 73.37 \% \end{array} \right.$

PROF. METROS	REVESTIMIENTO	ESTRATOS	DESCRIPCION	AGUA	BROCA	CASA	PROFUNDIDAD METROS	RECOBRO		ENSAYOS DE PRESION LUGEONS					DIACLASAS BUZAMIENTO CON LA VERTICAL				OBSERVACIONES
								%	R.Q.D.	10	20	30	40	60	a	b	c	d	
			Esquisto (es) micáceo, grafitoso, gris oscuro a negro meteorizado, muy fracturado, con foliación laminar y bandas de cuarzo-feldespato entre 0.5-10 mm.					12	0										
			Diaclasas con superficies irregulares cubiertas con patinas de oxidación				3.65												
5			Bandas irregulares de caliza, en ocasiones forman nódulos de 1-5 mm de espesor				6.10												
			Foliación: 40°					83	43					40°	40°	70°			El sistema a es paralelo a la foliación. Los sistemas b y c cortan la foliación
			Dique dacítico (Kdd) gris, claro, duro, resistente y fracturado				11.00												
								61	9					40°	40°	70°	70°		El sistema a es perpendicular al sistema b y el sistema c es perpendicular al sistema d.
15			Esquisto (es) micáceo, grafitoso, gris oscuro a negro, fresco, duro, con algunas bandas de cuarzo-feldespato				14.85												
			Foliación: 45°					60	25										
								35	8					45°	60°	70°	90°		El sistema a es paralelo a la foliación; el sistema b la corta
20																			

R.Q.D. - Rock Quality Designation "Indice de Calidad de Roca."
 UNIDAD LUGEON - Toma de litros a 10 K/cm² en tramo de 1.0 m en diámetro Nx.

CONSORCIO RIO LA MIEL
REGISTRO DE PERFORACION

PERFORACION Nº T-4

PROYECTO MIEL I

PROF. METROS	REVESTIMIENTO	ESTRATOS	DESCRIPCION	AGUA	BROCA	CAJA Nº	PROFUNDIDAD METROS	RECOBRO		ENSAYOS DE PRESION LUGEONS					DIACLASAS BUZAMIENTO CON LA VERTICAL				OBSERVACIONES		
								%	R.Q.D.	10	20	30	40	60	a	b	c	d			
			Esquisto (es) idem al anterior					35	8												
			Dique pórfido dacítico (Kdpd) gris claro, duro, fracturado y cloritizado				23.30														
								42	9					25°	45°	70°	90°				
							26.20														
								94	60					25°	45°	70°					
			Algunas superficies de diaclasas presentan leve cloritización				29.30														
								95	54												
							32.60							90°							Diaclasa vertical entre 31.50 y 32.20 m.
								100	88					25°	45°	70°					
							35.94														
			Esquisto (es) micáceo, grafitoso, negro, duro y fracturado, levemente calcáreo. Foliación: 40°					82	21					40°	70°						
								41	10					45°	75°	90°					El sistema a es el más desarrollado y paralelo a la foliación
			Foliación: 45°				39.85														

R.Q.D. - Rock Quality Designation "Indice de Calidad de Roca"
UNIDAD LUGEON - Toma de litros a 10K/cm² en tramo de 1.0m en diámetro Nx.

CONSORCIO RIO LA MIEL
REGISTRO DE PERFORACION

PERFORACION Nº T - 4

PROYECTO MIEL I

PROF. METROS	REVESTIMIENTO	ESTRATOS	DESCRIPCION	AGUA	BROCA	CAJA Nº	PROFUNDIDAD METROS	RECUBRO		ENSAYOS DE PRESION LUGEONS					DIACLASAS BUZAMIENTO CON LA VERTICAL				OBSERVACIONES	
								%	R.Q.D.	10	20	30	40	60	a	b	c	d		
			Esquisto (es) idem al anterior. Foliación: 52° Diaclasas lisas, cerradas, y con superficies cubiertas por calcita y pirita. Algunas con cizallamiento y cloritización			7		85	35											El sistema a es paralelo a la foliación
						8	43.75													
45			Dique pórfido dacítico (Kdpd) gris claro, duro, resistente, muy fracturado y cloritizado en los planos de diaclasas					46	6											
							46.45													
			Esquisto (es) micáceo, granitoso, gris oscuro, fresco, duro, fracturado, con bandas calcáreas de 1-10 cms. de espesor. Diaclasas lisas, con superficies levemente cloritizadas			9		61	15											
							49.20													
90			Esquisto (es) idem al anterior, más duro y resistente																	
			Diaclasas lisas, cerradas, frescas, con película de pirita																	
			Foliación: 48° - 50°			10		94	63											El sistema más desarrollado es el a, paralelo a la foliación
55			Fracturas regulares				55.50													
			Señales de cizallamiento en los planos de diaclasas					68	14											El sistema a es paralelo a la foliación, y los sistemas b y c son perpendiculares a esta
			Foliación: 45° - 65°				59.00													
								86	10											
50																				

CONSORCIO RIO LA MIEL
REGISTRO DE PERFORACION

PERFORACION Nº T-4

PROYECTO MIEL I

PROF. METROS	REVESTIMIENTO	ESTRATOS	DESCRIPCION	AGUA	BROCA	CAJA Nº	PROFUNDIDAD METROS	RECUBRO		ENSAYOS DE PRESION LUGEONS					DIACLASAS BUZAMIENTO CON LA VERTICAL				OBSERVACIONES
								%	R.Q.D.	10	20	30	40	60	a	b	c	d	
			Esquisto (es) idem al anterior. Aumenta el grado de fracturación. Foliación: 50° - 66°					86	10						45°	66°	85°	90°	Sistemas b y c son perpendiculares a la foliación
						62.20													
			Ocasionalmente el esquisto presenta pequeños nodulos calcáreos meteorizados. Foliación: 40° - 45°					100	36										El sistema de diaclasas más desarrollado es paralelo a la foliación
						65.00													
			Diaclasas lisas, cerradas, con superficies cubiertas por películas de calcita y pirita, algunas con señales de cizallamiento					96	33						40°	45°	75°	90°	Entre 73.40 - 76.40 metros estructuras cataclásticas soldadas con venas de calcita
						70.40													
								100	77										Baja recuperación cota aproximada
						73.40													
			Dique dacítico (Kdd) gris, claro a blanco, duro, resistente, fresco y fracturado					96	53										Baja recuperación cota aproximada
						77.27													
			Diaclasas lisas, cerradas, cubiertas por películas de calcita y pirita					27	16						35°	50°	60°	90°	
							79.40												
								100	28										

R.Q.D. - Rock Quality Designation "Índice de Calidad de Roca"

UNIDAD LUGEON - Toma de litros a 10K/cm² en tramo de 1.0m en diámetro Nx.

CONSORCIO RIO LA MIEL
REGISTRO DE PERFORACION

PROPIEDAD
Sección Documentación
y Divulgación
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA

PERFORACION N° T-4

PROYECTO MIEL

PROF. METROS	REVESTIMIENTO	ESTRATOS	DESCRIPCION	AGUA	BROCA	CAJA N°	PROFUNDIDAD METROS	RECOBRO		ENSAYOS DE PRESION LUGEONS				DIACLASAS BUZAMIENTO CON LA VERTICAL				OBSERVACIONES	
								%	RQD	10	20	30	40	60	a	b	c		d
							16	100	28					20° 30°	35°	50° 60°	90°	El sistema c es el de mayor desarrollo. El sistema a presenta el menor módulo de espaciamento	
			La fracturación aumenta hacia los contactos				84,10												
85			Esquisto (es) micáceo-granítico, negro, de grano fino, duro, fresco y muy fracturado, hasta 89,6 m.				85,20	50	8										Cota aproximada por baja recuperación
			Foliación: 20° - 35°				17	38	3					20°	35°	50°			
			Diáclasis lisas y cerradas con superficies cubiertas con pirita y calcita, algunas sedosas, con seriales de fricción				87,60												
90								93	63										
			Dique pórfido dacítico (Kupid) gris claro, duro, resistente, fresco y sano, con fracturación regularmente espaciada				87,48												
								92	41										
			Diáclasis lisas y cerradas planas cubiertas por películas de calcita, con leve cloritización				18												
95							95,00												
								85	34					40°	65°	75°	90°		
							98,00												
							19												
100								42	6										

RQD - Rock Quality Designation "Indice de Calidad de Roca"
UNIDAD LUGEON - Toma de litros a 10K/cm² en tramo de 1.0m en diámetro Nx.

CONSORCIO RIO LA MIEL
REGISTRO DE PERFORACION

PERFORACION N° CM - 1

PROYECTO MIEL I

PROF. METROS	REVESTIMIENTO	ESTRATOS	DESCRIPCION	AGUA	BROCA	CAJA N°	PROFUNDIDAD METROS	RECOBRO		ENSAYOS DE PRESION LUGEONS					DIACLASAS BUZAMIENTO CON LA VERTICAL				OBSERVACIONES	
								%	R.Q.D.	10	20	30	40	60	a	b	c	d		
			Derrubio de Pendiente (Qdp) fragmentos angulares de esquistos micáceo, cuarzo y grafito, con superficies oxidadas de 1.5 - 5 cm. de tamaño		NxM		20.50	0	0											60/4" Golpes
			Derrubio de Pendiente (Qdp) conformado por fragmentos angulares de esquistos micáceo, meteorizado, grís oscuro, con superficies oxidadas		NxM		20.60	15	0											
			Fragmentos bastante alterados		NxM		22.10	50	0											
					NxM		22.25	25	0											
					NxM		24.00													
					NxM		24.15													
					NxM		26.00													
					NxM		26.15	0	0											
					BxM		28.00													
					BxM		28.10													
			Derrubio de Pendiente (Qdp) conformado por fragmentos angulares y cantos de esquistos micáceo, grafitoso, meteorizados con fracturas de superficies oxidadas, paralelas a la foliación		AMARILLA			25	0											
			Esquistos (es) feldespático, micáceo-grafítico, con venas de cuarzo-feldespático, paralelas a la foliación que varía entre horizontal y 25°. El esquistos es gris claro, fresco y presenta fuerte diaclasamiento. La mayoría de las diaclasas son paralelas a la foliación. Se presenta otro sistema cuya inclinación varía entre 70° y vertical. Las superficies de las diaclasas están oxidadas, cubiertas con películas de calcita y pirita. En algunas películas de pirita son evidentes las señales de cizallamiento		BxM		32.50	60	40											
					BxM		34.30	80	30					0°	70°					
					BxM		36.00	95	40					25°	90°					
					BxM			100	70											
			FIN DEL SONDEO A				37.50													

R.Q.D. - Rock Quality Designation "Indice de Calidad de Roca"

UNIDAD LUGEON - Toma de litros a 10K/cm² en tramo de 1.0m en diámetro Nx.

**CONSORCIO RIO LA MIEL
REGISTRO DE PERFORACION**

PERFORACION N° CM-2 LOCALIZACION $\begin{cases} N & \underline{9.435,22} \\ E & \underline{15.147,75} \end{cases}$ FECHA INICIACION Mayo 13/78 TERMINACION Mayo 31/78
 INCLINACION Y RUMBO Vertical PROFUNDIDAD 44,50 metros COTAS $\begin{cases} SUPERFICIE & \underline{253,77 mts.} \\ ROCA & \underline{217,27 mts} \\ FONDO & \underline{209,27 mts.} \end{cases}$ $\begin{cases} PERFORADA & \underline{8,00 mts.} \\ RECOBRADA & \underline{3,97 mts.} \\ PORCENTAJE & \underline{49,6\%} \end{cases}$

PROF. METROS	REVESTIMIENTO	ESTRATOS	DESCRIPCION	AGUA	BROCA	CAJA No	PROFUNDIDAD METROS	RECOBRO		ENSAYOS DE PRESION LUGEONS				DIACLASAS BUZAMIENTO CON LA VERTICAL				OBSERVACIONES	
								%	R.Q.D.	10	20	30	40	60	a	b	c		d
0			Suelo Coluvial (Qcol) fragmentos angulares de esquistos micáceo alterado en matriz limo-arcillosa	Camelinas	T 3/2"		1,00											9 Golpes/pte	
							1,50												
5			Derrubio de Pendiente (Qdp) fragmentos de esquistos micáceo cuarcítico con superficies oxidadas		T 3/2"		4,00	8	0									12 Golpes/pte	
							4,50												
10			Suelo Coluvial (Qcol) compuesto por limo-arcilloso con fragmentos angulares meteorizados de esquistos micáceo de 0,5 - 2,0 cm. de diámetro		N x M	1	5,20	10	0									23 Golpes/pte	
							8,50												
15			Derrubio de Pendiente (Qdp) cantos y bloques de esquistos cuarcítico y cuarcita		T 2 3/8"		11,00											24 Golpes/pte	
							11,50												
20			Suelo Coluvial (Qcol) arcilloso a limo-arenoso con fragmentos angulares de esquistos micáceo alterado		N x M		14,00	0	0										
							14,50	0	0										
							18,50	4	0										

R.Q.D. - Rock Quality Designation "Indice de Calidad de Roca."
 UNIDAD LUGEON - Toma de litros a 10K/cm² en tramo de 1.0m en diámetro Nx.

CONSORCIO RIO LA MIEL
REGISTRO DE PERFORACION

PERFORACION Nº CM - 2

PROYECTO MIEL I

PROF. METROS	REVESTIMIENTO	ESTRATOS	DESCRIPCION	AGUA	BROCA	CAJA Nº	PROFUNDIDAD METROS	RECOBRO		ENSAYOS DE PRESION LUGEONS					DIACLASAS BUZAMIENTO CON LA VERTICAL				OBSERVACIONES		
								%	R.Q.D.	10	20	30	40	60	a	b	c	d			
			Suelo Coluvial (Qcol) . Limo arcilloso o limo arenoso con fragmentos angulares de esquistos micáceo alterado, de 0.5 - 3.0 cm. de diámetro		SS		20,30													65 Golpes/pte	
					N x M		23,00 23,25														
25					N x M		26,00 26,25	4	0												36/6" - 40/3" Golpes
					B x M	-1	29,50														
30			Suelo Coluvial (Qcol) Limo arenoso de color pardo con fragmentos de esquistos alterado		SS		30,00														58 Golpes/pte
					B x M		31,50														
			Derrubio de Pendiente (Qdp). Cantos de esquistos cuarzo-micáceo, cuarcítico y cuarcitas, alterados y fracturados		B x M		35,00 35,10	5	0												50/4" Golpes
35					B x M		35,50														
			Esquistos (es) cuarzomicaeo masivo, con fracturas cubiertas por película de calcita. La foliación se presenta de horizontal a 30°. Crenulaciones formadas por bandas de feldspato de 0.001 a 0.003 m. de espesor		B x M			40	25												

R.Q.D. - Rock Quality Designation "Indice de Calidad de Roca"
UNIDAD LUGEON - Toma de litros a 10K/cm² en tramo de 1.0m en diámetro Nx.

CONSORCIO RIO LA MIEL
REGISTRO DE PERFORACION

PERFORACION N° CM - 2

PROYECTO MIEL I

PROF. METROS	REVESTIMIENTO	ESTRATOS	DESCRIPCION	AGUA	BROCA	CAJA N°	PROFUNDIDAD METROS	RECOBRO		ENSAYOS DE PRESION LUGEONS				DIACLASAS BUZAMIENTO CON LA VERTICAL				OBSERVACIONES	
								%	R.Q.D.	10	20	30	40	60	a	b	c		d
			Idem																
							42.00		40	25									
			Marmol (m) gris, masivo, superficies de fricción				42.70	100	100										
			Esquisto (es) cuarzomica-seo, gris oscuro a negro, masivo, con bandas de feldspato y carbonato de calcio			2		60											
							44.50												
			FIN DEL SONDEO A	44	50		METROS												

R.Q.D. - Rock Quality Designation "Indice de Calidad de Roca"

UNIDAD LUGEON - Toma de litros a 10K/cm² en tramo de 1.0m en diámetro Nx.

CONSORCIO RIO LA MIEL
REGISTRO DE PERFORACION

PERFORACION Nº CM-3

PROYECTO MIEL I

PROF. METROS	REVESTIMIENTO	ESTRATOS	DESCRIPCION	AGUA	BROCA	CAJA Nº	PROFUNDIDAD METROS	RECOBRO		ENSAYOS DE PRESION LUGEONS					DIACLASAS BUZAMIENTO CON LA VERTICAL				OBSERVACIONES	
								%	R.Q.D.	10	20	30	40	60	a	b	c	d		
20.20			Suelo Coluvial (Qcol) esquistoso alterado, limo y arcilla				20.20													
							22.00													
				PERDIDA			22.50	60	0											34 Golpes/pie
			Derrubio de Pendiente (Qdp) bloque de mármol y esquistos cuarcíticos calcáreos																	
							25.00	20	10											
25			Derrubio de Pendiente (Qdp) compuesto por fragmentos de esquistos cuarzo micáceo alterado en matriz de limo arenoso				25.00													
							26.80	0	0											
							27.30	30	0											29 Golpes/pie
								1	0											
30							31.00													
							31.30	0	0											54 Golpes/pie
			Derrubio de Pendiente (Qdp) bloques y cantos de esquistos cuarzo micáceo alterado en matriz de limo arenoso				32.00													
							34.00	5	0											
							34.30													67 Golpes/pie
35																				
							37.50	0	0											
			Derrubio de Pendiente (Qdp) conformado por bloques poco transportados de esquistos micáceo alterado y fracturado. Fragmentos 0.01 a 0.04 mts.				37.50	50	0											
							39.50													
40			Esquistos (es) micáceos cuarzo feldespáticos con su-				39.50	100	25											

R.Q.D. - Rock Quality Designation "Índice de Calidad de Roca"

UNIDAD LUGEON - Toma de litros a 10K/cm² en tramo de 1.0m en diámetro Nx.

CONSORCIO RIO LA MIEL
REGISTRO DE PERFORACION

PERFORACION N° CM-3

PROYECTO MIEL I

PROF. METROS	REVESTIMIENTO	ESTRATOS	DESCRIPCION	AGUA	BROCA	CAJA N°	PROFUNDIDAD METROS	RECOBRO		ENSAYOS DE PRESION LUGEONS					DIACLASAS BUZAMIENTO CON LA VERTICAL				OBSERVACIONES		
								%	R.Q.D.	10	20	30	40	60	a	b	c	d			
			perfiles de fricción paralelas u oblicuas a la foliación. Se desarrollan preferentemente en las bandas más micáceas del esquisto				40,75	100	70												
							2	42,60	55	0											
								43,80	100	65											
45							3	45,60	70	40											
								47,00	90	45											
			FIN DEL SONDEO A 47,00 METROS																		

R.Q.D. - Rock Quality Designation "Indice de Calidad de Roca"
UNIDAD LUGEON - Toma de litros a 10K/cm² en tramo de 1.0m en diámetro Nx.

CONSORCIO RIO LA MIEL
REGISTRO DE PERFORACION

PERFORACION N° CM - 4 LOCALIZACION $\left\{ \begin{array}{l} N \ 9412.97 \\ E \ 15.135.74 \end{array} \right.$ FECHA INICIACION Junio 6/78 TERMINACION Junio 21/78

INCLINACION Y RUMBO Vertical PROFUNDIDAD 45,00 metros COTAS $\left\{ \begin{array}{l} \text{SUPERFICIE} \ 246,52 \text{ mts.} \\ \text{ROCA} \ 217,82 \text{ mts.} \\ \text{FONDO} \ 201,52 \text{ mts.} \end{array} \right.$ $\left\{ \begin{array}{l} \text{PERFORADA} \ 16,30 \text{ mts.} \\ \text{RECOBRADA} \ 12,18 \text{ mts.} \\ \text{PORCENTAJE} \ 74,72\% \end{array} \right.$

PROF. METROS	REVESTIMIENTO	ESTRATOS	DESCRIPCION	AGUA	BROCA	CAJA	PROFUNDIDAD METROS	RECOBRO		ENSAYOS DE PRESION LUGEONS					DIACLASAS BUZAMIENTO CON LA VERTICAL				OBSERVACIONES				
								%	R.Q.D.	10	20	30	40	60	a	b	c	d					
			Suelo Coluvial (Qcol) fragmentos de roca angulares hasta de 0.02 mts. de tamaño (esquisto micáceo), en matriz limo-arcillosa	AMARILLA	T 3/2"		1,00																
					SS		1,50	5	0													3 Golpes/pie	
							3,00																
			Derrubio de Pendiente (Qdp) constituido por bloques y cantos angulares de esquisto cuarzo-feldespático, micáceo con superficies oxidadas en matriz limosa				7,00	30	0														
							7,50	30	0														22 Golpes/pie
			Derrubio de Pendiente (Qdp) constituido por bloques y cantos de esquisto cuarzo-feldespático, micáceo y cuarítico. Los fragmentos recobrados son angulares y de 0.01 a 0.05 mts. de tamaño				11,00	15	0														
							11,50	30	0														13 Golpes/pie
			Suelo coluvial (Qcol) limo arcilloso con fragmentos de esquisto, muy meteorizado				13,00	0	0														
			Derrubio de Pendiente (Qdp) bloques y cantos de esquisto cuarzo-micáceo				14,50	5	0														
							15,00	25	0														43 Golpes/pie
			Derrubio de Pendiente (Qdp) constituido por bloques y cantos de esquisto cuarzo-feldespático y cuarcita. Los fragmentos recobrados son angulares con tamaños entre 0.01 y 0.04 mts.				18,50	4	0														
							19,00																45 Golpes/pie
			Derrubio de Pendiente (Qdp) conformado por fragmentos angulares fracturados y oxidados de es-					7	0														

CONSORCIO RIO LA MIEL
REGISTRO DE PERFORACION

PERFORACION Nº CM - 4

PROYECTO MIEL I

PROF. METROS	REVESTIMIENTO	ESTRATOS	DESCRIPCION	AGUA	BROCA	CAJA Nº	PROFUNDIDAD METROS	RECOBRO		ENSAYOS DE PRESION LUGEONS					DIACLASAS BUZAMIENTO CON LA VERTICAL				OBSERVACIONES		
								%	R.Q.D.	10	20	30	40	60	a	b	c	d			
			Quisto cuarzo micáceo y limo arenoso, gris				22.00	7	0												
							22.30	0	0												
			Derrubio de Pendiente (Qdp) conformado por fragmentos de esquistos cuarcíticos y cuarcita de 0.02 m. de tamaño en matriz limo arenosa				25.00	6	0												
							25.18														
			Cuarcita (no) gris, fracturada				28.70														
			Mármol (m) gris, masivo, de grano fino, fresco y con algunas fracturas				29.47	75	65												
			Mármol (m) fracturado				30.40														
			Mármol (m) gris, de grano medio, masivo, con intercalaciones de esquistos de 0.01 a 0.08 mts. de espesor				30.60	65	0												
							32.75														
							33.25	90													
							34.66														
			Esquisto biotítico feldespático (es) gris oscuro, duro y fresco. Presenta fracturas paralelas a subparalelas a la esquistosidad, recubiertas con calcita o pirita				36.80	55	45												
							38.40														
			Mármol (m), gris, de grano fino a medio, con fracturas espaciadas entre 0.02 a 0.15 mts.					35	15												

R.Q.D. - Rock Quality Designation "Indice de Calidad de Roca"
UNIDAD LUGEON - Toma de litros a 10K/cm² en tramo de 1.0m en diámetro Nx.

CONSORCIO RIO LA MIEL
REGISTRO DE PERFORACION

PERFORACION N° CM - 4

PROYECTO MIEL I

PROF. METROS	REVESTIMIENTO	ESTRATOS	DESCRIPCION	AGUA	BROCA	CAJA N°	PROFUNDIDAD METROS	RECOBRO		ENSAYOS DE PRESION LUGEONS					DIACLASAS BUZAMIENTO CON LA VERTICAL				OBSERVACIONES	
								%	R.Q.D.	10	20	30	40	60	a	b	c	d		
			Mármol (m) gris claro, bandeado, fresco, con intercalaciones de esquistos y superficies de fricción hacia 41.00 y 42.00 mts.			3	41.50	100	70											
				PERDIDA	B x M	1	43.90	80	60											
			Esquisto cuarcítico biotítico (es) gris oscuro, laminar, replegado, con superficies entre 44,3 y 45,0 mts.				44.30	65	55											
45			FIN DEL SONDEO A 45.00 METROS																	

R.Q.D. - Rock Quality Designation "Indice de Calidad de Roca"
UNIDAD LUGEON - Toma de litros a 10K/cm² en tramo de 1.0m en diámetro Nx.

CONSORCIO RIO LA MIEL
REGISTRO DE PERFORACION

PERFORACION N° CM-5 LOCALIZACION { N _____ E _____ } FECHA INICIACION Julio 16/78 TERMINACION Agosto 6/78
 INCLINACION Y RUMBO Vertical PROFUNDIDAD 59.50 metros COTAS { SUPERFICIE 260.54 mts. PERFORADA 3.00 mts.
 { ROCA 204.04 mts. ROCA RECOBRADA 2.18 mts.
 { FONDO 201.04 mts. PORCENTAJE 72.66%

PROF. METROS	REVESTIMIENTO	ESTRATOS	DESCRIPCION	AGUA	BROCA	CAJA N°	PROFUNDIDAD METROS	RECOBRO		ENSAYOS DE PRESION LUGEONS					DIACLASAS BUZAMIENTO CON LA VERTICAL				OBSERVACIONES											
								%	R.Q.D.	10	20	30	40	60	a	b	c	d												
			Suelo Coluvial (Qcol) conformado por fragmentos angulares de esquistos micáceos de 0.3-3.0 cm. de tamaño, en matriz limo-arcillosa gris parda a parda rojiza. Los fragmentos de esquistos están profundamente meteorizados y no muestran señales de trabajo por transporte	AMARILLA	T 3/2	SS	1.50	0	0																					
							2.00	20	0															7 Golpes/pie						
							3.50	0	0																					
							4.00	20	0																22 Golpes/pie					
							5.50	0	0																					
							6.00	20	0																30 Golpes/pie					
							Derrubio de Pendiente(Qdp) Conformado por fragmentos angulares de esquistos micáceos alterados, superficies cubiertas por partículas de oxidación. El tamaño de los fragmentos varía entre 0.5-5.0 cm.	PERDIDA	N x M	SS	7.50	25	0													24 Golpes/pie				
											8.00																			
											9.50																			
											10.00	25	0																21 Golpes/pie	
			Derrubio de Pendiente(Qdp) Conformado por fragmentos angulares de esquistos micáceos y cuarzo, con superficies oxidadas. Tamaño entre 1.5 cm.	PERDIDA	N x M	SS	11.60	20	0														31 Golpes/pie							
							12.10	20	0																					
							13.60	30	0																					
							14.10	20	0																	25 Golpes/pie				
			Suelo Coluvial (Qcol) conformado por fragmentos angulares de esquistos micáceos, 0.5-3.0 cm. de tamaño, en matriz limo-arcillosa parda a pardo-rojiza. Los fragmentos de esquistos micáceos están profundamente meteorizados	GRIS	N x M	SS	15.60	0	0																					
							15.90	40	0																72 Golpes/pie					
							17.40	0	0																	60/4" Golpes				
							17.50																							
			Derrubio de Pendiente(Qdp) conformado por cantos y	PERDIDA	N x M	SS	19.00																							
							19.15	30	0																70/6" Golpes					
								20	0																					

R.Q.D. - Rock Quality Designation "Indice de Calidad de Roca."
 UNIDAD LUGEON - Toma de litros a 10 K/cm² en tramo de 1.0 m en diámetro Nx.



CONSORCIO RIO LA MIEL
REGISTRO DE PERFORACION

PERFORACION N° CM-5

PROYECTO MIEL I

PROF. METROS	REVESTIMIENTO	ESTRATOS	DESCRIPCION	AGUA	BROCA	CAJA N°	PROFUNDIDAD METROS	RECOBRO		ENSAYOS DE PRESION LUGEONS					DIACLASAS BUZAMIENTO CON LA VERTICAL				OBSERVACIONES	
								%	R.Q.D.	10	20	30	40	60	a	b	c	d		
			fragmentos angulares de esquistos micáceo, con fracturas paralelas a la foliación y oblicua a la misma. Superficies oxidadas	GRIS	N x M	1	20.50	20	0											
							22.00	35	0											
							23.50	30	0											
			Suelo coluvial (Qcol) fragmentos de esquistos en matriz de limo-arcilloso	PERDIDA	U x S		23.80	0	0											90 Golpes/pte
							25.00													
			Derrubio de Pendiente (Qdp) conformado por fragmentos angulares de esquistos cuarcíticos con superficies oxidadas. Su tamaño varía entre 2 - 6 cm.		B x M		25.10	5	0											60/4" Golpes
							27.90													
							28.05													
							29.50													
			Suelo Coluvial (Qcol) fragmentos alterados de esquistos micáceo en matriz limo-arcillosa a limo-arenosa, pardo rojiza		B x M		29.70	5	0											50/6" Golpes
							31.20													
							31.45													
			Derrubio de Pendiente (Qdp) fragmentos angulares de esquistos feldespáticos micáceo		B x M		33.00	5	0											
							33.15													
			Suelo Coluvial (Qcol) fragmentos de esquistos meteorizados, feldespatos y cuarzo con tamaño que varía entre 0.5 - 3.0 cm. en matriz limo-arcillosa a limo arenosa	CLARA	B x M		34.60													
							34.85													
							36.40	0	0											
							36.70													52 Golpes/pte
							38.20													
							38.35													60/6" Golpes

R.Q.D. - Rock Quality Designation "Indice de Calidad de Roca"
UNIDAD LUGEON - Toma de litros a 10K/cm² en tramo de 1.0m en diámetro Nx.

CONSORCIO RIO LA MIEL
REGISTRO DE PERFORACION

PERFORACION N° CM - 5

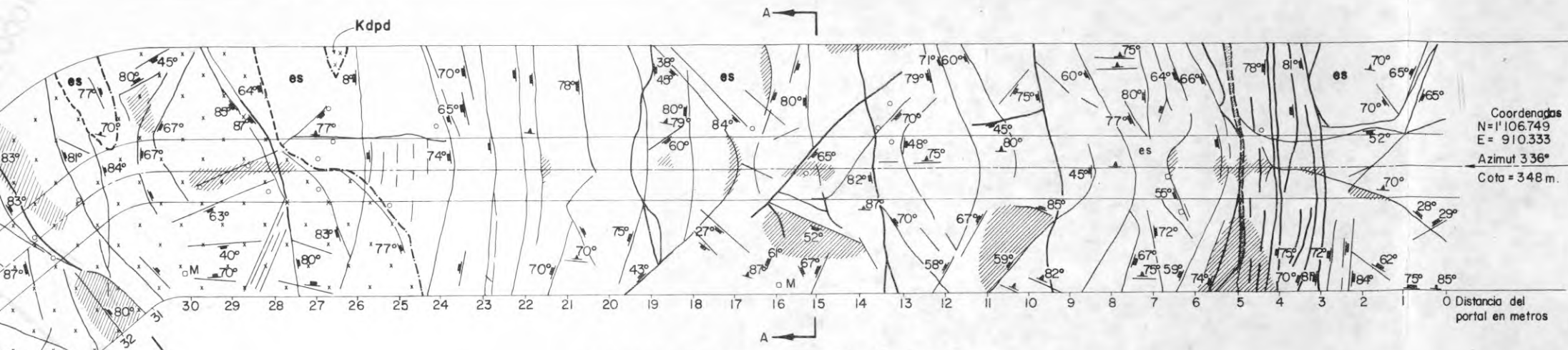
PROYECTO MIEL I

PROF. METROS	REVESTIMIENTO	ESTRATOS	DESCRIPCION	AGUA	BROCA	CAJA N°	PROFUNDIDAD METROS	RECOBRO		ENSAYOS DE PRESION LUGEONS					DIACLASAS BUZAMIENTO CON LA VERTICAL				OBSERVACIONES		
								%	R.Q.D.	10	20	30	40	60	a	b	c	d			
			Suelo coluvial (Qcol). Idem anterior			SS	40.30														
			Derrubio de Pendiente (Qdp) conformada por fragmentos angulares de esquistos micáceo a feldespático, cuarzo-micáceo, cuarcita y mármol de color gris. El tamaño de los fragmentos varía entre 1.15 cm. Los fragmentos presentan fracturas frescas y algunas con superficies oxidadas.					0	0												
				46.50	20	0															
				48.00	0	0															
				49.50	20	0															
				51.00	45	16															
				52.50	10	0															
				56.50	0	0															
				57.30	10	0															
				58.60	65	10															
				58.83	100	84															
			59.50																		
60			FIN DEL SONDEO A 59.50 METROS																		

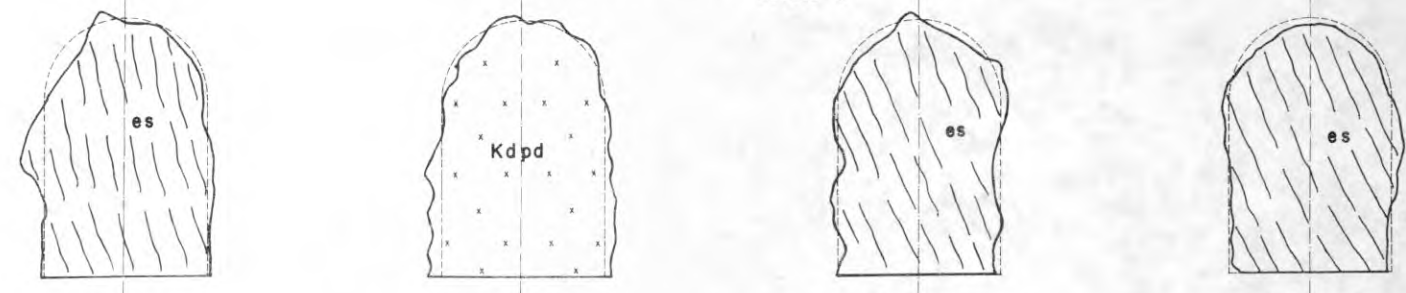
R.Q.D. - Rock Quality Designation "Indice de Calidad de Roca"
UNIDAD LUGEON - Toma de litros a 10K/cm² en tramo de 1.0m en diámetro Nx.

FIGURAS

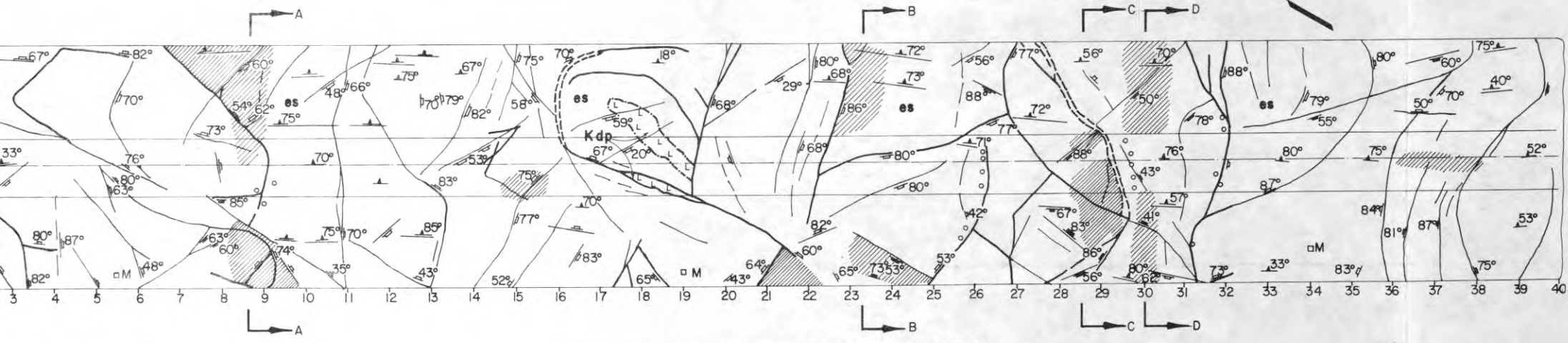




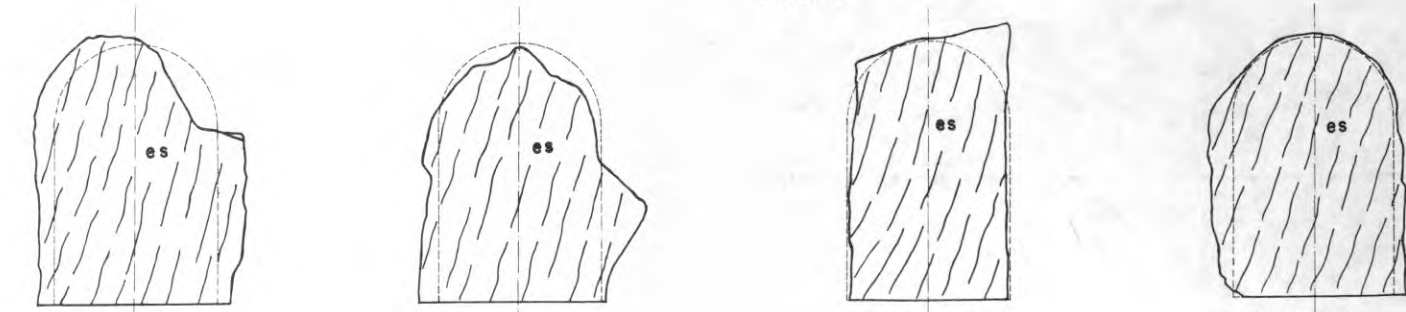
PROYECCION DEL TECHO Y PAREDES GALERIA G-1
Escala "B"



SECCIONES TRANSVERSALES GALERIA G-1
Escala "A"



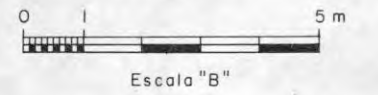
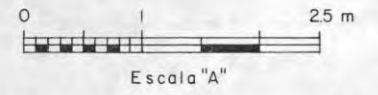
PROYECCION DEL TECHO Y PAREDES GALERIA G-2
Escala "B"



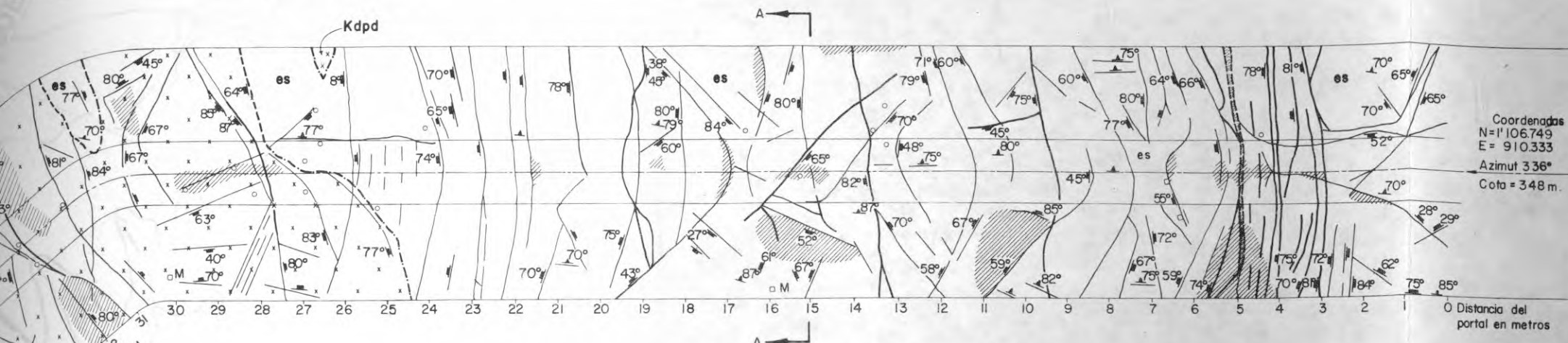
SECCIONES TRANSVERSALES GALERIA G-2
Escala "A"

CONVENCIONES

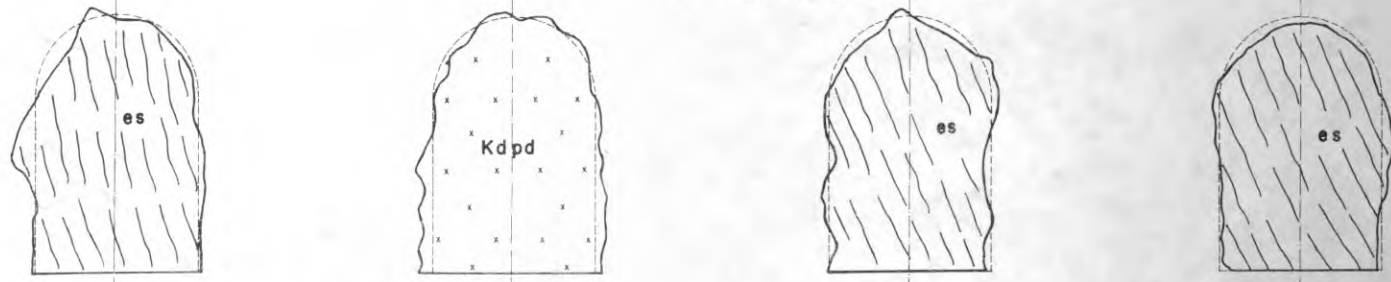
- es Esquisto cuarzofeldespático - micáceo bandeado.
- Kdpd. Dique pórfido - dacítico.
- Kdp. Dique pegmatítico.
- Contacto geológico.
- Diacasa lisa cerrada con superficies levemente oxidadas y/o cloritizadas.
- Diacasa cerrada, seca, que forma zonas finamente fracturadas y oxidadas de 1 a 5 cm. de espesor.
- Diacasa abierta con zonas de fracturación y meteorización, de 5 a 25 cm. de espesor.
- Diacasa fresca, que coincide con la foliación.
- 65° Rumbo y buzamiento de diacasa.
- 70° Rumbo y buzamiento de foliación.
- Zona de sobreexcavación.
- Infiltración moderada.
- Infiltración continua.
- M Muestra de roca.



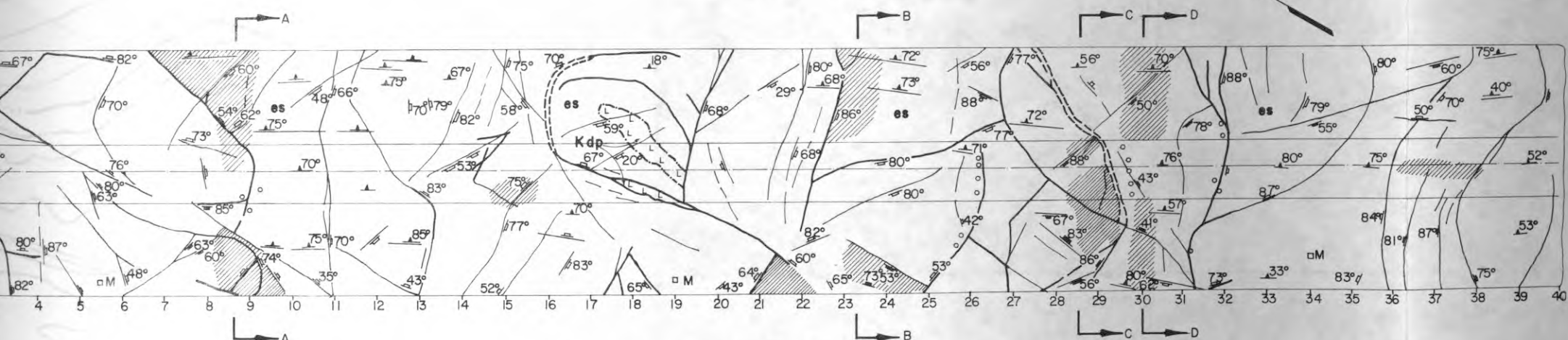
	INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALDAS	
	DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL PROYECTO MIEL I - FACTIBILIDAD TECNICA	
GEOLOGIA DE LAS GALERIAS G-1 Y G-2 EJE DE PRESA MIEL I		
CONSORCIO RIO LA MIEL INTERDISEÑOS-SUELOS Y FUNDACIONES-GEOCOLOMBIA		FECHA JUNIO-1979 C = 24



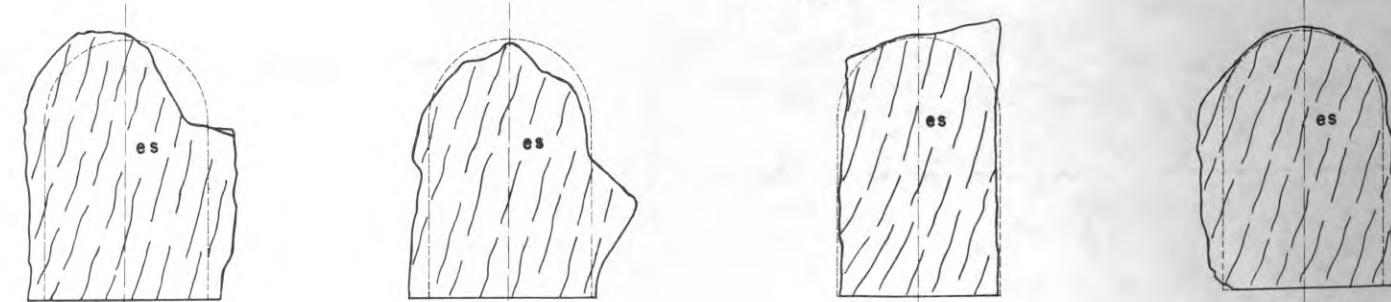
PROYECCION DEL TECHO Y PAREDES GALERIA G-1
Escala "B"



SECCIONES TRANSVERSALES GALERIA G-1
Escala "A"



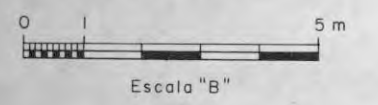
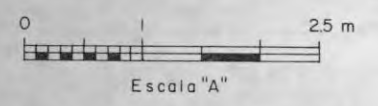
PROYECCION DEL TECHO Y PAREDES GALERIA G-2
Escala "B"



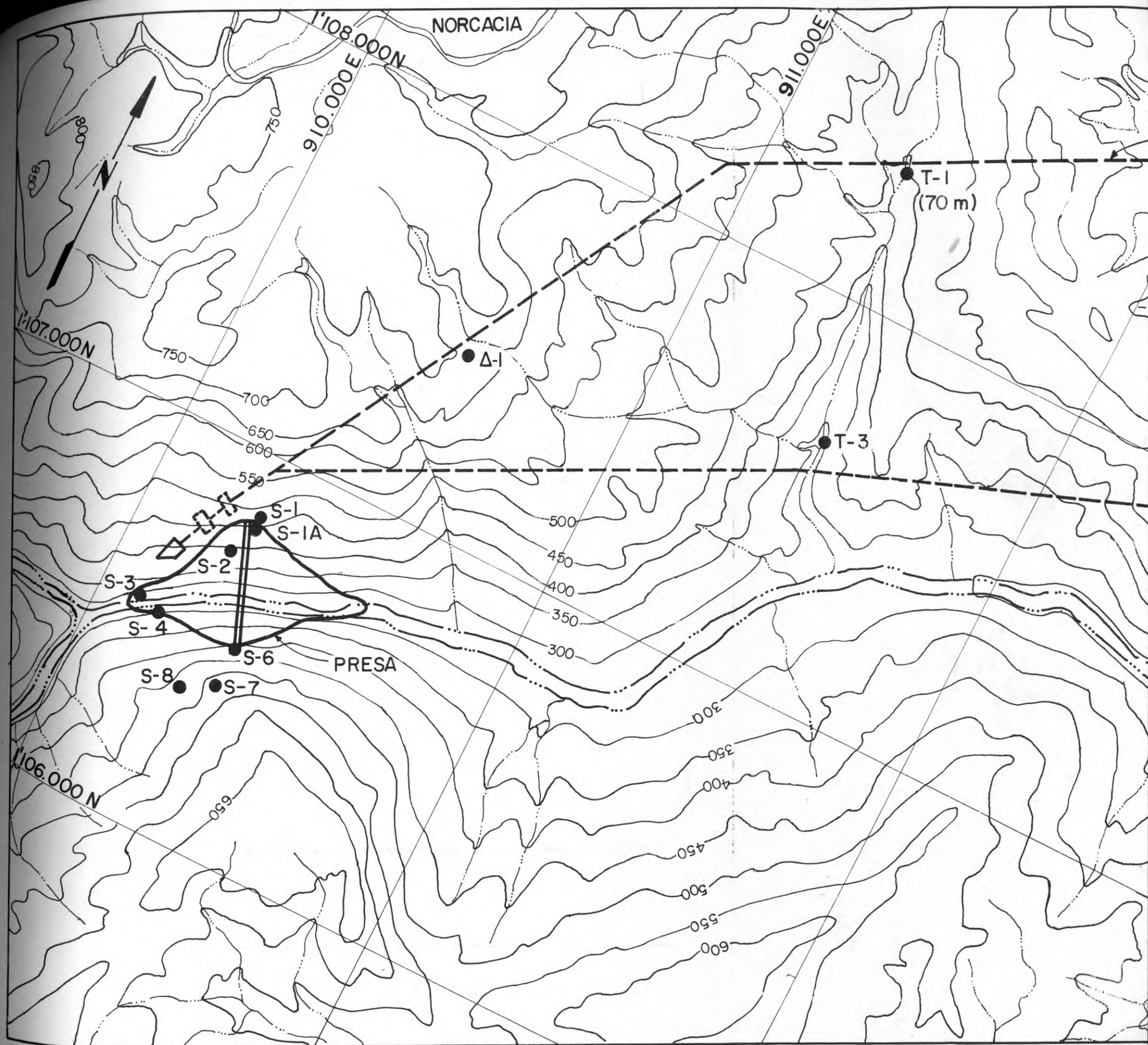
SECCIONES TRANSVERSALES GALERIA G-2
Escala "A"

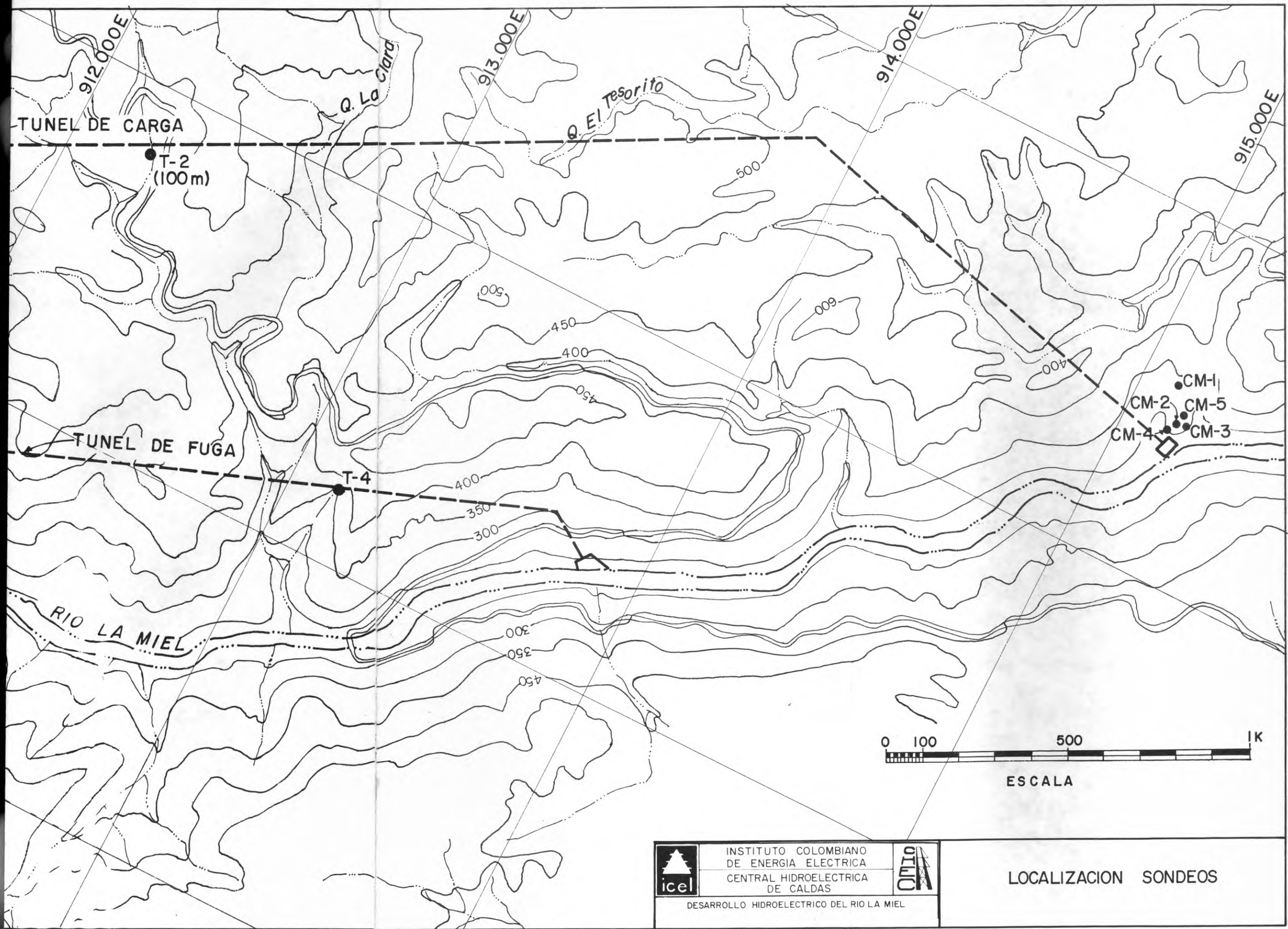
CONVENCIONES

- es** Esquisto cuarzofeldespático - micáceo bandeado.
- Kdpd** Dique pórfido - dacítico.
- Kdp_L** Dique pegmatítico
- Contacto geológico.
- Diaclasa lisa cerrada con superficies levemente oxidadas y/o cloritizadas.
- Diaclasa cerrada, seca, que forma zonas finamente fracturadas y oxidadas de 1 a 5 cm. de espesor.
- Diaclasa abierta con zonas de fracturación y meteorización, de 5 a 25 cm. de espesor.
- Diaclasa fresca, que coincide con la foliación.
- 65° Rumbo y buzamiento de diaclasa.
- 70° Rumbo y buzamiento de foliación.
- Zona de sobreexcavación.
- Infiltración moderada.
- Infiltración continua.
- Muestra de roca.



	INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALDAS	
	DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL PROYECTO MIEL I - FACTIBILIDAD TECNICA	
GEOLOGIA DE LAS GALERIAS G-1 Y G-2 EJE DE PRESA MIEL I		
CONSORCIO RIO LA MIEL INTERDISEÑOS-SUELOS Y FUNDACIONES-GEOCOLOMBIA		FECHA JUNIO-1979 C = 24





	INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA	
	CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALDAS	
DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL		

LOCALIZACION SONDEOS

FIGURA C- 25

APENDICE C

ANEXO 4

ENSAYOS DE AGUA A PRESION - RESUMEN DE RESULTADOS

ENSAYO DE AGUA PRESION - RESUMEN DE RESULTADOS

PROYECTO RIO MIÉL I
 ZONA Presa
 NIVEL FREATICO 37.70 metros
 FECHA Julio 8 y 9 de 1978

SONDEO S - 1
 INCLINACION Vertical RUMBO _____
 COTAS SUPERFICIE _____ ROCA _____

PROFUNDIDAD m.	DIAMETRO	PROF. N.F.	CAUDAL Lt/Min/m	PRESION MANOMETRICA Kg/cm ²	PRESION NETA Kg/cm ²	PERMEABILIDAD UNIDAD LUGEON	TIPO DE FLUJO
3.0-6.0	NX	37.70	11.30	0	0.66	> 100	A ₁ - A ₃
6.0-9.0	NX	37.70	0.73 0.90 1.40 1.07 0.90	0.35 0.74 1.55 0.74 0.35	1.31 1.70 2.51 1.70 1.31	7.0	L ₂
7.0-10.0	NX	37.70	11.30	0	1.06	> 100	A ₁ - A ₃
8.0-11.0	NX	37.70	11.30	0	1.16	> 100	A ₁ - A ₃
9.0-12.0	NX	37.70	11.30	0	1.26	100	A ₁ - A ₃
10.0-13.0	NX	37.70	12.30	0	1.36	100	A ₁ - A ₃
13.0-16.0	NX	37.70	6.05 7.57 8.87 7.00 4.80	0.77 1.55 2.11 1.55 0.77	2.43 3.21 3.77 3.21 2.43	22.0	L ₁
14.0-17.0	NX	37.70	11.67	0	1.76	80.0	A ₁ - A ₃
15.0-18.0	NX	37.70	12.67	0	1.86	80.0	A ₁ - A ₃
16.0-19.0	NX	37.70	12.00	0	1.96	80.0	A ₁ - A ₃
17.0-20.0	NX	37.70	12.00	0	2.06	70.0	A ₁ - A ₃

OBSERVACIONES: L₂ = Con destapamiento a alta presión
 L₁ = Con taponamiento a alta presión
 A₁ = No se logra incrementar la presión
 A₃ = Caudal medido a una sola presión

TIPO DE FLUJO: L - Darcy (Laminar) I - Intermedio N - Absorción nula
 T - Chezy (Turbulento) A - Anormal
 D - De Deformación

PROYECTO LA MIEL I
 ZONA Presa
 NIVEL FREATICO 37.70 metros
 FECHA Julio 8 y 9 de 1978

SONDEO S - 1
 INCLINACION V RUMBO _____
 COTAS SUPERFICIE _____ ROCA _____

PROFUNDIDAD m.	DIAMETRO	PROF. N. F.	CAUDAL Lt/Min/m	PRESION MANOMETRICA Kg/cm ²	PRESION NETA Kg/cm ²	PERMEABILIDAD UNIDAD LUGEON	TIPO DE FLUJO
20.0-23.0	NX	37.70	0.26	1.05	3.41	0.7	L ₁
			0.30	2.46	4.82		
			0.47	4.92	7.28		
			0.07	2.46	4.82		
			0.03	1.05	3.41		
23.0-26.0	NX	37.70	0	1.41	4.07	0.2	N
			0	2.81	5.47		
			0.07	4.22	6.88		
			0.03	2.81	5.47		
			0	1.41	4.07		
26.0-29.0	NX	37.70	0	1.41	4.37	0.0	N
			0	3.16	6.12		
			0	6.33	9.29		
			0	3.16	6.12		
			0	1.41	4.37		
29.0-32.0	NX	37.70	0	1.76	5.02	0.5	N
			0	3.52	6.78		
			0.50	7.03	10.29		
			0.17	3.52	6.78		
			0	1.76	5.02		
30.0-33.0	NX	37.70	11.53	1.83	5.19	35.0	A ₁ - A ₃

OBSERVACIONES: De 33.7 metros hasta 42.57 fin del pozo no se hicieron ensayos de permeabilidad por haberse quedado tubería de perforación a lo largo del tramo

TIPO DE FLUJO: L - Darcy (Laminar) I - Intermedio N - Absorción nula
 T - Chezy (Turbulento) A - Anormal
 D - De Deformación

CONSORCIO RIO LA MIEL

ENSAYO DE AGUA PRESION - RESUMEN DE RESULTADOS

PROYECTO RIO MIEL I
 ZONA Presa
 NIVEL FREATICO Variable
 FECHA Agosto 4 a Septiembre 6 de 1978

SONDEO S - 1A
 INCLINACION ∇ RUMBO _____
 COTAS SUPERFICIE ROCA

PROFUNDIDAD m.	DIAMETRO	PROF. N. F.	CAUDAL Lt/Min/m	PRESION MANOMETRICA Kg/cm ²	PRESION NETA Kg/cm ²	PERMEABILIDAD UNIDAD LUGEON	TIPO DE FLUJO
3.6-7.0	NX	8.10	9.26	0	0.76	> 100	A ₁ -A ₃
7.0-10.0	NX	36.00	9.26	0	1.08	100	A ₁ -A ₃
8.0-11.0	NX	36.00	0	0.49	1.67	0	N
			0	0.98	2.16		
			0	1.97	3.15		
			0	0.98	2.16		
			0	0.49	1.67		
11.0-14.0	NX	36.0	0	0.68	2.16	0.5	N
			0	1.35	2.83		
			0.19	2.71	4.19		
			0	1.35	2.83		
			0	0.68	2.16		
14.0-17.0	NX	36.0	0.08	0.88	2.66	0.6	L
			0.11	1.75	3.53		
			0.21	3.51	5.29		
			0.13	1.76	3.54		
			0.10	0.88	2.66		
17.0-20.0	NX	36.00	0	1.05	3.13	0	N
			0	2.11	4.19		
			0	4.22	6.30		
			0	2.11	4.19		
			0	1.05	3.13		
20.0-23.0	NX	36.0	0	1.23	3.61	0	N
			0	2.46	4.84		

OBSERVACIONES: L₂, T₂, D₂ = Con destapamiento a alra presión
L₁, T₁, D₁ = Con taponamiento a alta presión
A₁ = No se logra incrementar la presión
A₃ = Caudal medido a una sola presión

TIPO DE FLUJO: L - Darcy (Laminar) I - Intermedio N - Absorción nula
 T - Chezy (Turbulento) A - Anormal
 D - De Deformación
 HOJA 1 DE 7

CONSORCIO RIO LA MIEL

ENSAYO DE AGUA PRESION - RESUMEN DE RESULTADOS

PROYECTO RIO MIEL I
 ZONA Presa
 NIVEL FREATICO Variable
 FECHA Agoato 4 a Septiembre 6 de 1978

SONDEO S - 1A
 INCLINACION ∇ RUMBO _____
 COTAS SUPERFICIE _____ ROCA _____

PROFUNDIDAD m.	DIAMETRO	PROF. N. F.	CAUDAL Lt/Min/m	PRESION MANOMETRICA Kg/cm ²	PRESION NETA Kg/cm ²	PERMEABILIDAD UNIDAD LUGEON	TIPO DE FLUJO
			0	4.92	7.30		
			0	2.46	4.84		
			0	1.23	3.61		
23.0-26.0	NX	36.0	0	1.40	4.08	0.1	N
			0	2.81	5.49		
			0.03	5.62	8.30		
			0	1.40	4.08		
26.0-29.0	NX	36.0	7.00	0.49	3.47		
			7.33	1.05	4.03		
			9.00	2.81	5.79		
			7.09	1.05	4.03		
			6.50	0.49	3.47		
29.0-32.0	NX	36.0	5.29	0.88	4.16	11.0	D
			5.66	1.76	5.04		
			8.33	4.22	7.50		
			5.66	1.76	5.04		
			5.20	0.88	4.16		
32.0-35.0	NX	36.0	0	1.97	5.55	0.05	N
			0.03	3.94	7.52		
			0.07	7.87	11.45		
			0	3.94	7.52		
			0	1.97	5.55		
33.0-36.0	NX	36.00	9.66	0	3.68	30.0	A ₁ -A ₃
34.0-37.0	NX	36.00	9.66	0	3.78	29.0	A ₁ -A ₃

OBSERVACIONES: _____

TIPO DE FLUJO : L - Darcy (Laminar) I - Intermedio N - Absorción nula
 T - Chezy (Turbulento) A - Anormal
 D - De Deformación

CONSORCIO RIO LA MIEL

ENSAYO DE AGUA PRESION - RESUMEN DE RESULTADOS

PROYECTO RIO MIEL I
 ZONA Presas
 NIVEL FREATICO _____
 FECHA Agosto 4 a Septiembre 6 de 1978

SONDEO S - 1A
 INCLINACION V RUMBO _____
 COTAS SUPERFICIE _____ ROCA _____

PROFUNDIDAD m.	DIAMETRO	PROF. N. F.	CAUDAL Lt/Min/m	PRESION MANOMETRICA Kg/cm ²	PRESION NETA Kg/cm ²	PERMEABILIDAD UNIDAD LUGEON	TIPO DE FLUJO
35.0-38.0	NX	36.0	9.66	0	3.83	29.0	A ₁ - A ₃
36.0-39.0	NX	36.0	9.66	0	3.83	29.0	A ₁ - A ₃
39.5-42.5	BX	26.40	0.19	2.46	5.33	0.5	D ₂
			0.30	4.92	7.79		
			0.96	9.84	12.71		
			0.39	4.92	7.79		
42.5-45.5	BX	26.40	0.03	2.46	5.33	0.14	L
			0.08	4.92	7.79		
			0.22	9.84	12.71		
			0.08	4.92	7.79		
45.5-48.5	BX	26.40	3.72	2.46	5.33	7.2	L ₂
			5.52	4.92	7.79		
			9.00	8.43 *	11.30		
			6.16	4.92	7.79		
48.5-51.5	BX	26.40	0.82	2.46	5.33	1.3	T ₁
			1.18	4.92	7.79		
			1.42	9.84	12.71		
			0.85	4.92	7.79		
51.5-54.5	BX	26.40	0.13	2.46	5.33	0.3	D ₂
			0.18	4.92	7.79		

OBSERVACIONES : * No subió más la presión

TIPO DE FLUJO : L - Darcy (Laminar) I - Intermedio N - Absorción nula
 T - Chezy (Turbulento) A - Anormal
 D - De Deformación

CONSORCIO RIO LA MIEL

ENSAYO DE AGUA PRESION - RESUMEN DE RESULTADOS

PROYECTO RIO MIEL I
 ZONA Presa
 NIVEL FREATICO Variable
 FECHA Agosto 4 a Septiembre 6 de 1978

SONDEO S - 1A
 INCLINACION ∇ RUMBO _____
 COTAS SUPERFICIE _____ ROCA _____

PROFUNDIDAD m.	DIAMETRO	PROF. N. F.	CAUDAL Lt/Min/m	PRESION MANOMETRICA Kg/cm ²	PRESION NETA Kg/cm ²	PERMEABILIDAD UNIDAD LUGEON	TIPO DE FLUJO
			0.36	9.85	12.71		
			0.22	4.92	7.79		
			0.16	2.46	5.33		
54.5-57.5	BX	26.40	1.47	2.46	5.33	5.5	T ₁
			3.73	4.92	7.79		
			6.20	9.85	12.71		
			2.17	4.92	7.79		
			1.43	2.46	5.33		
57.5-60.5	BX	26.40	0.17	2.46	5.33	0.3	D
			0.22	4.92	7.79		
			0.40	9.85	12.71		
			0.22	4.92	7.79		
			0.13	2.46	5.33		
60.5-63.5	BX	26.40	10.0	0	2.89	45.0	A ₁ - A ₃
62.0-65.0	BX	24.10	0.66	2.46	5.12	1.3	D ₂
			0.92	4.92	7.58		
			1.87	9.84	12.50		
			1.00	4.92	7.58		
			0.67	2.46	5.12		
65.0-68.0	BX	24.10	0.64	2.46	5.12	1.5	D ₂
			0.93	4.92	7.58		
			2.13	9.84	12.50		
			1.08	4.92	7.58		
			0.68	2.46	5.12		

OBSERVACIONES: _____

TIPO DE FLUJO: L - Darcy (Laminar) I - Intermedio N - Absorción nula
 T - Chezy (Turbulento) A - Anormal
 D - De Deformación HOJA 4 DE 7

CONSORCIO RIO LA MIEL

ENSAYO DE AGUA PRESION - RESUMEN DE RESULTADOS

PROYECTO RIO MIEL I
 ZONA Presa
 NIVEL FREATICO Variable
 FECHA Agosto 4 a Septiembre 6 de 1978

SONDEO S - 1A
 INCLINACION ∇ RUMBO _____
 COTAS SUPERFICIE _____ ROCA _____

PROFUNDIDAD m.	DIAMETRO	PROF. N. F.	CAUDAL Lt/Min/m	PRESION MANOMETRICA Kg/cm ²	PRESION NETA Kg/cm ²	PERMEABILIDAD UNIDAD LUGEON	TIPO DE FLUJO
68.0-71.0	BX	24.10	0.56	2.46	5.12	1.2	D ₂
			0.71	4.92	7.58		
			1.81	9.84	12.50		
			1.03	4.92	7.58		
			0.74	2.46	5.12		
71.0-74.0	BX	24.10	0	2.46	5.12	0	N
			0	4.92	7.58		
			0	9.84	12.50		
			0	4.92	7.50		
			0	2.46	5.12		
74.0-77.0	BX	24.10	0.35	2.46	5.12	0.7	L
			0.53	4.92	7.58		
			0.82	9.84	12.50		
			0.51	4.92	7.58		
			0.38	2.46	5.12		
77.0-80.0	BX	24.10	0.52	2.46	5.12	0.9	T ₁
			0.73	4.92	7.58		
			1.04	9.84	12.50		
			0.56	4.92	7.58		
			0.40	2.46	5.12		
80.0-83.0	BX	24.10	0.08	2.46	5.12	0.24	L
			0.17	4.92	7.58		
			0.32	9.84	12.50		
			0.15	4.92	7.58		
			0.08	2.46	5.12		

OBSERVACIONES: _____

TIPO DE FLUJO: L - Darcy (Laminar) I - Intermedio N - Absorción nula
 T - Chezy (Turbulento) A - Anormal
 D - De Deformación

CONSORCIO RIO LA MIEL

ENSAYO DE AGUA PRESION - RESUMEN DE RESULTADOS

PROYECTO RIO MIEL I
 ZONA Presa
 NIVEL FREATICO
 FECHA Agosto 4 a Septiembre 6 de 1978

SONDEO S - 1A
 INCLINACION V RUMBO
 COTAS SUPERFICIE ROCA

PROFUNDIDAD m.	DIAMETRO	PROF. N. F.	CAUDAL L1/Min/m	PRESION MANOMETRICA Kg/cm ²	PRESION NETA Kg/cm ²	PERMEABILIDAD UNIDAD LUGEON	TIPO DE FLUJO
83.0-86.0	BX	24.10	0.18	2.46	5.12	0.36	T ₁
			0.30	4.92	7.58		
			0.41	9.84	12.50		
			0.21	4.92	7.58		
			0.12	2.46	5.12		
86.0-89.0	BX	24.10	0.18	2.46	5.12	0.36	T ₁
			0.30	4.92	7.58		
			0.42	9.84	12.50		
			0.21	4.92	7.58		
			0.12	2.46	5.12		
89.0-92.0	BX	24.10	0.28	2.46	5.12	0.46	T ₁
			0.43	4.92	7.58		
			0.48	9.84	12.50		
			0.19	4.92	7.58		
			0.12	2.46	5.12		
92.0-95.0	BX	24.10	0	2.46	5.12	0.02	N
			0	4.92	7.58		
			0.03	9.84	12.50		
			0	4.92	7.58		
			0	2.46	5.12		
95.0-98.0	BX	24.10	0.01	2.46	5.12	0.03	N
			0.02	4.92	7.58		
			0.03	9.84	12.50		
			0	4.92	7.58		
			0	2.46	5.12		

OBSERVACIONES :

TIPO DE FLUJO : L - Darcy (Laminar) I - Intermedio N - Absorción nula
 T - Chezy (Turbulento) A - Anormal

ENSAYO DE AGUA PRESION - RESUMEN DE RESULTADOS

PROYECTO RIO MIEL I
 ZONA Presas
 NIVEL FREATICO Variable
 FECHA Agosto 4 a Septiembre 6 de 1978

SONDEO S - 1A
 INCLINACION V RUMBO _____
 COTAS SUPERFICIE _____ ROCA _____

PROFUNDIDAD m.	DIAMETRO	PROF. N.F.	CAUDAL L1/Min/m	PRESION MANOMETRICA Kg/cm ²	PRESION NETA Kg/cm ²	PERMEABILIDAD UNIDAD LUGEON	TIPO DE FLUJO
98.0-101.0	BX	24.10	0	2.46	5.12	0.03	N
			0.02	4.92	7.58		
			0.04	9.84	12.50		
			0	4.92	7.58		
			0	2.46	5.12		
101.0-104.0	BX	24.10	0	2.46	5.12	0	N
			0	4.92	7.58		
			0	9.84	12.50		
			0	4.92	7.58		
			0	2.46	5.12		
104.0-107.0	BX	24.10	0	2.46	5.12	0	N
			0	4.92	7.58		
			0	9.84	12.50		
			0	4.92	7.58		
			0	2.46	5.12		
107.0-110.0	BX	24.10	0	2.46	5.12	0	N
			0	4.92	7.58		
			0	9.84	12.50		
			0	4.92	7.58		
			0	2.46	5.12		

OBSERVACIONES: _____

TIPO DE FLUJO: L - Darcy (Laminar) I - Intermedio N - Absorción nula
 T - Chezy (Turbulento) A - Anormal
 D - De Deformación
 HOJA 7 DE 7

CONSORCIO RIO LA MIEL

ENSAYO DE AGUA PRESION - RESUMEN DE RESULTADOS

PROYECTO Miel I
 ZONA Presas
 NIVEL FREATICO Variable
 FECHA Diciembre 15 de 1978

SONDEO S - 2
 INCLINACION 49° RUMBO _____
 COTAS SUPERFICIE ROCA

PROFUNDIDAD m.	DIAMETRO	PROF. N. F.	CAUDAL Lt/Min/m	PRESION MANOMETRICA Kg/cm ²	PRESION NETA Kg/cm ²	PERMEABILIDAD UNIDAD LUGEON	TIPO DE FLUJO
9.8-12.8	NX	7.7	9.67	2.41	3.23	20.00	A ₁ - A ₃
12.8-15.8	NX	6.6	8.00	3.15	3.86	15.00	A ₁ - A ₃
15.8-18.8	NX	6.6	0.25	0.95	1.66	20.00	T
			0.57	1.90	2.61		
			1.03	3.87	4.58		
			0.57	1.90	2.61		
			0.26	0.95	1.66		
18.8-21.8	NX	16.5	0.49	1.16	2.86	1.6	L
			0.67	2.31	4.01		
			1.00	4.63	6.33		
			0.67	2.31	4.01		
			0.50	1.16	2.86		
21.8-24.8	NX	16.5	0	1.39	3.09	0	N
			0	2.69	4.39		
			0	5.37	7.07		
			0	2.69	4.39		
			0	1.39	3.09		
24.8-27.8	NX	16.5	1.33	1.53	3.23	6.40	D
			2.33	3.05	4.75		
			4.67	6.10	7.80		
			2.30	3.05	4.75		
			1.32	1.53	3.23		

OBSERVACIONES : _____

TIPO DE FLUJO : L - Darcy (Laminar) I - Intermedio N - Absorción nula
 T - Chezy (Turbulento) A - Anormal
 D - De Deformación

CONSORCIO RIO LA MIEL

ENSAYO DE AGUA PRESION - RESUMEN DE RESULTADOS

PROYECTO MIEL I
 ZONA Rebosadero
 NIVEL FREATICO Variable
 FECHA Enero 15 de 1979

SONDEO S-7
 INCLINACION V. RUMBO _____
 COTAS SUPERFICIE _____ ROCA _____

PROFUNDIDAD m.	DIAMETRO	PROF. N. F.	CAUDAL Lt/Min/m	PRESION MANOMETRICA Kg/cm ²	PRESION NETA Kg/cm ²	PERMEABILIDAD UNIDAD LUGEON	TIPO DE FLUJO
6.0-9.0	NX	8.9	2.25	0.37	1.24	23.0	D ₂
			2.90	0.74	1.61		
			5.17	1.48	2.35		
			3.67	0.74	1.61		
			2.86	0.37	1.24		
9.0-12.0	NX	8.9	0	0.54	1.55	0.9	T ₂
			0.20	1.10	2.11		
			0.31	2.22	3.23		
			0.22	1.10	2.11		
			0.13	0.54	1.55		
12.0-15.0	NX	8.9	0	0.74	1.75	0	N
			0	1.48	2.49		
			0	2.95	3.96		
			0	1.48	2.49		
			0	0.74	1.75		
15.5-18.5	NX	32.0	0.05	0.95	2.92	0.22	D
			0.06	1.90	3.87		
			0.11	3.80	5.77		
			0.06	1.90	3.87		
			0.05	0.95	2.92		
18.5-19.5	NX	32.0	0.05	1.02	3.09	0.29	D
			0.07	2.04	4.11		
			0.15	4.08	6.15		
			0.07	2.04	4.11		
			0.05	1.02	3.09		

OBSERVACIONES : _____

TIPO DE FLUJO : L - Darcy (Laminar) I - Intermedio N - Absorción nula
 T - Chezy (Turbulenta) A - Anormal
 D - De Deformación

CONSORCIO RIO LA MIEL

ENSAYO DE AGUA PRESION - RESUMEN DE RESULTADOS

PROYECTO Miel I
 ZONA Rebosadero
 NIVEL FREATICO Variable
 FECHA Enero 15 de 1979

SONDEO S-7
 INCLINACION ∇ RUMBO _____
 COTAS SUPERFICIE _____ ROCA _____

PROFUNDIDAD m.	DIAMETRO	PROF. N. F.	CAUDAL Lt/Min/m	PRESION MANOMETRICA Kg/cm ²	PRESION NETA Kg/cm ²	PERMEABILIDAD UNIDAD LUGEON	TIPO DE FLUJO
19.5-22.5	NX	32.0	4.50	1.20	3.57	12.4	D ₂
			5.59	2.39	4.76		
			8.79	4.78	7.15		
			7.02	2.39	4.76		
			5.78	1.20	3.57		
22.5-25.5	NX	32.0	15.8	1.41	4.08	25.7	L
			18.1	2.81	5.48		
			22.7	5.56	8.23		
			18.1	2.81	5.48		
			15.6	1.41	4.08		
25.8-28.8	NX	32.0	16.3	1.55	4.40	23.4	T
			19.0	3.16	6.01		
			22.3	6.23	9.08		
			18.9	3.16	6.01		
			16.2	1.55	4.40		
28.0-31.0	NX	32.0	0	1.76	4.79	0	N
			0	3.44	6.47		
			0	6.89	9.92		
			0	3.44	6.47		
			0	1.76	4.79		
30.5-33.5	NX	32.0	0.26	1.86	5.14	0.9	L ₂
			0.50	3.76	7.04		
			0.97	7.52	10.80		
			0.67	3.76	7.04		
			0.52	1.86	5.14		

OBSERVACIONES : _____

TIPO DE FLUJO :

L - Darcy (Laminar) I - Intermedio N - Absorción nula
 T - Chezy (Turbulento) A - Anormal
 D - De Deformación

CONSORCIO RIO LA MIEL

ENSAYO DE AGUA PRESION - RESUMEN DE RESULTADOS

PROYECTO Miel I
 ZONA Rebosadero
 NIVEL FREATICO Variable
 FECHA Enero 15 de 1979

SONDEO S - 7
 INCLINACION ✓ RUMBO _____
 COTAS SUPERFICIE _____ ROCA _____

PROFUNDIDAD m.	DIAMETRO	PROF. N. F.	CAUDAL L/Min/m	PRESION MANOMETRICA Kg/cm ²	PRESION NETA Kg/cm ²	PERMEABILIDAD UNIDAD LUGEON	TIPO DE FLUJO
33.5-36.5	NX	32.0	1.50	2.04	5.32	3.3	D ₂
			1.86	4.08	7.36		
			3.88	8.23	11.51		
			2.53	4.08	7.36		
			1.92	2.04	5.32		
36.5-39.5	NX	32.0	9.7	2.25	5.53	19.1	T ₁
			15.0	4.50	7.78		
			23.6	9.00	12.28		
			14.4	4.50	7.78		
			8.7	2.25	5.53		
39.5-42.5	NX	31.7	2.61	2.46	5.73	5.5	D ₂
			3.20	4.92	8.19		
			6.76	9.85	13.12		
			4.57	4.92	8.19		
			3.61	2.46	5.73		
42.5-45.5	BX	31.7	0	2.46	5.73	0.5	D ₂
			0.19	4.92	8.19		
			1.04	9.85	13.12		
			0.22	4.92	8.19		
			0.10	2.46	5.73		
45.5-48.5	BX	31.7	0.22	2.46	5.73	0.36	D ₁
			0.33	4.92	8.19		
			0.40	9.85	13.12		
			0.19	4.92	8.19		
			0.13	2.46	5.73		

OBSERVACIONES :

TIPO DE FLUJO : L - Darcy (Laminar) I - Intermedio N - Absorción nula
 T - Chezy (Turbulenta) A - Anormal
 D - De Deformación

CONSORCIO RIO LA MIEL

ENSAYO DE AGUA PRESION - RESUMEN DE RESULTADOS

PROYECTO Miel I
 ZONA Rebosadero
 NIVEL FREATICO Variable
 FECHA Enero 15 de 1979

SONDEO S - 7
 INCLINACION V. RUMBO _____
 COTAS SUPERFICIE _____ Roca _____

PROFUNDIDAD m.	DIAMETRO	PROF. N. F.	CAUDAL Lt/Min/m	PRESION MANOMETRICA Kg/cm ²	PRESION NETA Kg/cm ²	PERMEABILIDAD UNIDAD LUGEON	TIPO DE FLUJO
48.5-51.5	BX	31.7	0.21	2.46	5.73	0.34	L
			0.28	4.92	8.19		
			0.44	9.85	13.12		
			0.28	4.92	8.19		
			0.22	2.46	5.73		
51.5-54.5	BX	31.7	0	2.46	5.73	0.30	D ₂
			0.07	4.92	8.19		
			0.40	9.85	13.12		
			0.25	4.92	8.19		
			0.19	2.46	5.73		
54.5-57.5	BX	31.7	0	2.46	5.73	0.07	N
			0	4.92	8.19		
			0.11	9.85	13.12		
			0	4.92	8.19		
			0	2.46	5.73		
57.5-60.5	BX	31.7	0	2.46	5.73	0	N
			0	4.92	8.19		
			0	9.85	13.12		
			0	4.92	8.19		
			0	2.46	5.73		

OBSERVACIONES : _____

TIPO DE FLUJO : L - Darcy (Laminar) I - Intermedio N - Absorción nula
 T - Chezy (Turbulenta) A - Anormal
 D - De Deformación

CONSORCIO RIO LA MIEL

ENSAYO DE AGUA PRESION - RESUMEN DE RESULTADOS

PROYECTO RIO LA MIEL I
 ZONA Rebosadero
 NIVEL FREATICO _____
 FECHA Noviembre 12 a Noviembre 15 de 1978

SONDEO S - 8
 INCLINACION ✓ RUMBO _____
 COTAS SUPERFICIE _____ ROCA _____

PROFUNDIDAD m.	DIAMETRO	PROF. N. F.	CAUDAL L1/Min/m	PRESION MANOMETRICA Kg/cm ²	PRESION NETA Kg/cm ²	PERMEABILIDAD UNIDAD LUGEON	TIPO DE FLUJO
11.0-14.0	NX	11.0	0	0.70	1.87	0	N
			0	1.33	2.03		
			0	2.67	3.37		
			0	1.33	2.03		
			0	0.70	1.87		
12.7-15.7	NX	11.0	0	0.77	2.13	0.2	N
			0	1.54	2.31		
			0.09	3.09	3.86		
			0	1.54	2.31		
			0	0.77	2.13		
15.7-18.7	NX	11.0	0.56	0.98	2.34	3.5	L ₂
			0.90	1.90	3.26		
			1.66	3.86	5.22		
			1.03	1.90	3.26		
			0.80	0.98	2.34		
18.7-21.7	NX	11.0	2.23	1.12	2.48	11.0	L
			3.17	2.32	3.68		
			6.13	4.64	6.00		
			3.20	2.32	3.68		
			2.10	1.13	2.49		
21.7-24.7	NX	11.0	0	1.33	2.69	0	N
			0	2.67	4.03		
			0	5.34	6.70		
			0	2.67	4.03		
			0	1.33	2.69		

OBSERVACIONES : L₂ y D₂ = Con destapamiento a alta presión
 D₁ = Con taponamiento a alta presión

TIPO DE FLUJO : L - Darcy (Laminar) I - Intermedio N - Absorción nula
 T - Chezy (Turbulento) A - Anormal
 D - De Deformación
 HOJA 1 DE 3

CONSORCIO RIO LA MIEL

ENSAYO DE AGUA PRESION - RESUMEN DE RESULTADOS

PROYECTO RIO MIEL I
 ZONA Rebosadero
 NIVEL FREATICO _____
 FECHA Noviembre 12 a Noviembre 15 de 1978

SONDEO S - 8
 INCLINACION V RUMBO _____
 COTAS SUPERFICIE _____ ROCA _____

PROFUNDIDAD m.	DIAMETRO	PROF. N. F.	CAUDAL Lt/Min/m	PRESION MANOMETRICA Kg/cm ²	PRESION NETA Kg/cm ²	PERMEABILIDAD UNIDAD LUGEON	TIPO DE FLUJO
24.7-27.7	BX	11.0	0.50	1.47	2.83	2.0	D ₁
			0.66	2.95	4.31		
			1.33	5.97	7.33		
			0.50	2.95	4.31		
			0.33	1.47	2.83		
26.0-29.0	BX	11.0	0.33	1.59	2.95	1.9	D ₂
			0.50	3.20	4.56		
			1.30	6.40	7.76		
			0.66	3.20	4.56		
			0.43	1.59	2.95		
29.0-32.0	BX	11.0	0	1.77	3.13	0	N
			0	3.56	4.92		
			0	7.13	8.49		
			0	3.56	4.92		
			0	1.77	3.13		
32.0-35.0	BX	11.0	0	1.97	3.33	0	N
			0	3.94	5.30		
			0	7.87	9.23		
			0	3.94	5.30		
			0	1.97	3.33		
35.0-38.0	BX	11.0	0	2.14	3.50	0	N
			0	4.29	5.65		
			0	8.58	9.94		
			0	4.29	5.65		
			0	2.14	3.50		

OBSERVACIONES : _____

TIPO DE FLUJO : L - Darcy (Laminar) I - Intermedio N - Absorción nula
 T - Chezy (Turbulento) A - Anormal
 D - De Deformación

CONSORCIO RIO LA MIEL

ENSAYO DE AGUA PRESION - RESUMEN DE RESULTADOS

PROYECTO RIO MIEL I
 ZONA Rebosadero
 NIVEL FREATICO 11.0 metros
 FECHA Noviembre 12 a Noviembre 15 de 1978

SONDEO S - 8
 INCLINACION V RUMBO _____
 COTAS SUPERFICIE ROCA

PROFUNDIDAD m.	DIAMETRO	PROF. N. F.	CAUDAL Lt/Min/m	PRESION MANOMETRICA Kg/cm ²	PRESION NETA Kg/cm ²	PERMEABILIDAD UNIDAD LUGEON	TIPO DE FLUJO	
38.0-41.0	BX	11.0	3.24	2.32	3.68	5.8	D ₁	
				3.85	4.64			6.00
				6.10	9.28			10.64
				3.26	4.64			6.00
41.0-44.00	BX	11.0	2.33	2.32	3.68	0	N	
				0	2.46			3.82
				0	4.92			6.28
				0	9.84			11.20
44.0-47.0	BX	11.0	0	2.46	3.82	0	N	
				0	4.92			6.28
				0	9.84			11.20
				0	4.92			6.28
47.0-50.0	BX	11.0	0	2.46	3.82	0.1	N	
				0.06	4.92			6.28
				0.06	9.84			11.20
				0	4.92			6.28
			0	2.46	3.82			

OBSERVACIONES : _____

TIPO DE FLUJO : L - Darcy (Laminar) I - Intermedio N - Absorción nula
 T - Chezy (Turbulento) A - Anormal
 D - De Deformación

CUADRO C-2

ENSAYOS DE AGUA A PRESION - RESUMEN DE ABSORCIONES DE AGUA

Sondeo	Profund. Total m	Sector Investigado m	Número de Casos de Absorciones y % de Recurrencia										Total de Casos
			≤ 1 UL		1 - 5 UL		5 - 10 UL		10 - 50 UL		> 50 UL		
			No. de Casos	%	No. de Casos	%	No. de Casos	%	No. de Casos	%	No. de Casos	%	
<u>ESTRIBO IZQUIERO</u>													
S-1	42.6	3.0 - 33.0	4	25.0			1	6.2	2	6.2	9	56.3	16
S-1A	110.2	3.6 - 110.0	24	61.6	4	10.3	2	5.1	7	17.9	2	5.1	39
S-2	188.9	9.8 - 30.8	1	14.4	2	28.6	2	28.6	2	28.6			
TOTAL :			29	46.8	6	9.7	5	8.1	11	17.7	11	17.7	62
<u>ESTRIBO DERECHO</u>													
S-7	60.7	6.0 - 60.5	12	63.1	1	5.3	1	5.3	5	26.3			19
S-8	50.0	11.0 - 50.0	9	64.3	3	21.4	1	7.1	1	7.1			14
TOTAL :			21	63.6	4	12.1	2	6.1	6	18.2			33

PROPIEDAD
Sección Documentación
y Divulgación
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA

PROYECTO MIEL I
VOLUMEN III
APENDICE D -
SISMOLOGIA



APENDICE D

I N D I C E

CAPITULO		PAGINA
1	INTRODUCCION	D-1
2	RECOPIACION, CORRECCION Y ACTUALIZACION DE DATOS	D-1
3	MAPA SISMO-TECTONICO	D-2
4	FUENTE DE SISMICIDAD	D-2
5	DETERMINACION DE LA MAGNITUD MAXIMA	
	5.1 Estudio Estadístico	D-2
	5.1.1 Sistema de Fallas Romeral-Cauca	D-3
	5.1.2 Sistema de Fallas Salinas -Cambao	D-4
	5.2 Falla de Palestina	D-4
	5.2.1 Fallas de Jetudo y Mulato	D-4
6	DETERMINACION DE LA ACELERACION MAXIMA EN LA ZONA DEL PROYECTO	D-5
7	SISMICIDAD Y TIPO DE PRESA	D-5

APENDICE D

C U A D R O S

- D-1 FUENTE SISMO-TECTONICAS RELACIONADAS
CON EL PROYECTO MIEL I
- D-2 TERREMOTOS OCURRIDOS DE 1.935 a 1.973
- D-3 FRECUENCIA ACUMULADA DE TERREMOTOS
FALLA ROMERAL-CAUCA
- D-4 TASA DE MEDIA DE OCURRENCIA DE TERRENOS
FALLA ROMERAL-CAUCA
- D-5 TASA MEDIA DE OCURRENCIA Y PERIODO DE RETORNO
DE TERREMOTOS - FALLA ROMERAL-CAUCA
- D-6 TERREMOTOS ASOCIADOS CON LA FALLA DE PALESTINA
SIN CONFIRMACION EN EL CAMPO
- D-7 ACELERACIONES MAXIMAS ESPERADAS PARA MIEL I
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS

APENDICE D

FIGURAS

- D-1 MIEL I - MAPA SISMICO
- D-2 FALLA ROMERAL-CAUCA - TASA MEDIA DE OCURRENCIA
- D-3 FALLA ROMERAL-CAUCA - CURVA DE RECURRENCIA
- D-4 FALLA SALINAS-CAMBAO - TASA MEDIA DE OCURRENCIA
- D-5 FALLA SALINAS-CAMBAO - CURVA DE RECURRENCIA

APENDICE D

S I S M O L O G I A

INTRODUCCION

La localización del proyecto Miel I en una de las zonas sísmicas de mayor intensidad en el país, motivó profundizar los estudios sísmicos realizados en la Etapa A, con el fin de establecer parámetros de diseño preliminares, a nivel de factibilidad.

La metodología empleada en los estudios sísmicos consistió en la recopilación, revisión y corrección de los datos de terremotos ocurridos en la zona de influencia del proyecto, la determinación de las fuentes de sismicidad, el análisis estadístico de las fuentes seleccionadas, complementación de los resultados con estudios realizados para otros proyectos, la elaboración del mapa sismo-tectónico de la zona y la selección de la curva de atenuación de aceleraciones más propicia para el sitio del proyecto.

Al final de este Apéndice se presenta un resumen de la bibliografía que sirvió de base para los estudios.

RECOPIACION, CORRECCION Y ACTUALIZACION DE DATOS

En el estudio "Historia de los Terremotos en Colombia", se encuentra un listado de los terremotos ocurridos hasta principios de 1973. Se procedió a actualizar el listado para lo cual se contó con la colaboración del personal del Instituto Geofísico de los Andes Colombianos de la Universidad Javeriana. El Instituto está preparando un nuevo listado de la Historia de los Terremotos en Colombia el cual fué empleado para actualizar el listado anterior, con la calificación en magnitud Richter de los terremotos históricos.

Los terremotos posteriores a mayo de 1976 se tomaron de los boletines que emite mensualmente el National Oceanic and Atmospheric Administration, del U.S. Department of Commerce, con los cuales se actualizó el listado hasta diciembre de 1977.

Todos los datos mencionados anteriormente se confrontaron con los suministrados al Consorcio por la Weston Geophysical Corporation y se complementaron y corrigieron los posibles errores en magnitud, localización y fecha de los dos trabajos citados.

3. MAPA SISMO-TECTONICO

La elaboración del mapa sismo-tectónico de la zona del proyecto que se muestra en la Figura D-1, se hizo con base en el Mapa Geológico de Colombia, en el cual se pueden observar las fallas más importantes de la región. Se demarcó la zona de influencia del proyecto y en ella se localizaron los terremotos seleccionados, clasificados según magnitud Richter, profundidad en kilómetros y año de ocurrencia.

4. FUENTE DE SISMICIDAD

En el mapa sismo-tectónico se seleccionaron las fuentes de sismicidad que, como puede observarse en la Figura D-1, agrupan la mayoría de los epicentros detectados en la zona del proyecto.

En el Cuadro D-1 se muestran las cuatro principales fuentes probables de sismicidad que se pueden relacionar con el proyecto Miel I, sus vinculaciones con una o varias fallas, las longitudes visibles de ruptura y la distancia de estas al sitio de presa.

5. DETERMINACION DE LA MAGNITUD MAXIMA

5.1 Estudio Estadístico

Para las fallas de Romeral-Cauca y Salinas-Cambao, de las cuales existen registros de datos, se realizó el estudio estadístico según el método utilizado por Stepp en el trabajo presentado para la conferencia de ingeniería sísmica de Ann Arbor y que se describe a continuación. Los datos mencionados se presentan en el Cuadro D-2.

Los terremotos ocurridos en cada fuente se agruparon en cuatro intervalos de magnitud, dándole a cada intervalo mayor o menor credibilidad según el período de observación. Se escogió el período que fuese más significativo. Para determinar la tasa media de ocurrencia de eventos de magnitud baja o media se tomaron períodos de observación de 15 o 20 años en los

cuales se registraron más datos y para magnitudes altas los períodos de observación fueron hasta de 50 años.

Se elaboraron gráficas en papel semilogarítmico de las tasas medias de ocurrencia (distribución acumulada) de eventos de magnitud igual o superior a una escogida, para períodos de observación de 5 en 5 años. Cuando la curva resultante al unir los puntos obtenidos lograba su estabilidad (tendencia a hacerse horizontal), se tomaba ese punto como significativo. El proceso se repitió para cada magnitud y se elaboraron así curvas de recurrencia ajustándolas mediante el método de los mínimos cuadrados, a la fórmula propuesta por Gutenberg-Richter:

$$\log N (M) = a - bM$$

donde: $N (M)$ = Tasa media de ocurrencia de terremotos mayores o iguales a M (distribución acumulada).

a = Constante que depende del período de observación y del nivel de sismicidad de la región o fuente considerada.

b = Pendiente de la línea $\log N$, específica para cada región o fuente sismo tectónica.

M = Magnitud Richter.

5.1.1 Sistemas de Fallas Romeral-Cauca

Aunque el sistema de fallas Romeral-Cauca es el más alejado del sitio del proyecto como se muestra en la Figura D-1 y en el Cuadro D-1, es la fuente de mayor sismicidad de la zona y se han detectado terremotos de magnitudes mayores a 6.0 como el registrado en Manizales en 1938, cuya magnitud fué de $M-7.00$.

En los Cuadros D-3, D-4 se muestra el método empleado para la selección de la tasa media de ocurrencia de la manera descrita en el numeral anterior. Los datos obtenidos se dibujaron en la Figura 2 y se seleccionaron las tasas medias de ocurrencia más confiables. En el Cuadro D-5 aparecen los valores obtenidos al ajustar dichos datos por el método de los mínimos cuadrados; también aparece el período de retorno para cada magnitud, seleccionándose como magnitud máxima para efectos de diseño $M-7.0$ con un período de retorno de aproximadamente 100 años. En la Fi

gura D-3 se muestra la curva de recurrencia de la falla Romeral-Cauca.

5.1.2 Sistema de Fallas Salinas-Cambao

La determinación de la magnitud máxima para este sistema de fallas se hizo de la manera descrita anteriormente para el sistema de fallas Romeral-Cauca, obteniéndose los resultados que se presentan en las Figuras D-4 y D-5. Con la curva de recurrencia para esta fuente se obtuvo una magnitud máxima $M=6.7$ cuyo período de retorno es de 100 años.

5.2 Falla de Palestina

La falla de Palestina tiene un rumbo aproximado de $N 15^{\circ}E$ y puede seguirse por unos 300 km a lo largo del flanco oriental de la Cordillera Central. La separación de la falla Otú en el sitio donde está desplazada por la de Palestina, es de dirección dextralateral en un total de 27.7 km.

Parece que la falla de Palestina se encuentra inactiva desde el Terciario, teoría que está respaldada por los estudios realizados por los consultores Woodward Clyde, Castrillón y Londoño, 1978, que califican de "probablemente inactiva" o "inactiva" a la falla de Palestina.

En el Cuadro D-6 se citan algunos de los terremotos que podrían asociarse con la falla de Palestina.

5.2.1 Fallas de Jetudo y Mulato

Estas fallas se trataron simultáneamente por cuanto el proyecto Miel I, se encuentra a 8.0 km de la intersección de las dos fallas en su tramo visible, como se muestra en la Figura D-1.

En el trabajo realizado por Woodward Clyde se clasifican las dos fallas como "probablemente activas" o "activas" con una calificación de actividad sísmica de C, en una escala con un máximo de A y un mínimo D. A la falla de Jetudo, con una longitud de 40 km se le podrían relacionar por fórmulas empíricas movimientos rápidos con una longitud máxima de ruptura de 20 km aproximadamente que podrían generar un terremoto de magnitud entre 5.0 y 7.0. Dada la moderada sismicidad alrededor de esta falla, sería conveniente suponer un terremoto de magnitud máxima de 6.0 grados.

DETERMINACION DE LA ACELERACION MAXIMA EN LA ZONA DEL PROYECTO

Un estudio de la curva de relación entre la aceleración y distancia que a parecen en el trabajo de Trifunacy y Brady muestra que la que mejor se adapta a Colombia, por cuanto no existe aún en el país una propia, sería la deducida por Cloud y Pérez para el Perú. El proceso tectónico de di cho país es el más parecido al colombiano por estar íntimamente relacio nados con la placa de subducción de Nazca, que es común a ambos países.

Aunque los terremotos más destructivos de las fuentes estudiadas a pro fundidades entre 100 y 160 km, no se puede descartar la ocurrencia de un terremoto destructivo a profundidades menores, porque se han detectado terremotos de magnitudes intermedias (4.5 a 6.0) a profundidades entre 60 y 90 km. La selección de la curva de atenuación de Kanay, deducida pa ra terremotos con profundidades hasta de 60 km, estaría de esa manera conservativamente estimada para las fallas de Romeral-Cauca, y se ajus ta bastante bien a las otras fuentes tratadas, ya que los terremotos ocu rridos en ellas tienen un promedio de profundidades de aproxidamente 60 km.

Por lo tanto se adoptó la fórmula de Kanay para determinar la acelera ción máxima en el sitio del proyecto.

Esta fórmula considera los parámetros de distancia a la falla, Magnitud Richter y período natural del terreno.

Como el proyecto Miel I se encuentra situado, según los estudios geológi- cos, en un terreno rocoso, duro y poco fracturado se puede suponer para este tipo de suelo un período natural de vibración entre 0.25 segundos y 0.50 segundos. Se calcularon las aceleraciones que se podrían presentar en el sitio del proyecto correspondiente a los valores supuestos, anterior mente, los cuales se muestran en el Cuadro D-7. Estos resultados mues tran que las aceleraciones que se pueden presentar son del orden de 0.18 g a 0.29 g, para este estudio se adoptó una aceleración de 0.25 g para la componente horizontal y de 0.15 g para la componente vertical.

SISMICIDAD Y TIPO DE PRESA

La alta sismicidad de la zona del proyecto prácticamente obliga a descar tar la construcción de una presa de arco de concreto y adoptar una presa de enrocado.

En el Japón se realizaron varios estudios sobre presas de arco en zonas sísmicas, habiéndose estudiado, entre otras, las de Kurube (180 m), Takane (130 m) y Nagavado (155 m).

En estas presas se realizaron ensayos vibratorios en campo, modelos físicos en laboratorio y observación de registros obtenidos durante movimientos sísmicos de moderada intensidad. Estos estudios llevaron a un conocimiento aproximado del comportamiento dinámico de dichas presas y recomienda no construir este tipo de presas en zonas donde se presenten aceleraciones mayores a 0.15 g, debido a que los terremotos fuertes están íntimamente relacionados con bajas frecuencias de movimiento del piso. Al vibrar el piso de esa manera se excita el primer modo de vibración de la presa y se le introducen los máximos esfuerzos. Además para el diseño de presa de arco, se deben llevar a cabo estrictas observaciones sismológicas y elaborar espectros de respuesta para cada sitio, con base en acelerogramas confiables, lo cual implicaría estudios que tardarían varios años.

Por otra parte, un gran número de presas de enrocado, que han estado sometidas a terremotos moderadamente fuertes, han mostrado en su mayoría un comportamiento satisfactorio y los daños que han sufrido se han podido reparar fácilmente.

CUADROS

Faint, illegible text on the left page, possibly bleed-through from the reverse side.

Faint, illegible text on the right page, possibly bleed-through from the reverse side.

Faint, illegible text on the right page, possibly bleed-through from the reverse side.

CUADRO D-1

CUADRO D-1

FUENTES SISMO - TECTONICAS
RELACIONADAS CON EL PROYECTO MIEL I

<u>F U E N T E</u>	<u>Longitud km</u>	<u>Distancia en km al Proyecto</u>
Falla de Romeral-Cauca	<u>1/</u>	55
Falla de Palestina	300	11
Falla de Mulato-Jetudo	40	8
Falla de Salinas-Cambao	100	35

CUADRO D-2

TERREMOTOS OCURRIDOS DE 1.935 a 1.973

Magnitud m	Profundidad km	Año	Magnitud m	Profundidad km	Año
3.0		69	4.0		59
3.0		67	5.3	127	65
3.0		65	3.5		67
3.5		68	4.5	132	76
3.5	153	68	4.9	123	76
4.7	155	70	3.0	229	77
3.0		58	4.4	177	67
3.5		61	3.0		66
3.0		63	4.5	167	69
4.6	150	70	5.0	116	64
4.9	100	63	4.1	75	68
3.5	150	68	3.9		63
4.5	157	68	3.5		68
3.0		58	4.0		59
4.0		52	5.5	150	35
4.9	91	66	4.4	75	74
4.6	150	75	3.5	166	63
5.0	84	73	4.3	61	69
3.0		70	6.9	176	63
4.6	106	66	6.2	158	73
4.3	63	64	3.5		63
3.5	114	67	4.3	62	64
3.0		64	5.2	144	75
3.0		62	4.1	105	68
4.0	116	66	4.0	200	56
4.1	109	69	5.0	103	56
5.5	118	73	4.6	161	71
3.5		63	7.0	160	38
3.0		67	3.5		67
4.1	154	64	3.0		64
3.5		63	3.5		67
			5.9	157	76

CUADRO D-3
 TASA MEDIA DE OCURRENCIA DE TERREMOTOS
 FRECUENCIA ACUMULADA DE TERREMOTOS
 FALLA ROMERAL-CAUCA

PERIODO OBSERVADO

	<u>30 M 4.4</u>	<u>TOTAL</u> <u>m 3.0</u>	<u>4.5 M 5.4</u>	<u>TOTAL</u> <u>m 4.5</u>	<u>5.5 M 5.6</u>	<u>TOTAL</u> <u>m 5.5</u>	<u>6.5 M</u>
1977 - 1977	1	1					
1976 - 1977	1	4	2	3	1	1	
1973 - 1977	2	10	5	8	3	3	
1968 - 1977	12	25	10	13	3	3	
1963 - 1977	33	52	15	19	3	4	1
1958 - 1977	39	58	15	19	3	4	1
1953 - 1977	40	60	16	20	3	4	1
1948 - 1977	41	61	16	20	3	4	1
1943 - 1977	41	61	16	20	3	4	1
1938 - 1977	41	62	16	21	3	5	2
1933 - 1977	41	63	16	22	4	6	2

D-9

CUADRO D-4

TASA MEDIA DE OCURRENCIA DE TERREMOTOS
FALLA ROMERAL-CAUCA

AÑOS OBSERVADOS	<u>M</u>	<u>3.0</u>	<u>M</u>	<u>4.5</u>	<u>M</u>	<u>5.5</u>	<u>M</u>	<u>6.5</u>
	<u>Cantidad</u>	<u>Tasa Media</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Tasa Media</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Tasa Media</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Tasa Media</u>
1	1	1.000						
2	4	2.000	3	1.500	1	0.500		
5	10	2.000	8	1.600	3	0.600		
10	25	2.500	13	1.300	3	0.300		
15	52	3.467	19	1.267	4	0.267	1	0.067
20	58	2.900	19	0.950	4	0.200	1	0.050
25	60	2.400	20	0.800	4	0.160	1	0.040
30	61	2.033	20	0.667	4	0.133	1	0.033
35	61	1.743	20	0.571	4	0.114	1	0.025
40	62	1.550	21	0.525	5	0.125	2	0.050
45	63	1.400	22	0.489	6	0.133	2	0.044
50	63	1.260	22	0.440	6	0.120	2	0.040

D-10

CUADRO D-5

TASA MEDIA DE OCURRENCIA Y PERIODO DE RETORNO DE
TERREMOTOS - FALLA ROMERAL-CAUCA

Curva de Recurrencia Log. $N = a - bM = 2.9818 - 0.7086 M$

<u>Magnitud del Sismo - M</u>	<u>Tasa media de ocurrencia Calculada eventos por año</u>	<u>Período de Retorno Años</u>
3.5	3.1755	0.32
4.5	0.6212	1.61
5.5	0.1215	8.23
6.5	0.0238	42.02
7.03	0.0100	100.00

CUADRO D-6

TERREMOTOS ASOCIADOS CON LA FALLA DE PALESTINA
SIN CONFIRMACION EN EL CAMPO

<u>Localización</u>	<u>Magnitud</u>	<u>Profundidad</u>	<u>A ñ o</u>
5.054 N: 75.299W	4.4	138	69
4.70 N: 74.800W	3.5		66
4.70 N: 75.300W	4.0	83	66
4.714 N: 75.320W		4	77

CUADRO D-7

ACELERACIONES MAXIMAS ESPERADAS PARA MIEL I
 PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS

Fuente o Falla	Magnitud Asignada m	Distancia Proyecto km	Período Ts=0.25 s	Período Ts=0.50 s
Romeral-Cauca	7.0	55	0.257 g	0.181 g
Jetudo	6.0	8	0.295 g	0.213 g
Salinas	6.5	35	0.232 g	0.164 g

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

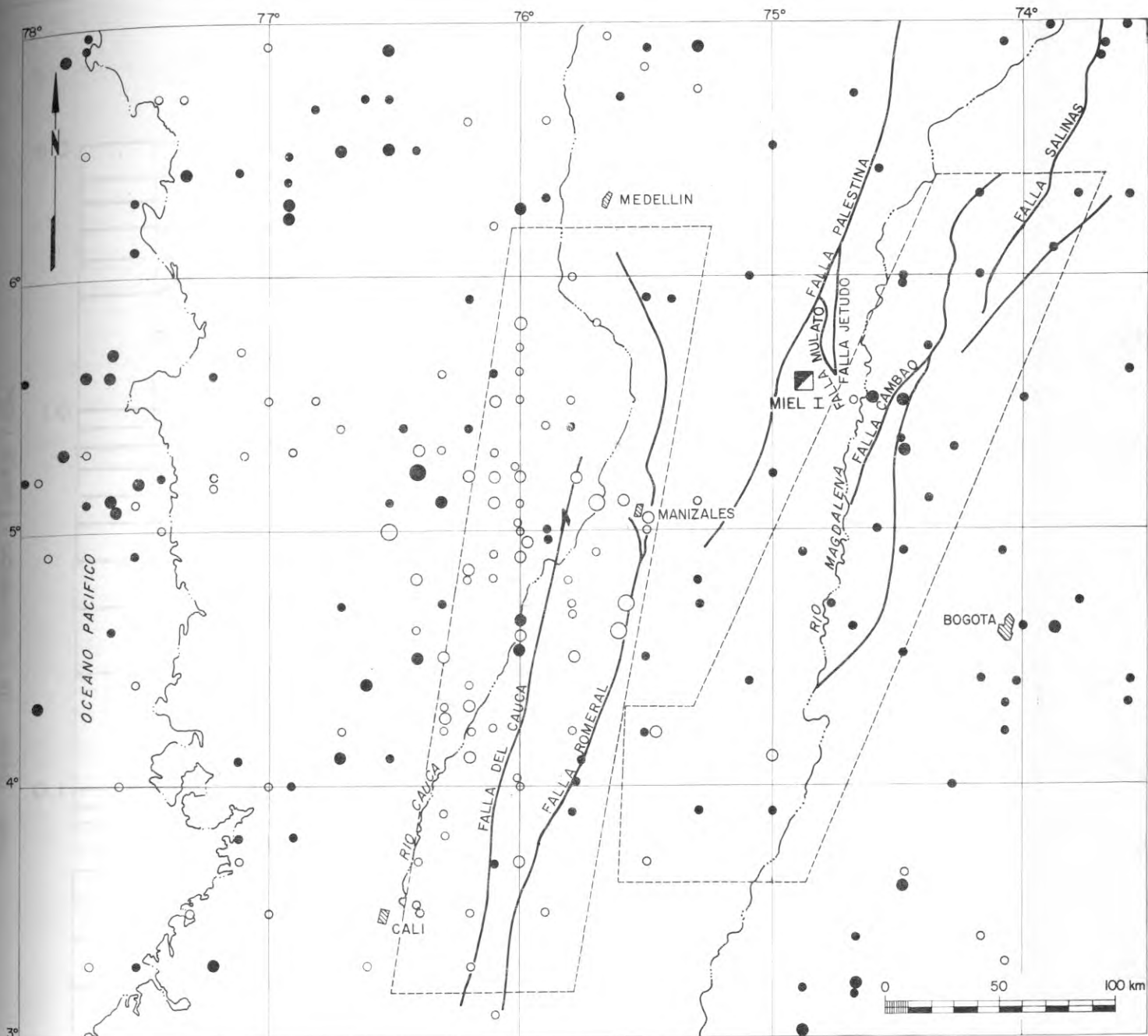
- 1 Ramírez, J. E. , Estrado U. G.
Mapa de Riesgo Sísmico de Colombia - 1977
Instituto Geofísico de la Universidad Javeriana, Bogotá
- 2 Ramírez, J. E.
Historia de los Terremotos en Colombia
Instituto Geográfico "Agustín Codazzi", Segunda Edición, Bogotá 1975
- 3 Ramírez J. E. "Historia de los Terremotos en Colombia"
Instituto Geofísico de la Universidad Javeriana 1978, Inédito
- 4 Preliminary Determination of Epicenters - Monthly Listing
U.S. Department of Commerce/National Oceanic and Atmospheric
Administration. Environmental Research Laboratories
National Earthquake Information Center. Rockville No. 20852
Bulls. months august 1972 to december 1977
- 5 Seismicity 1919-1977 for (72. 0°N-77. 0°W; 30°N-8.0°N)
Weston Geophysical Corporation
Westboro - Massachusetts, U.S.A. 1978 - Inédito
- 6 Cediel M. F, Ujueta L, G, Cáceres G, Carlos
Mapa Geológico de Colombia 1976 - Escala 1:1000000
Ediciones Geotec Ltda. Bogotá
- 7 Stepp, J. C. "Analysis of completeness of the Earthquake Sample in the
puget Sound Area and its Effect on Statistical Estimates of Earthquake
Hazard".
Proceedings of the U.S. National Conference on Earthquake
Engineering, 1975, EERI - June 1975, Ann Arbor
- 8 Earl M. Irving
La Evolución estructural de los Andes más septentrional de Colombia
Boletín Geológico - Instituto Nacional de Investigaciones Geológica-Mi
neras.
Volumen XIX No. 2 - Bogotá 1971 - pags. 61, 62

- 9 Castrillón O. Tomás, Londoño G. Andrés
Análisis Dinámico de las Torres de Captación del Proyecto Hidroeléctrico de San Carlos - Integral Ltda. - Ingenieros Consultores - Medellín, Colombia - Inédita
- 10 Woodward Clyde Consultants - Fault Activity Evaluation Punchiná Dam. San Carlos Project, 1975
- 11 Bonilla M. G. Surface Faulting and Surface effects Earthquake Engineering Wiegel R. Prentice Hall, 1970
- 12 M. D. Trifunac and A. G. Brady
"On the correlation of peak acceleration of strong motion with earthquake magnitude, epicentral distance and site conditions"
Proceedings of the U.S. National Conference on Earthquake Engineering 1975. EERI - June 1975 - Ann Arbor
- 13 Marsal Raúl J.
Proyectos Hidroeléctricos La Miel I y Miel II
Estudios de Factibilidad, Bogotá, Septiembre 10. 1978 - inédito
- 14 Tadashi, Takahashi
Vibration studies of an Arch Dam
Proceedings of the Fourth Conference on Earthquake Engineering, Santiago de Chile, January 13-18, 1969 - Volume I, Reference B1-61
- 15 Marsal Raúl J.
Presas de Tierra y Enrocamiento
Editorial Limusa, Mexico 1975, pags. 459, 460
- 16 Seed, H. B., Murarka, R. Lysmer, J. and Idriss I. M.
"Relationships of maximum acceleration, maximum velocity, distance from Source, and local site conditions for moderately strong earthquakes."
Bulletin of the Sismological Society of America, Vol. 66 - No. 4pp. 1323 1342, August 1966

FIGURAS

100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0





MAPA SISMOTECTONICO

CONVENCIONES

SISMOS PROFUNDOS

- Magnitud de 3.5 a 4.5
- Magnitud de 4.6 a 6.0
- Magnitud de 6.1 a 7.5

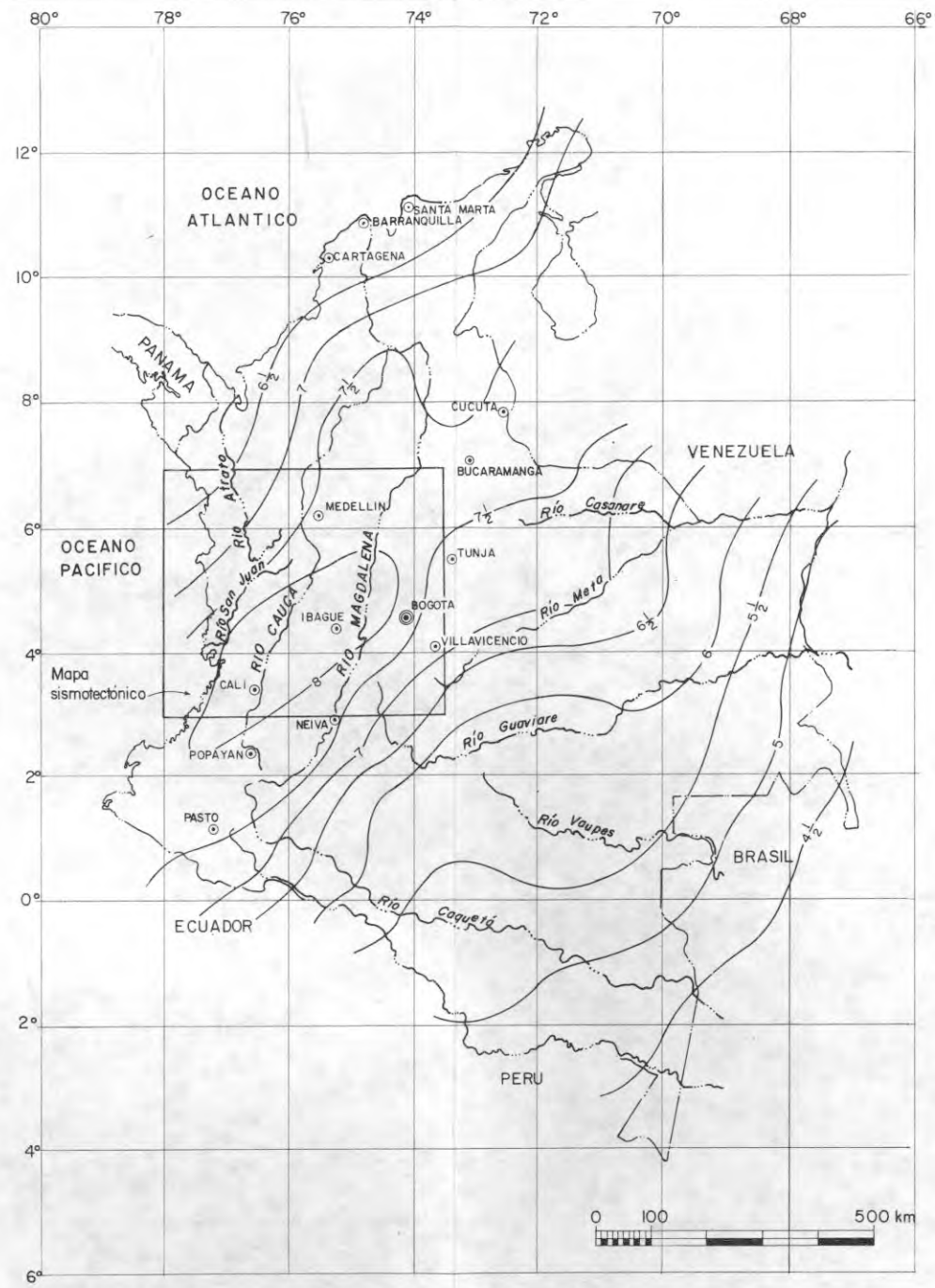
SISMOS SUPERFICIALES

- Magnitud de 3.5 a 4.5
- Magnitud de 4.6 a 6.0
- Magnitud de 6.1 a 7.5

--- Límite fuente sísmica

NOTA:

- 1 Datos tomados del estudio del Instituto geofísico de la Universidad Javeriana.
- 2 Se toma como sismo profundo aquel cuyo hipocentro está a más de 100 Km de profundidad.





MAPA DE RIESGO SISMICO

CONVENCIONES

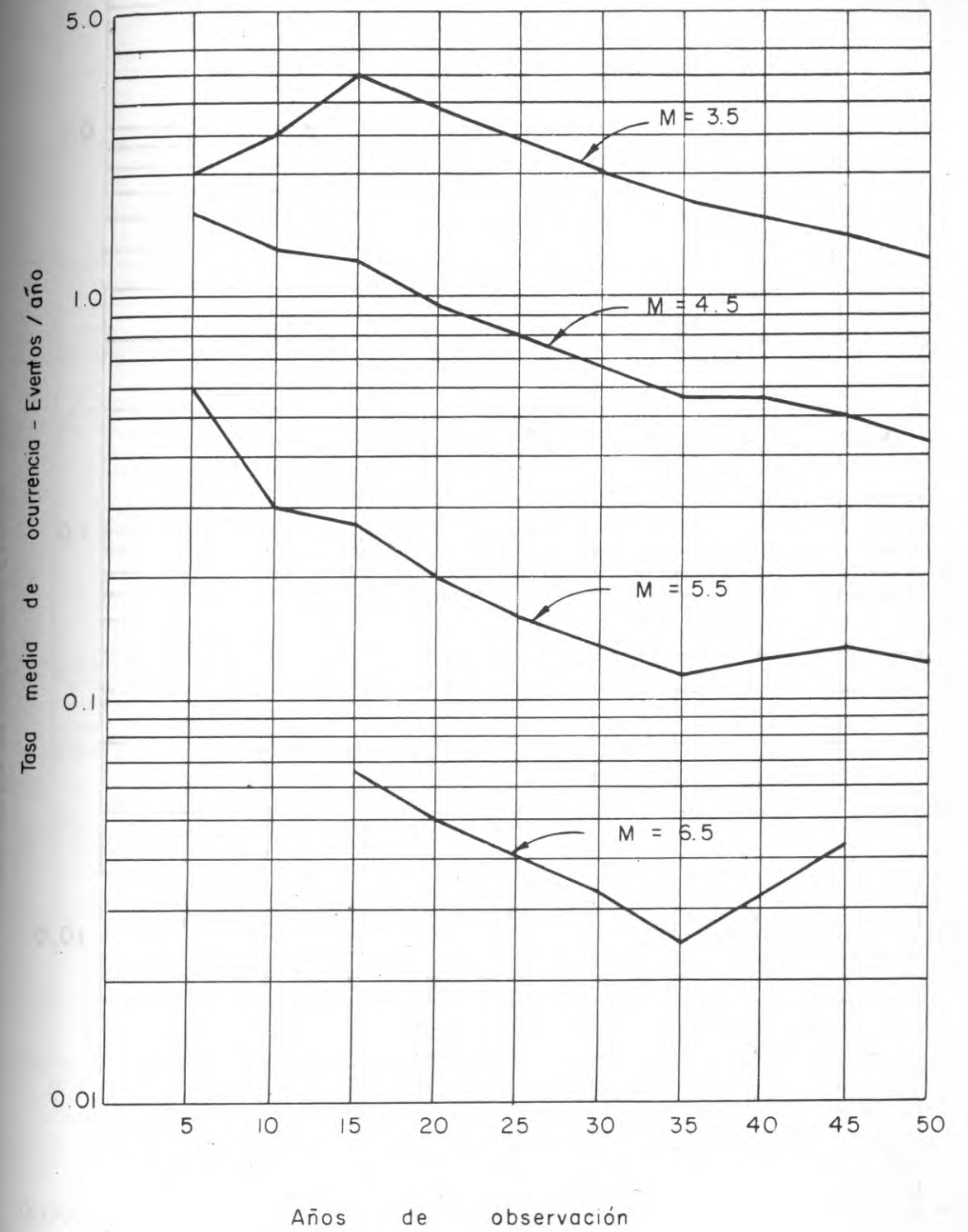
- Capitales
- 4 1/2 — Índice promedio de riesgo sísmico

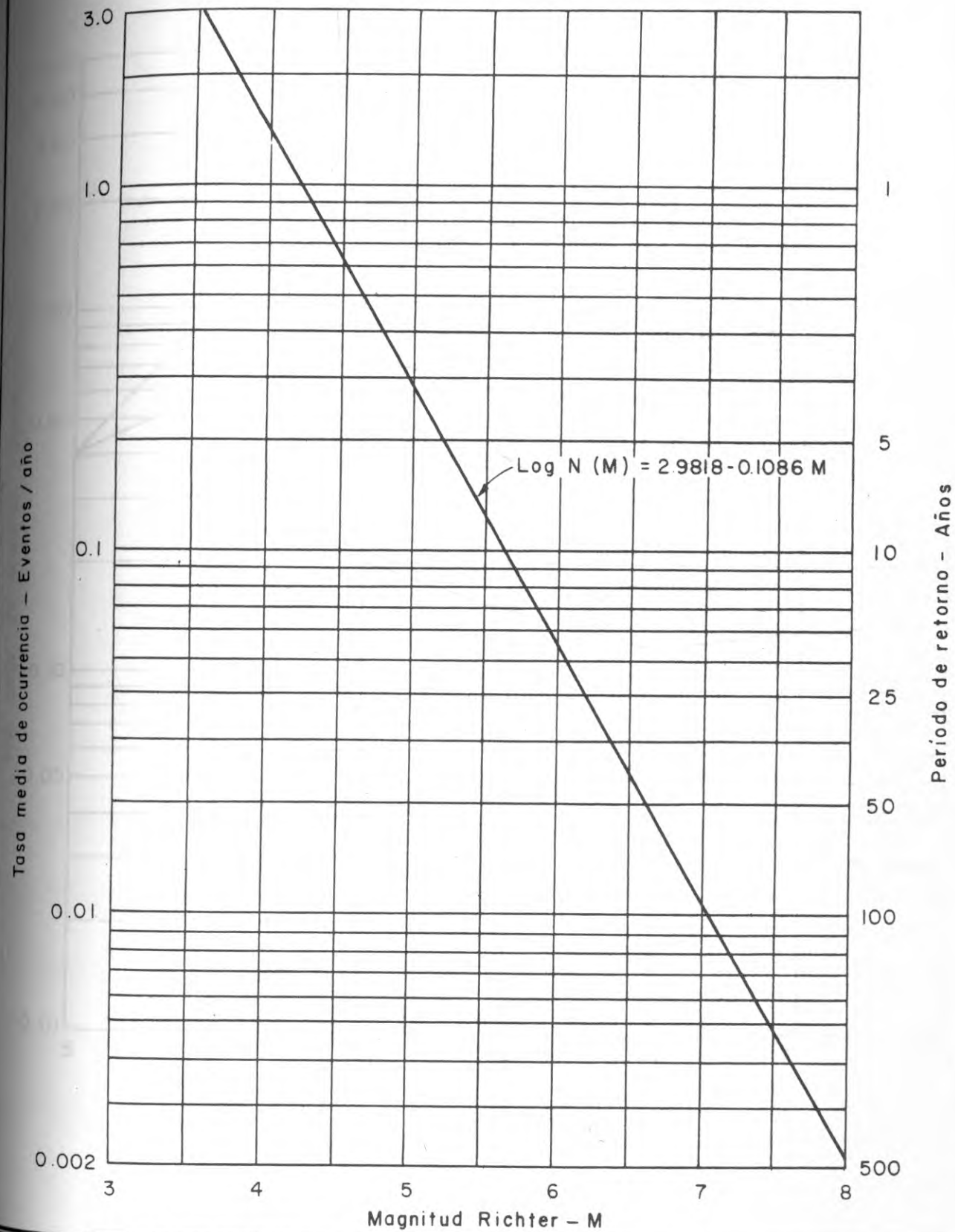
NOTA: El índice promedio de riesgo significa que en la zona puede ocurrir un sismo de intensidad Mercalli mayor o igual a la indicada.




INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALDAS


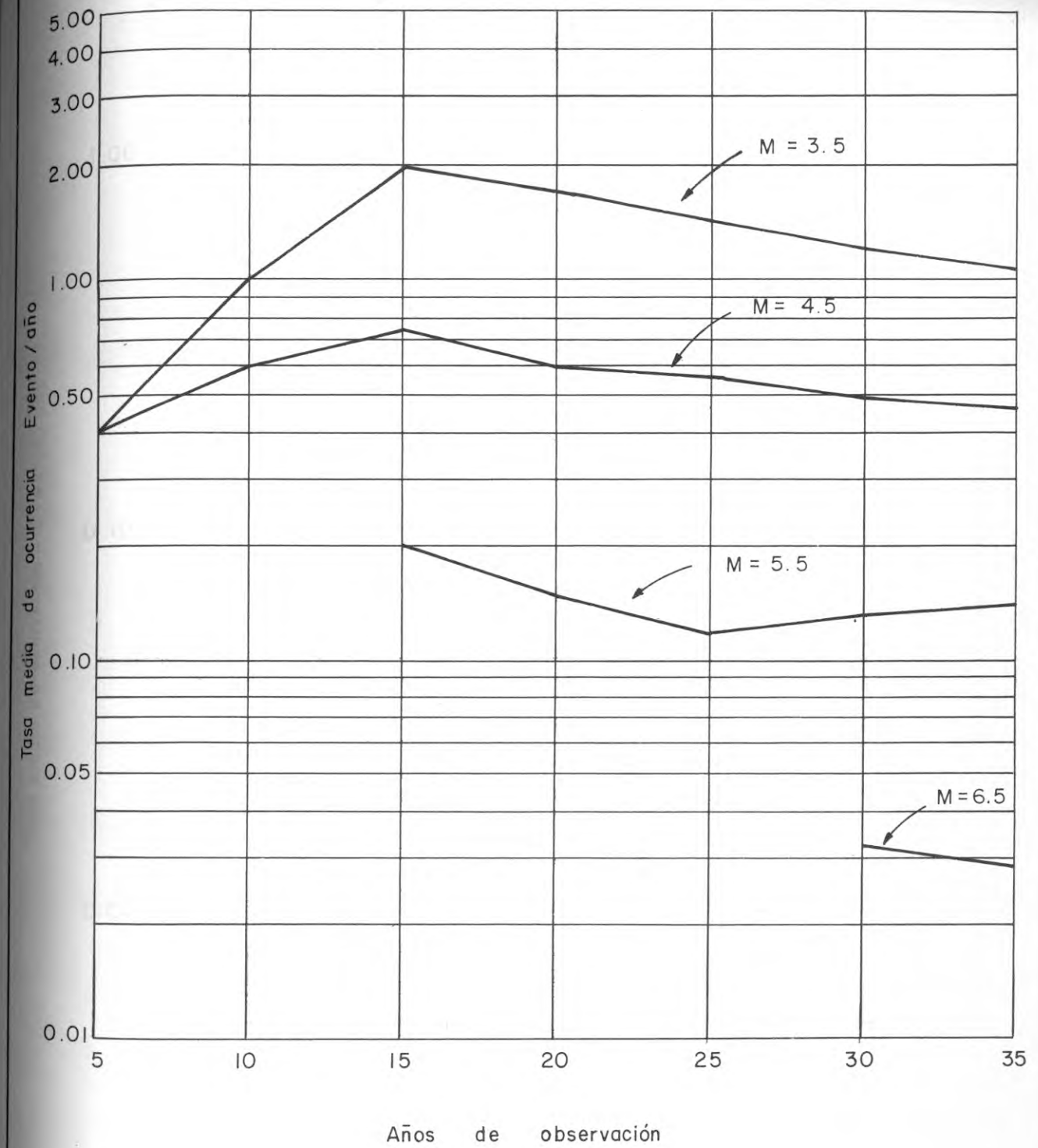
DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL
 PROYECTO MIEL I - FACTIBILIDAD TECNICA



MIEL I MAPA SISMICO





	INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA		FALLA ROMERAL - CAUCA CURVA DE RECURRENCIA
	CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALDAS		
DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL PROYECTO MIEL I - FACTIBILIDAD TECNICA			

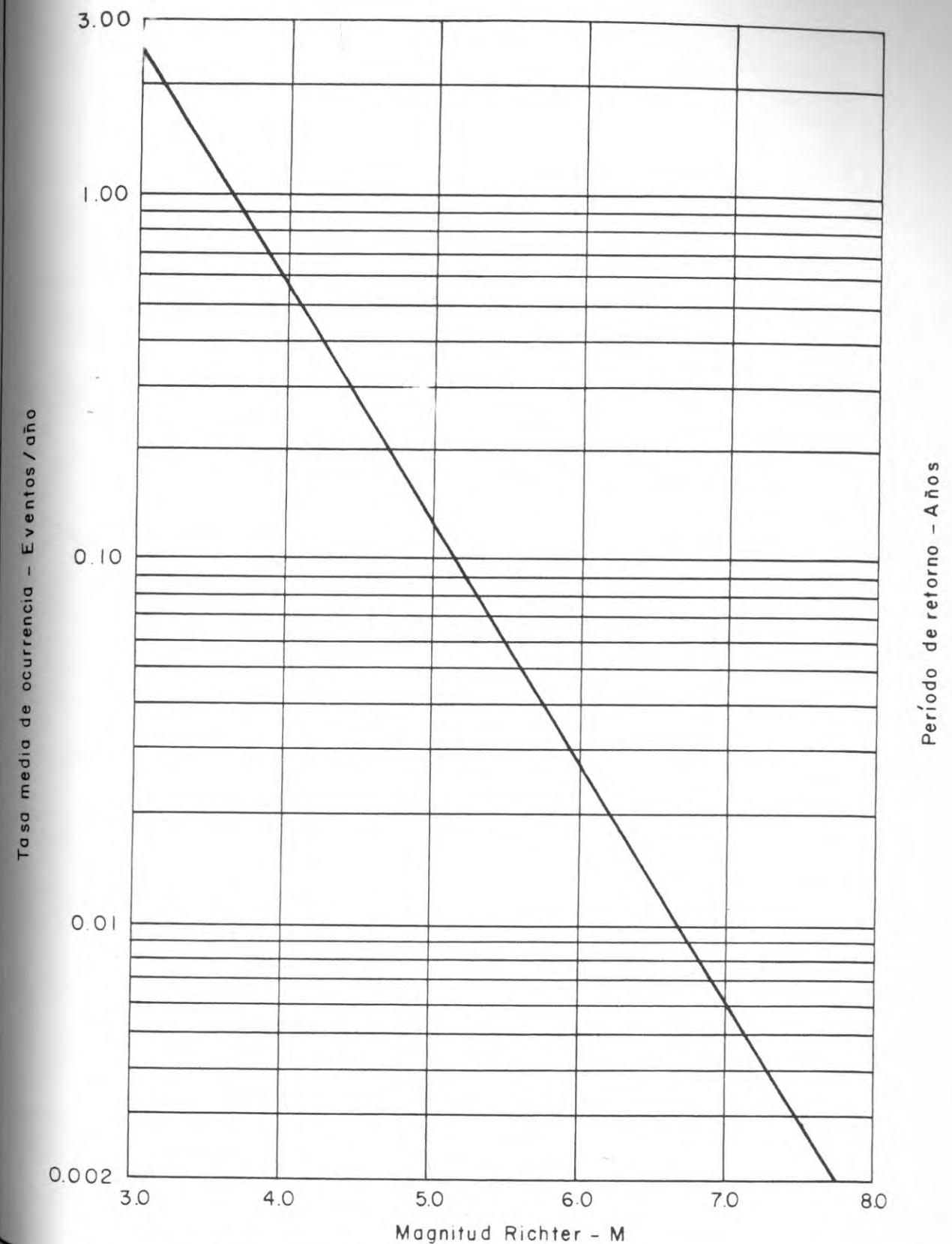



 INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
 CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALDAS


FALLA SALINAS - CAMBAO
 TASA MEDIA DE OCURRENCIA

DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL
 PROYECTO MIEL I - FACTIBILIDAD TECNICA
 INTERDISEÑOS - SUELOS Y FUNDACIONES - GEOCOLOMBIA

FIGURA D-4

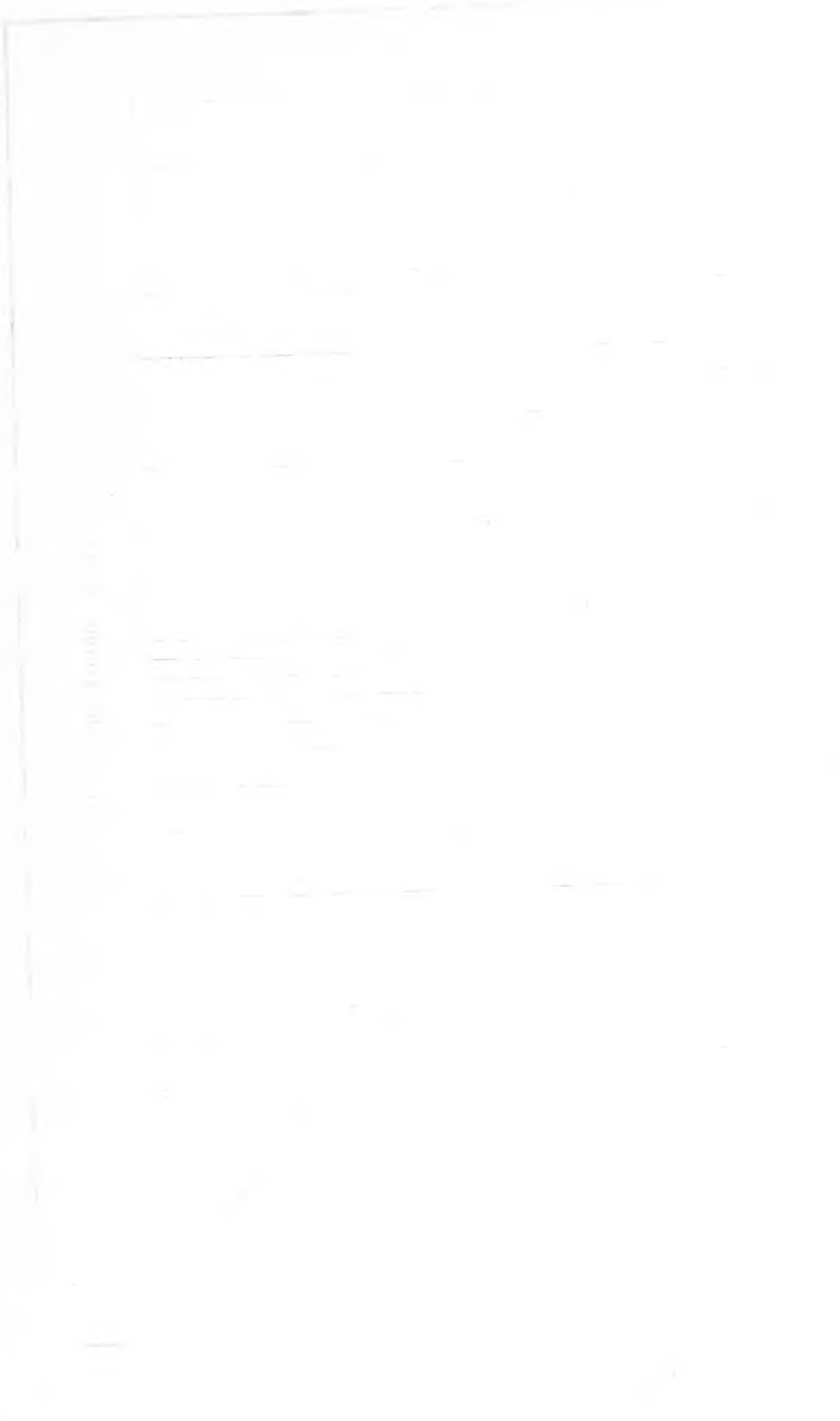


INSTITUTO COLOMBIANO
 DE ENERGIA ELECTRICA
 CENTRAL HIDROELECTRICA
 DE CALDAS



FALLA SALINAS - CAMBAO
 CURVA DE RECURRENCIA

DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL
 PROYECTO MIEL I - FACTIBILIDAD TECNICA



3 00
1 00
0 10
0 01
0 005

CENTRO DE INVESTIGACIONES Y ESTUDIOS CIENTÍFICOS Y TECNOLÓGICOS DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE GUATEMALA

PROYECTO AMEL
VOLUMEN III
APENDICE C
MATERIALES DE CONSTRUCCION

PROYECTO MIEL I
VOLUMEN III
APENDICE E -
MATERIALES DE CONSTRUCCION



APENDICE E

INDICE

CAPITULO		PAGINA
1	GENERALIDADES	E-1
2	INVESTIGACIONES REALIZADAS	E-1
3	INVESTIGACION DE MATERIALES IMPERMEABLES	
	3.1 Investigaciones Preliminares	E-2
	3.2 Investigaciones en las Zonas Seleccionadas	E-4
	3.3 Conclusiones	E-7
4	INVESTIGACION DE MATERIALES PARA ENROCAMIENTO	
	4.1 Descripción de la Zona Seleccionada	E-7
	4.2 Ensayos de Laboratorio	E-8
	4.3 Interpretación y Análisis de Resultados	E-10
5	INVESTIGACION DE MATERIALES PARA FILTROS Y CONCRETOS	
	5.1 Exploraciones	E-11
	5.2 Ensayos de Laboratorio	E-11
	5.3 Descripción de los Suelos	E-11
	5.4 Conclusiones	E-12

APENDICE E

CUADROS

- E-1 MATERIAL DE ENROCADO - INDICES DE SOLIDEZ
- E-2 MATERIAL DE ENROCADO - CARACTERISTICAS FISICAS
- E-3 MATERIAL DE ENROCADO - PROPIEDADES MECANICAS

FIGURAS

- E-1 ZONAS DE PRESTAMO
- E-2 a
E-4 ENSAYOS DE COMPRESION UNIDIMENSIONAL
- E-5 a
E-7 GRANULOMETRIAS ANTES Y DESPUES DEL ENSAYO DE COMPRESION UNIDIMENSIONAL

ANEXOS

- 1 INVESTIGACION DE MATERIALES IMPERMEABLES
REGISTROS DE APIQUES Y ENSAYOS DE LABORATORIO
- 2 INVESTIGACION DE MATERIALES PARA CONCRETOS Y
FILTROS
REGISTROS DE APIQUES Y ENSAYOS DE LABORATORIO

APENDICE E

MATERIALES DE CONSTRUCCION

1. GENERALIDADES

La investigación de la disponibilidad y calidad de los materiales para construcción de las obras del proyecto Miel I se inició con base en estudios geológicos mediante los cuales se determinaron los materiales predominantes en el área y se seleccionaron zonas específicas para la investigación detallada de los distintos tipos de materiales previstos para la construcción como son:

- Materiales impermeables requeridos para el estudio de la alternativa de presa de enrocamiento con núcleo impermeable.
- Materiales para enrocamiento de la presa.
- Materiales para agregados de concreto y filtros.

En el presente Apéndice se presentan las investigaciones realizadas en cada una de las zonas seleccionadas y se incluyen los resultados obtenidos y un análisis de estos.

2. INVESTIGACIONES REALIZADAS

Para el estudio de los materiales de construcción se efectuó un programa de exploración de campo mediante la investigación de los suelos residuales existentes en el área para la obtención de materiales impermeables, investigación de las terrazas aluviales del río La Miel para la obtención de arena y gravas para agregados de concreto y filtros, y de las unidades de roca más competentes que afloran en las proximidades del sitio, materiales requeridos para la construcción del cuerpo principal de la presa. Este programa como se mencionó antes se basó en la cartografía geológica del área.

La exploración de materiales impermeables comprendió en primera instancia en una exploración preliminar de suelos residuales cercanos al

tio de presa mediante la toma y análisis de muestras superficiales y posteriormente mediante la investigación detallada por medio de apiques en las zonas seleccionadas para su estudio en predios de las Haciendas El Bosque y Valparaiso.

El muestreo del material en los niveles de roca, para la presa y agregados de concreto se realizó teniendo en cuenta las características litológicas, propiedades mecánicas y su disponibilidad, evaluadas en forma preliminar durante las investigaciones geológicas. El muestreo de cada nivel de roca se llevó a cabo mediante un programa de voladuras. Las zonas de muestreo fueron localizadas en sitios previamente escogidos de afloramiento de la roca fresca en la margen derecha del río Moro aguas arriba del sitio de presa. Se realizaron en total 20 quemas y se obtuvieron 400 kilogramos de muestras de roca para los correspondientes ensayos de laboratorio.

La investigación de arenas y gravas para filtros y concretos comprendió las exploraciones de las terrazas aluviales del río La Miel localizadas a proximadamente a 13.0 km aguas abajo del sitio de presa en predios de la Hacienda El Tigre y que se denominó Zona de Préstamo No. 3.

3. INVESTIGACION DE MATERIALES IMPERMEABLES

3.1 Investigaciones Preliminares

Antes de iniciar las exploraciones detalladas, por medio de apiques se efectuaron reconocimientos de posibles zonas para investigación y se tomaron muestras superficiales para analizar en el laboratorio.

Se inspeccionaron las siguientes zonas:

a. Margen Izquierda del Río

Zona cerca a Cementerio de Norcasia

En esta zona se encuentran en la superficie, suelos residuales provenientes de meteorización de esquistos; sin embargo, en los taludes de la carretera se observa que el manto residual es de poco espesor y la topografía del sitio no es propicia para el desarrollo de una zona de préstamo. Se tomaron algunas muestras superficiales, las cuales se ensayaron en el laboratorio y cuyos resultados se muestran en el Anexo 1 de este Apéndice.

Zona de Campo de Fútbol de Norcasia

Aprovechando las excavaciones y rellenos que se estaban ejecutando para la construcción del campo de fútbol, se inspeccionaron los materiales de la zona y se tomaron muestras superficiales para ensayar en el laboratorio.

Los suelos residuales que se encuentran en esta zona son limos, producto de la meteorización de dioritas y cuarzodioritas, cuyas características principales son baja densidad y muy baja plasticidad.

En el Anexo 1 de este Apéndice se presentan los resultados de ensayos de laboratorio realizados sobre las muestras.

b. Margen Derecha del Río La Miel

Zona Hacienda El Bosque - Zona de Préstamo No. 1

Está localizada a unos 6 kilómetros del sitio de presa y en el K-33 de la vía La Dorada-Norcasia. Existen en esta zona suelos residuales provenientes de meteorización de esquistos y dioritas; en algunas partes se encuentran depósitos locales de origen aluvial consistentes en limos arcillosos con algunas gravas pequeñas. La topografía de la zona es menos abrupta que la de las zonas inspeccionadas sobre la margen izquierda y es propicia para el desarrollo de una zona de préstamo. Por otra parte se observó que el espesor del manto residual era representativo del suelo residual existente en el área del proyecto.

Teniendo en cuenta estas características favorables, para su investigación se decidió explorar más detalladamente esta zona por medio de apiques distribuidos convenientemente en el área. La descripción de los materiales, sus características y resultados de los análisis se presentan más adelante.

Zona Hacienda Valparaiso - Zona de Préstamo No. 2

Está localizada cerca a la Hacienda El Bosque a unos 2 km de Isaza sobre la vía que conduce a Fierritos. Cubre una extensión grande de un relieve topográfico suave donde pueden desarrollarse fácilmente áreas de préstamo. Por ser esta zona similar a la anteriormente descrita y que presenta también condiciones favorables para su investigación, se seleccionó para llevar a cabo una exploración por medio de apiques.

3.2

Investigaciones en las Zonas Seleccionadas

Con base en los resultados de la investigación preliminar se seleccionaron para un estudio detallado de los materiales, las zonas localizadas en la Hacienda El Bosque la cual se denominó como zona de préstamo No. 1 y la zona de la Hacienda Valparaiso como zona de préstamo No. 2.

Zona de Préstamo No. 1

En esta zona se excavaron 12 apiques con profundidades variables entre 3.0 y 4.0 metros, localizados en el área que se muestra en la Figura E-1.

En cada uno de los apiques se tomaron muestras en estrato de cada estrato encontrado y una muestra integral del conjunto de suelos, representativo de toda profundidad. Además, se tomaron muestras para ensayos de contenido de humedad natural.

a. Descripción de los Suelos

En el área investigada se pueden distinguir dos zonas de diferente tipo de material residual. La zona donde se excavaron los apiques No. 1 a No. 6, en la cual predominan los suelos residuales provenientes de esquisto y la zona de apiques No. 7 a No. 12 donde predominan los suelos residuales provenientes de diorita .

En la primera zona de acuerdo con los registros de los apiques que se adjuntan, se puede distinguir la secuencia estratigráfica:

- Una capa vegetal de espesor variable entre 0.20 y 0.50 metros.
- Limo algo arcilloso, color carmelito rojizo con algunos fragmentos de esquisto . Espesor entre 1.0 y 3.0 metros. En algunas partes aparece sobre este estrato un manto de toba de poco espesor.
- Fragmentos de esquisto con limos rojizos con vetas grises. En partes aparece en lugar de este estrato un limo arcilloso gris con vetas amarillas y rastros de arena, con espesores entre 1.0 y 2.5 metros.

El espesor de la capa residual es variable y se puede tomar en promedio, de unos 3.0 metros. En los sitios de menor espesor se aprecia que el suelo residual ha sido erosionado. En la mayoría de los apiques se llegó has

ta la roca descompuesta.

El nivel freático se encontró tan solo en uno de los apiques excavados (AP-4) a una profundidad de 2.50 metros.

En la zona donde se excavaron los apiques No. 7 a No. 12 las capas superiores hasta aproximadamente 2.0 metros, se encuentran suelos residuales provenientes de descomposición de diorita de baja plasticidad y baja densidad; por debajo de estos se encuentran suelos de mayor plasticidad, aparentemente procedentes de descomposición de esquisto.

En el Anexo 1 de este Apéndice se presentan los registros de los apiques.

b. Ensayos de Laboratorio

Sobre las muestras de suelos recuperadas en los apiques se efectuaron ensayos de humedad natural, límites de Atterberg sobre las fracciones de suelos que pasan malla #40 y malla #200, granulometría y compactación Proctor Modificado. Los resultados de estos ensayos se presentan en el Anexo 1 de este Apéndice.

c. Características de los Suelos

Se observa una marcada diferencia entre los suelos residuales provenientes de esquisto y los provenientes de diorita. Los primeros presentan en general valores más altos del índice de plasticidad y valores más bajos en su contenido de humedad.

De acuerdo con los resultados de los ensayos realizados sobre muestras integrales, los suelos residuales provenientes de esquisto presentan un índice de plasticidad promedio de 13 para la fracción de suelo que pasa el tamiz #40 y de 22 para la fracción que pasa el tamiz #200; la humedad natural está entre 10 y 20% por encima de la humedad óptima; la densidad máxima promedio del ensayo proctor modificado es de 1.8 t/m³.

Los suelos residuales provenientes de diorita presentan una plasticidad baja a nula; la humedad natural se encuentra entre 23% y 49% por encima de la óptima y la densidad máxima promedio es de 1.4 t/m³. El volumen estimado que podría obtenerse de esta zona es de 500.000 m³.

Zona de Préstamo No. 2

Se excavaron en esta zona 5 apiques con profundidades entre 2.50 y 3.50 metros, localizados convenientemente en el área. En cada apique se tomaron muestras de cada estrato y una muestra integral representativa del conjunto. La localización de la zona se muestra en la Figura E-1.

a. Descripción de los Suelos

Bajo una capa vegetal de 20 centímetros se encontraron, en toda la profundidad investigada, limos arcillosos provenientes de la descomposición de esquisto que cambian de color carmelito rojizo en la superficie a gris y habano al profundizar.

Ocasionalmente se encontraron lentes o estratos delgados de material granular consistentes de arena y de algunas gravas.

Los apiques no se llevaron a mayor profundidad puesto que apareció el nivel freático y se suspendieron al encontrarlo.

En el Anexo No. 1 de este Apéndice se presentan los registros de los apiques.

b. Ensayos de Laboratorio

Sobre las muestras recuperadas en los apiques se efectuaron ensayos de humedad natural, Límites de Atterberg sobre las fracciones de suelo pasando malla #40 y malla #200, granulometría y compactación Proctor Modificado. Los resultados de estos ensayos se muestran en el Anexo 1 de este Apéndice.

c. Características de los Suelos

De acuerdo con los resultados de los ensayos realizados sobre las muestras obtenidas, los suelos residuales de esta zona presentan un índice de plasticidad promedio de 18 para la fracción de suelo que pasa el tamíz 200.

La humedad natural está entre el 9 y 22% por encima de la óptima de compactación; la densidad máxima promedio obtenida de los ensayos proctor modificado es de 1.7 t/m^3 . El volumen estimado que podría obtenerse de esta zona es de 600.000 m^3 .

3.3 Conclusiones

De los resultados obtenidos puede deducirse que las características de los suelos residuales investigados que son los predominantes en la región son desfavorables para ser empleados en el núcleo de una presa en especial los provenientes de la descomposición de la diorita; sus contenidos de humedad bastante por encima de la humedad óptima de compactación hacen difícil su colocación y compactación en una zona de alta precipitación que llega cerca de los 5.000 milímetros al año, con estaciones secas muy cortas.

En Colombia, específicamente en el departamento de Antioquia, se ha tenido experiencia con este tipo de materiales pero en presas de altura máxima de 50.0 metros; sin embargo, han presentado serios problemas durante su construcción, especialmente por las condiciones de pluviosidad del área muy semejante a las que existen en el área del proyecto de La Miel.

Por otra parte, por sus características granulométricas, estos suelos son susceptibles a erosión interna lo cual se considera inconveniente por las altas gradientes hidráulicas que existirían en el núcleo de la presa.

Los materiales residuales investigados en las distintas zonas exploradas son los predominantes en la zona del proyecto y no existe otro tipo de material impermeable a distancias económicas, por lo tanto no se considera factible su empleo en el núcleo de una presa de enrocado de la altura que requiere el proyecto.

4. INVESTIGACION DE MATERIALES PARA ENROCAMIENTOS

4.1 Descripción de la Zona Seleccionada

La selección de la zona de préstamo para enrocamiento se efectuó teniendo en cuenta en primer lugar las características geotécnicas de la roca y además la localización más favorable cerca de la presa para su explotación. La zona escogida para la investigación se denominó zona de préstamo No. 4 y está ubicada a unos 800 metros de la presa sobre la margen izquierda del río Moro y en esta afloran esquistos cuarzo feldespático, cuarcita y migmatita, rocas que presentan las características geotécnicas más favorables.

Se descartó la investigación de la diorita puesto que es menos competente que las rocas descritas anteriormente y más susceptible a meteorización.

La investigación se efectuó mediante voladuras para determinar la forma de rotura de la roca y a la vez recolectar las muestras para la ejecución de ensayos de laboratorio; se efectuaron 20 quemas y se obtuvieron 400 kilos de muestras de cada uno de los diferentes tipos de roca.

La descripción de las muestras obtenidas es la siguiente:

Muestra No. 1: Esquisto biotítico, cuarzo-feldespático laminado, duro, fresco, sano a moderadamente fracturado. Presenta algunas grietas rellenas por pirita. La composición aproximada de la roca es 65% cuarzo-feldespato y 35% biotita.

Muestra No. 2: Cuarcita gris clara a gris bandeada, masiva, muy dura, sana, fresca, tiende a fracturarse a lo largo de los planos de bandeamiento. La composición aproximada de la roca es cuarzo 60% a 80%, feldespato 10% a 30% y sericita 10%.

Muestra No. 3: Migmatita feldespático-biotita dura, fresca, masiva, sana. Se observa en algunos bloques cloritización moderada y alteración superficial moderada. La biotita tiende a concentrarse en láminas o puntos. La composición aproximada de la roca es: feldespato 60% a 85%, cuarzo 15% a 30%, biotita 10% a 15%.

4.2 Ensayos de Laboratorio

Para determinar las propiedades físicas de los enrocamientos se efectuaron sobre las muestras obtenidas, en primer lugar ensayos de absorción de agua, desgaste en la máquina de Los Angeles e intemperismo acelerado, denominadas pruebas índices de solidez de los granos.

La prueba de absorción de agua es significativa en rocas porosas como calizas, tobas y conglomerados y es baja en rocas metamórficas e ígneas; este ensayo puede correlacionarse con la prueba de desgaste. Una absorción alta puede estar correlacionada con un desgaste alto por abrasión. El ensayo de desgaste es un índice de la resistencia de la roca y que se relaciona con la resistencia a la ruptura de la misma. En general, a una pérdida

por abrasión alta corresponde una menor resistencia a la ruptura.

Con estas dos pruebas índices se puede conocer en forma preliminar la calidad del enrocamiento y si es aceptable para uso del pedraplén de la presa. Las rocas con bajos porcentajes de absorción de agua, y baja pérdida por abrasión en general son rocas que pueden catalogarse en principio como competentes y de buena calidad.

El ensayo de intemperismo acelerado es medido por la desintegración de la roca sometida a la acción del sulfato de sodio o de magnesio, en cinco ciclos de inmersión y secado; se considera que es una prueba severa para catalogar las rocas que se usan en enrocamientos; en general para rocas de buena calidad la pérdida por intemperismo es menor del 2%.

Las pruebas índices descritas anteriormente proporcionan una idea de lo que puede ser la calidad de la roca; sin embargo no es factible con esta información evaluar sus propiedades mecánicas. En el caso de la presa de Miel I una de las propiedades mecánicas más importantes del enrocamiento que se debe conocer es la compresibilidad puesto que los asentamientos del enrocado inciden directamente en el comportamiento de la losa de concreto; para determinar esta propiedad, sobre cada una de las muestras obtenidas se ejecutaron ensayos de compresión unidimensional en el laboratorio de ISA en Chivor. Los ensayos fueron ejecutados en un odómetro de 0.30 metros de diámetro y 0.45 metros de altura; cada muestra fue preparada inicialmente para obtener una granulometría pre establecida, las cargas axiales se aplicaron por incrementos de 0 a 2, 4, 8, 16, 32 kg/cm² midiendo en cada incremento la deformación en función del tiempo. Antes de aplicar la última carga se saturó la muestra mediante inyección de agua para observar el comportamiento bajo esta condición.

En las Figuras E-2, E-3 y E-4 se muestran las curvas de relación de vacíos-presiones; la caída vertical que se observa antes de la última carga, corresponde a las deformaciones inducidas por la saturación de la muestra.

A partir de los resultados de los ensayos se calcularon coeficientes de compresibilidad (A_v), el porcentaje de rotura de granos (B_g) y el módulo de deformación, los cuales se muestran en el Cuadro E-3.

Además de los ensayos mencionados se determinaron otras características de los materiales, como coeficientes de uniformidad (C_u), diámetro efectivo (d_{10}) y peso específico (G_s), que se indican en el Cuadro E-2.

Interpretación y Análisis de los Resultados

En el Cuadro E-1 se indican los resultados de los índices de solidez de granos obtenidos para cada una de las muestras de roca. Estos resultados muestran una clasificación de enrocamientos entre granos duros y semiduros, utilizando el método sugerido por el Profesor Raúl Marsal en su libro Presas de Tierra y Enrocamiento, que corresponde a un enrocamiento de buena calidad para su empleo en la presa.

Los ensayos de abrasión de las muestras realizados sobre muestras con una gradación E, indican porcentajes de desgaste entre 12.5% y 22%; las pruebas de intemperismo acelerado muestran una pérdida de peso por desintegración de la roca después del ensayo menor de 2% para esquisto y migmatita y menor de 7% para la cuarcita; la absorción de agua en las tres muestras fué menor de 1%.

Los ensayos de compresión unidimensional ejecutados sobre muestras de máximo tamaño 2¹/₂" indicaron baja compresibilidad; la relación de vacíos e, para las tres muestras varió entre 0.24 y 0.26 y los coeficientes -de compresibilidad promedio A_{vm} varían de 6×10^{-4} cm²/kg a 8×10^{-4} cm²/kg.

Del ensayo de compresión unidimensional también se dedujo el porcentaje de rotura de granos (Bg) en cada una de las muestras después de haber sido sometidas a cargas semejantes a las que reportará el enrocamiento en la presa; este porcentaje varió en las tres muestras entre 2.5 y 4.3%.

En el Cuadro E-3 se presenta un resumen de estos resultados.

Comparativamente con ensayos para enrocamiento realizados para la gran mayoría de las presas construídas en Mexico y la presa de Chivor (Ref. 1) las rocas analizadas para el proyecto Miel I están entre aquellas que presentan mejores características por su resistencia y baja compresibilidad; teniendo en cuenta estas características que se han obtenido en los ensayos realizados, puede deducirse en este momento que los resultados son ampliamente satisfactorios y su calidad es adecuada para su utilización en el enrocamiento de la presa.

El volumen de roca que puede obtenerse de la zona investigada supera el volumen requerido para la construcción de la obra.

INVESTIGACION DE MATERIALES PARA FILTROS Y CONCRETOS

5.

Exploraciones

5.1

La investigación de materiales para filtros y concretos comprendió un re conocimiento de los depósitos aluviales del río Pontoná y del río La Miel hasta distancias económicas para su explotación. En el río Pontoná, no se encontraron zonas que pudieran aportar cantidades suficientes de materiales que justificaran su explotación. En la parte baja del río La Miel se inspeccionaron las terrazas aluviales hasta el sitio de San Miguel cerca a la desembocadura del río Samaná en el río La Miel. Teniendo en cuenta la distancia al sitio de presa, el acceso y las facilidades de explo tación, se seleccionó para la investigación detallada los depósitos aluvia les localizados en la Hacienda El Tigre a 13 kilómetros del sitio de presa y que se denominó Zona de Préstamo No. 3. En la Figura E-1, se mues tra su localización.

En esta zona se excavaron 8 apiques convenientemente distribuidos en el área con profundidades variables entre 2.0 y 4.0 metros. En cada uno de los apiques se tomaron muestras representativas de los materiales para ensayos en el laboratorio.

5.2

Ensayos de Laboratorio

Sobre las muestras tomadas en los apiques se efectuaron ensayos de gra nulometría, gravedad específica y pesos unitarios suelto y compactado, en sayos requeridos para conocer las características de los materiales para su empleo como agregados de concreto y en las zonas de filtro de la pre sa. En el Anexo 2 de este Apéndice se presentan los resultados de labora torio.

5.3

Descripción de los Suelos

Con base en la información de los apiques la estratigrafía del subsuelo en la zona investigada es la siguiente:

- Una capa vegetal de espesor variable 0.30 m y 0.90 m.
- Limo carmelito orgánico con espesor variable entre 0.30 y 1.80 m.
- En el Apique AP-7 este estrato se encontró hasta los 4.0 metros.

- Arena fina a gruesa con algo de limo y gravas hasta de 10", el porcentaje de gravas tiende a aumentar con la profundidad. El espesor de este estrato registrado en los apiques es en promedio de 2.0 m, sin embargo, el espesor real no fué posible determinarlo debido a que no fué posible profundizar más los apiques por existir un nivel alto en el área.

En el Anexo 2 de este Apéndice se presentan los registros de los apiques.

5.4 Conclusiones

Las investigaciones realizadas tuvieron como finalidad la búsqueda de agregados finos y agregados gruesos para concretos y para filtros; sin embargo, en los reconocimientos y exploraciones realizadas no se encontraron depósitos importantes de gravas a distancias económicas que sirvieran para uso como agregados gruesos para concretos. La fuente de obtención de estos agregados se prevé en este momento que sea por trituración de las rocas investigadas para los enrocamientos de la presa; estos materiales presentan características adecuadas para utilización en concretos. Con excepción de las cuarcita que presentó pérdida de peso excesiva en el ensayo de intemperismo.

Los resultados de los ensayos de absorción, desgaste e intemperismo que se muestran en el Cuadro E-1 indican que el esquisto y migmatita pueden usarse como agregados de concreto.

Con referencia a los agregados finos, en la zona investigada se encuentran arenas que de acuerdo con los ensayos realizados son adecuadas para utilizarlas tanto en los concretos como para filtros, previo procesamiento, mediante tamizado para separar sobretamaños y lavado para eliminar los finos y ajustarlo a las granulometrías requeridas. Por otra parte para su explotación se requiere la remoción de la capa vegetal y limos que tienen un espesor promedio de 1.50 metros. El volumen de arenas que podría obtenerse de esta zona se ha estimado en 300.000 m³.

Otra posibilidad para la obtención de los agregados finos para concretos y filtros es por trituración de las rocas investigadas para enrocamientos; una planta de trituración podría producir los dos tipos de agregados. El volumen que puede obtenerse de la zona de préstamo de roca cerca al sitio de presa es superior al volumen requerido.



CUADRO E-1

MATERIAL DE ENROCADO - INDICES DE SOLIDEZ

Muestra	MATERIAL	Absorción %	Desgaste %	Intemperismo		
				2 1/2	1 1/2	1" 3/3
1	Esquisto Cuarzo-Feldespático	0.62	16.8	0.7	0.5	1.3
2	Cuarcita Gris	0.77	22	1.3	3.3	6.6
3	Migmatita	0.77	12.5	0.7	0.8	1.8

CUADRO E-2

MATERIAL DE ENROCADO - CARACTERISTICAS FISICAS

Muestra	MATERIAL	Diámetro Efectivo d10	Coficiente Uniformidad Cu	Gravedad Específica Gs
1	Esquisto Cuarzo-Feldespático	0.42	47.6	2.70
2	Cuarcita Gris	0.42	45.3	2.66
3	Migmatita	0.42	45.3	2.66

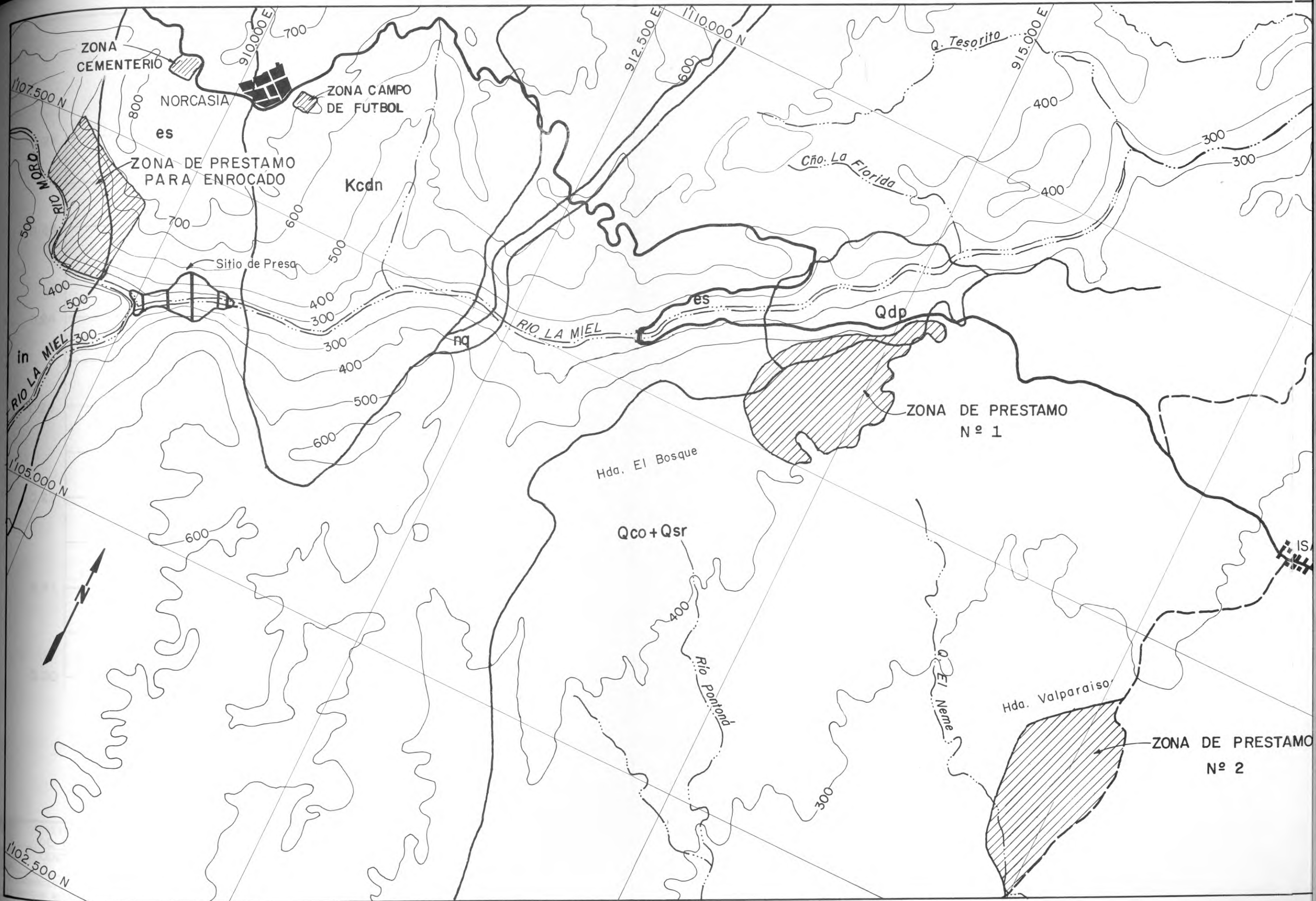
CUADRO E-3

MATERIAL DE ENROCADO - PROPIEDADES MECANICAS

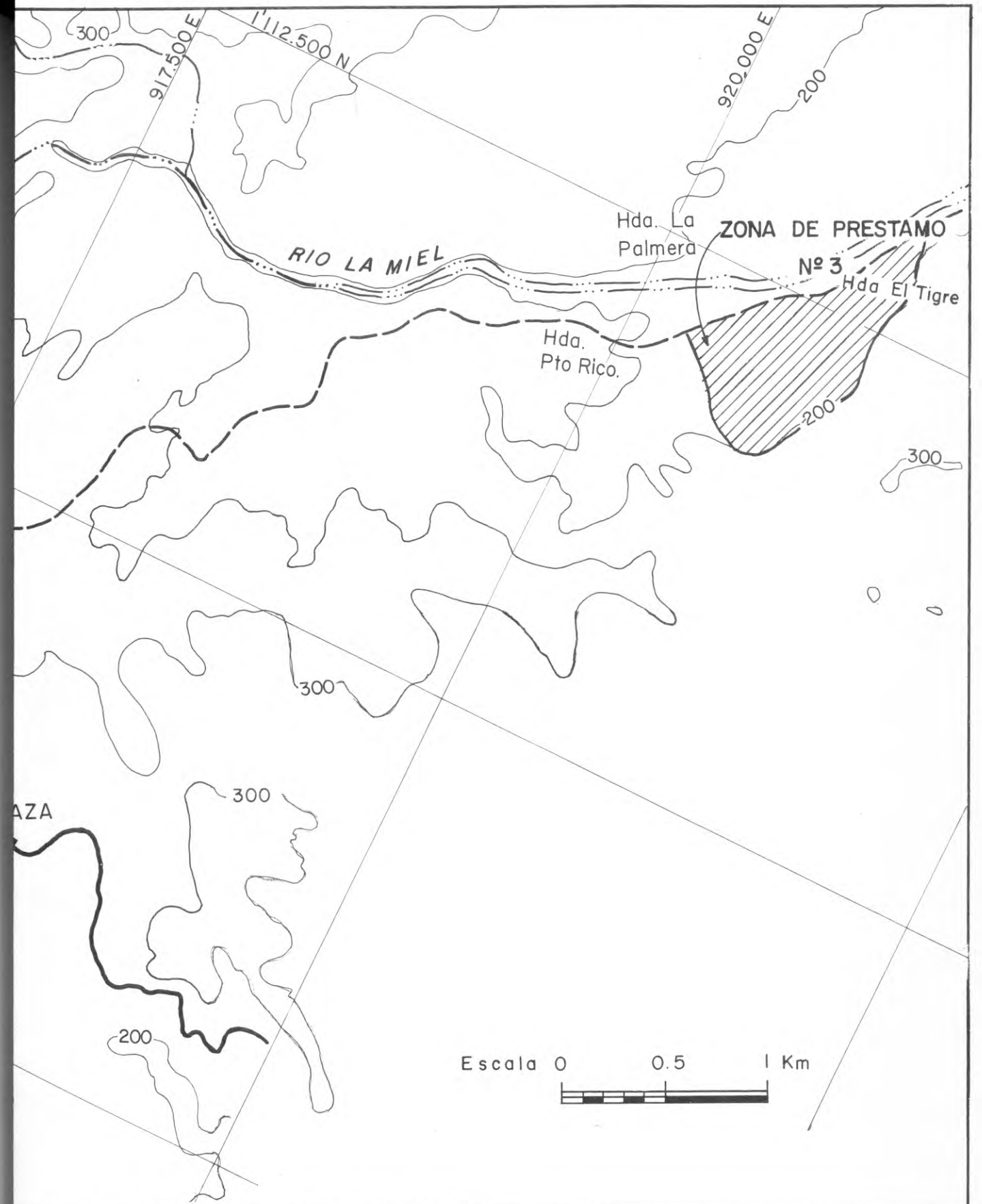
MATERIAL	Relación Vacios e	Esfuerzo Medio kg/cm ²	Coefficiente Compresibilidad Av cm ² /kg	Rotura de Granos % Bg	Módulo de Deformación Moc kg/cm ²
Esquisto Cuarzo Feldespático	0.238	2	0.0005	4.3	1.400
		4	0.0005		
		8	0.0012		
		16	0.0010		
		32	0.0012		
Cuarcita Gris	0.25	2	0.0005	2.5	2.000
		4	0.0010		
		8	0.0007		
		16	0.0009		
		32	0.0009		
Migmatita	0.248	2	0.0005	2.7	1.800
		4	0.0010		
		8	0.0007		
		16	0.0006		
		32	0.0007		

FIGURAS

Year	Area	Value	Unit
1904
1905
1906



FIGURAS



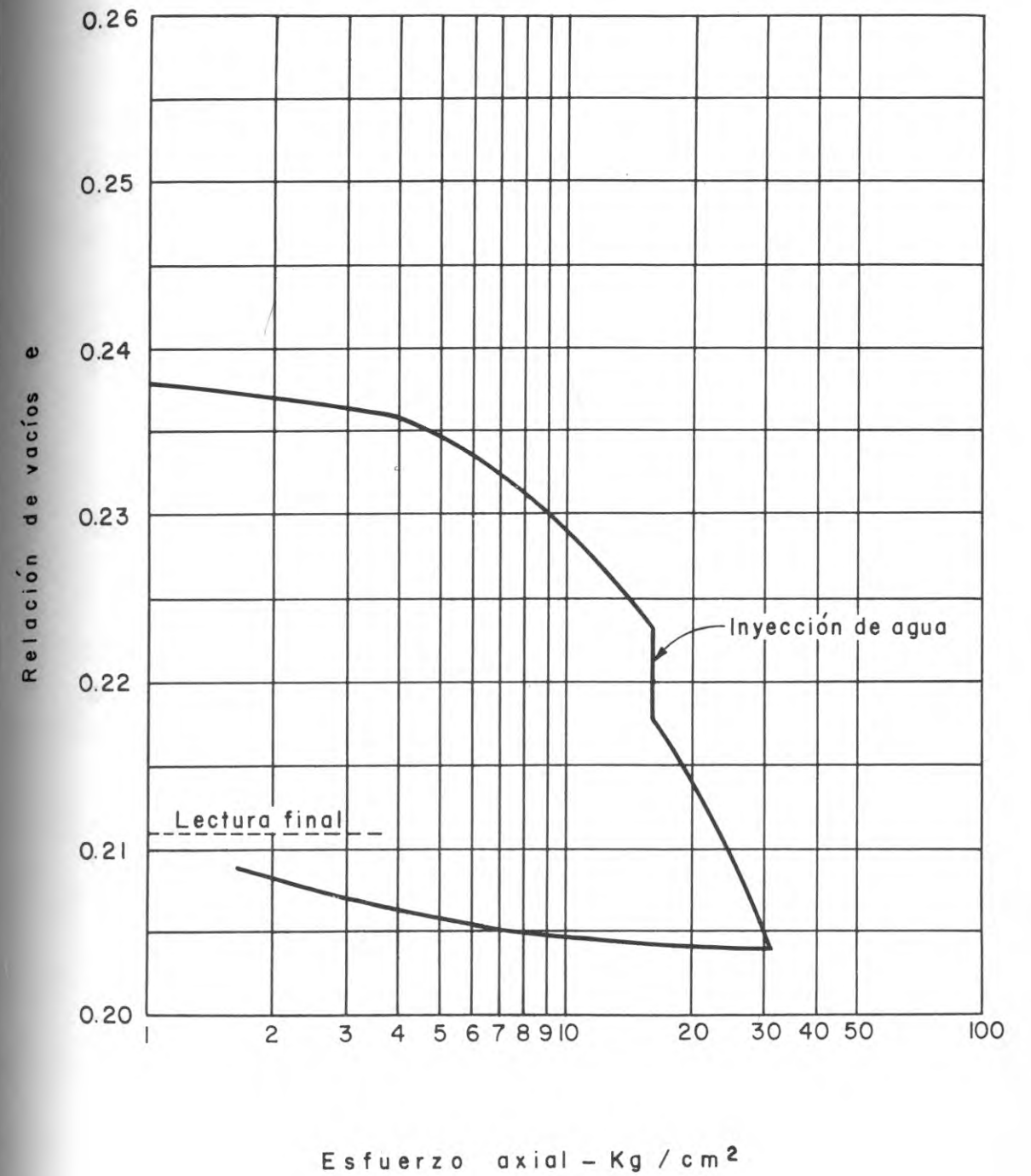
INSTITUTO COLOMBIANO
DE ENERGIA ELECTRICA
CENTRAL HIDROELECTRICA
DE CALDAS



ZONAS DE PRESTAMO

DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL
PROYECTO MIEL I - FACTIBILIDAD TECNICA

FIGURA E-1

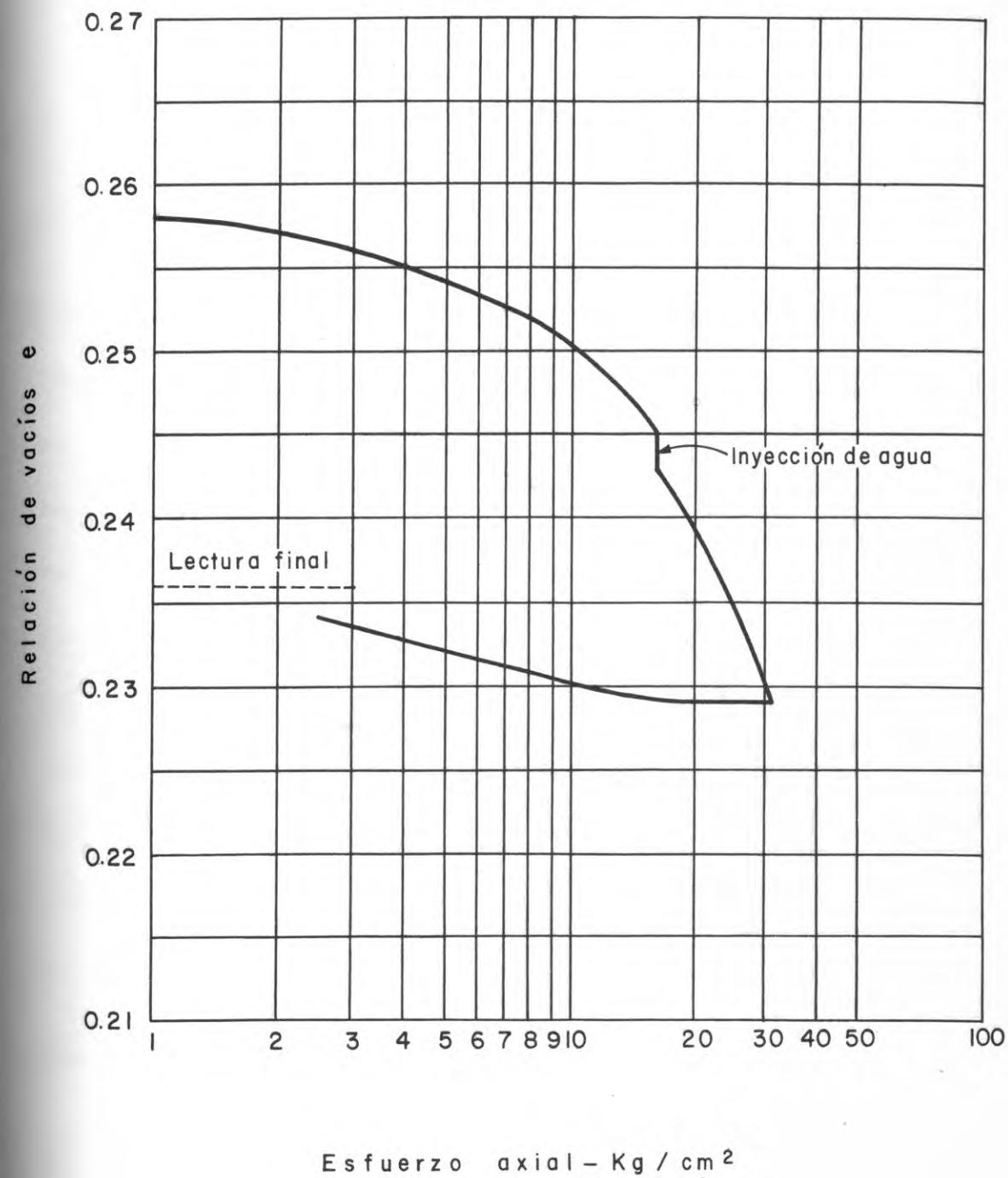


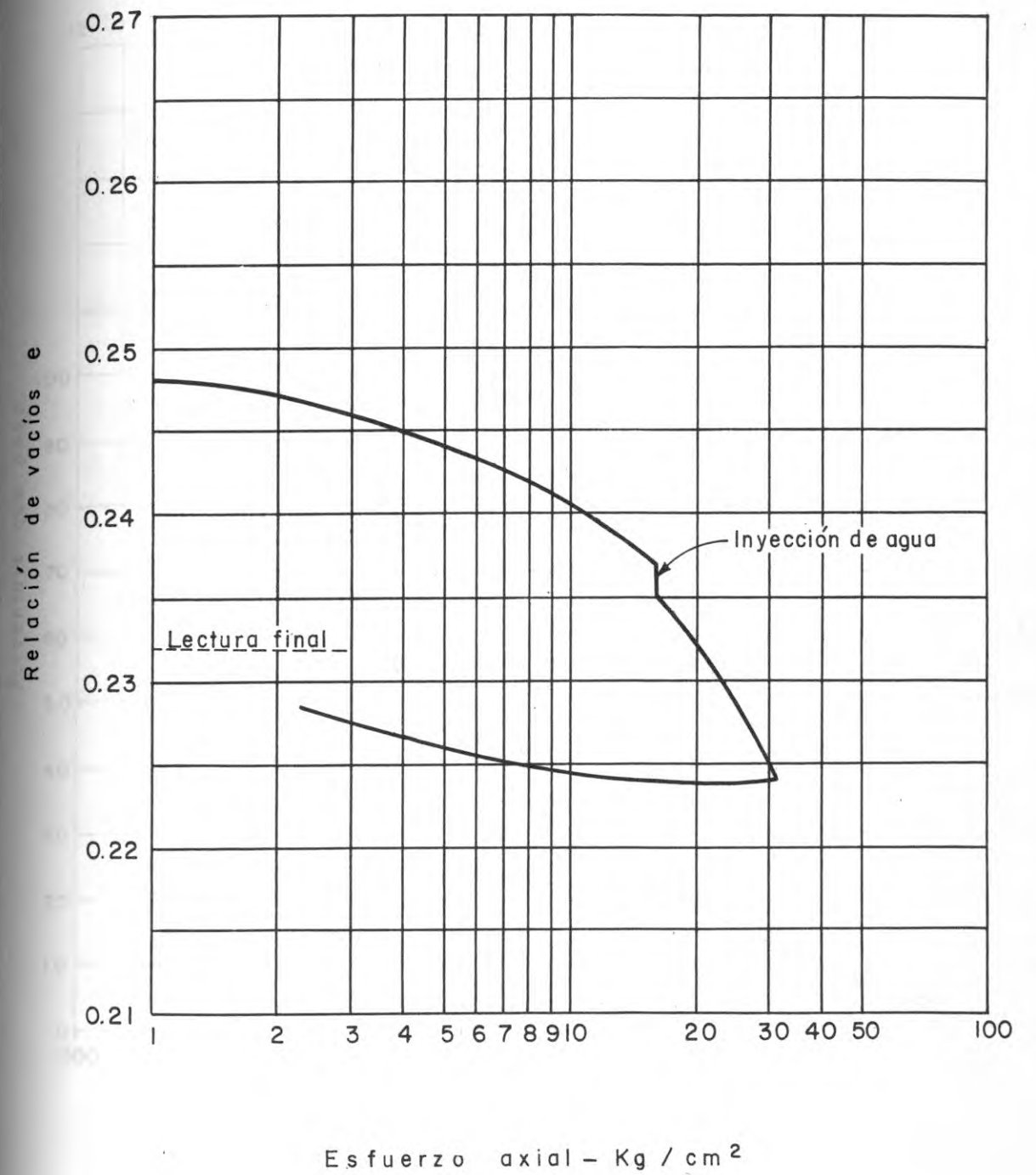
INSTITUTO COLOMBIANO
DE ENERGIA ELECTRICA
CENTRAL HIDROELECTRICA
DE CALDAS



ENSAYO DE COMPRESION UNIDIMENSIONAL
MUESTRA I - ESQUISTO

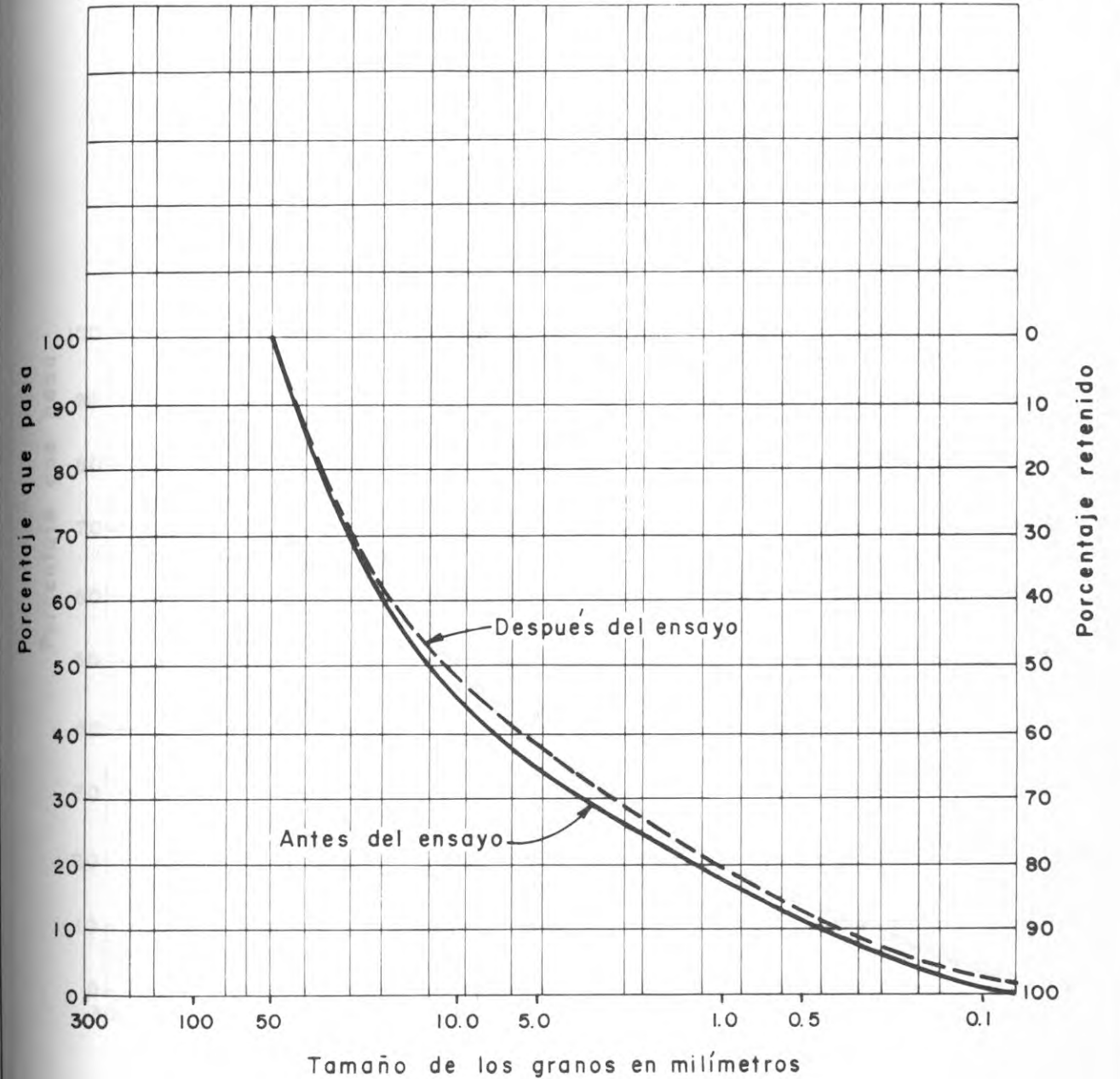
DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL
PROYECTO MIEL I - FACTIBILIDAD TECNICA







Tamices "U.S. Standard"

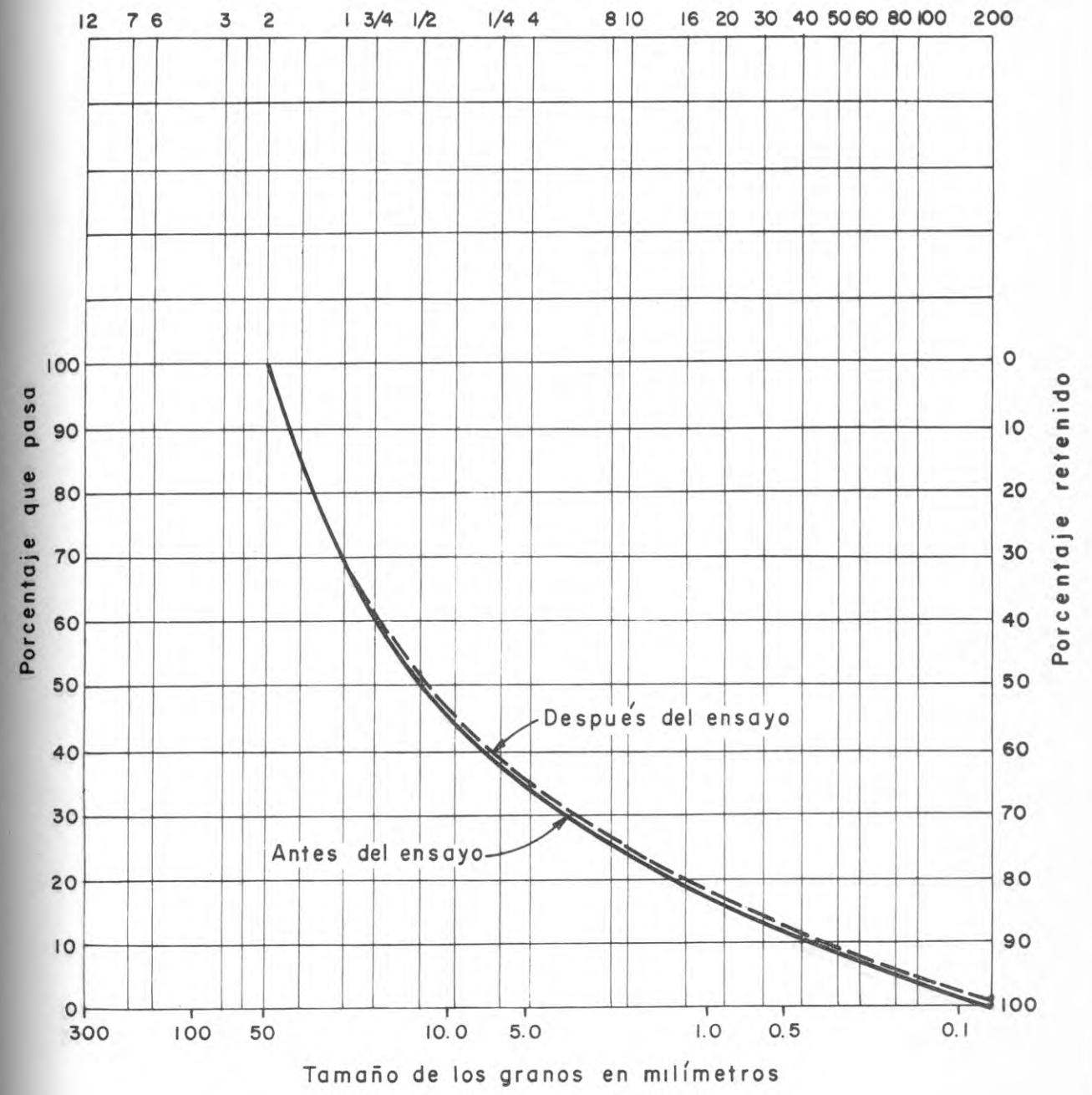
12 7 6 3 2 1 3/4 1/2 1/4 4 8 10 16 20 30 40 50 60 80 100 200




INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALDAS
 DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL
 PROYECTO MIEL I - FACTIBILIDAD TECNICA

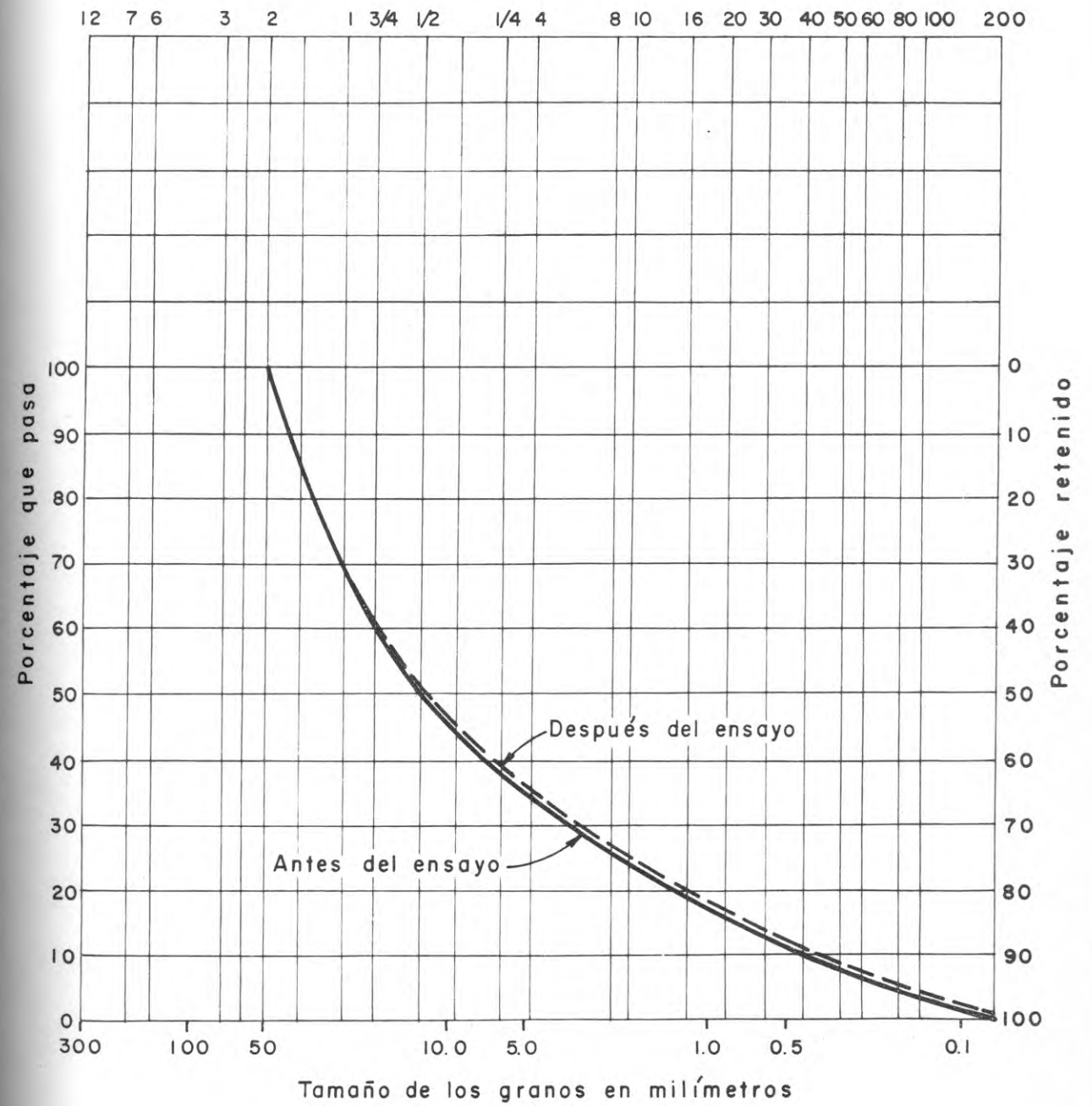

GRANULOMETRIA ANTES Y DESPUES DEL ENSAYO DE COMPRESION UNIDIMENSIONAL
MUESTRA N° 1

Tamices "U. S Standard"



	INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA		GRANULOMETRIA ANTES Y DESPUES DEL ENSAYO DE COMPRESION UNIDIMENSIONAL MUESTRA N° 2
	CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALDAS		
DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL PROYECTO MIEL I - FACTIBILIDAD TECNICA			

Tamices "U. S Standard"



INSTITUTO COLOMBIANO
DE ENERGIA ELECTRICA
CENTRAL HIDROELECTRICA
DE CALDAS



GRANULOMETRIA ANTES Y DESPUES DEL
ENSAYO DE COMPRESION UNIDIMENSIONAL
MUESTRA N° 3

DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL
PROYECTO MIEL I - FACTIBILIDAD TECNICA

APENDICE B
ANEXO 1



100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0

APENDICE E
ANEXO 1



INVESTIGACION DE MATERIALES IMPERMEABLES

REGISTRO DE APIQUES Y ENSAYOS DE LABORATORIO

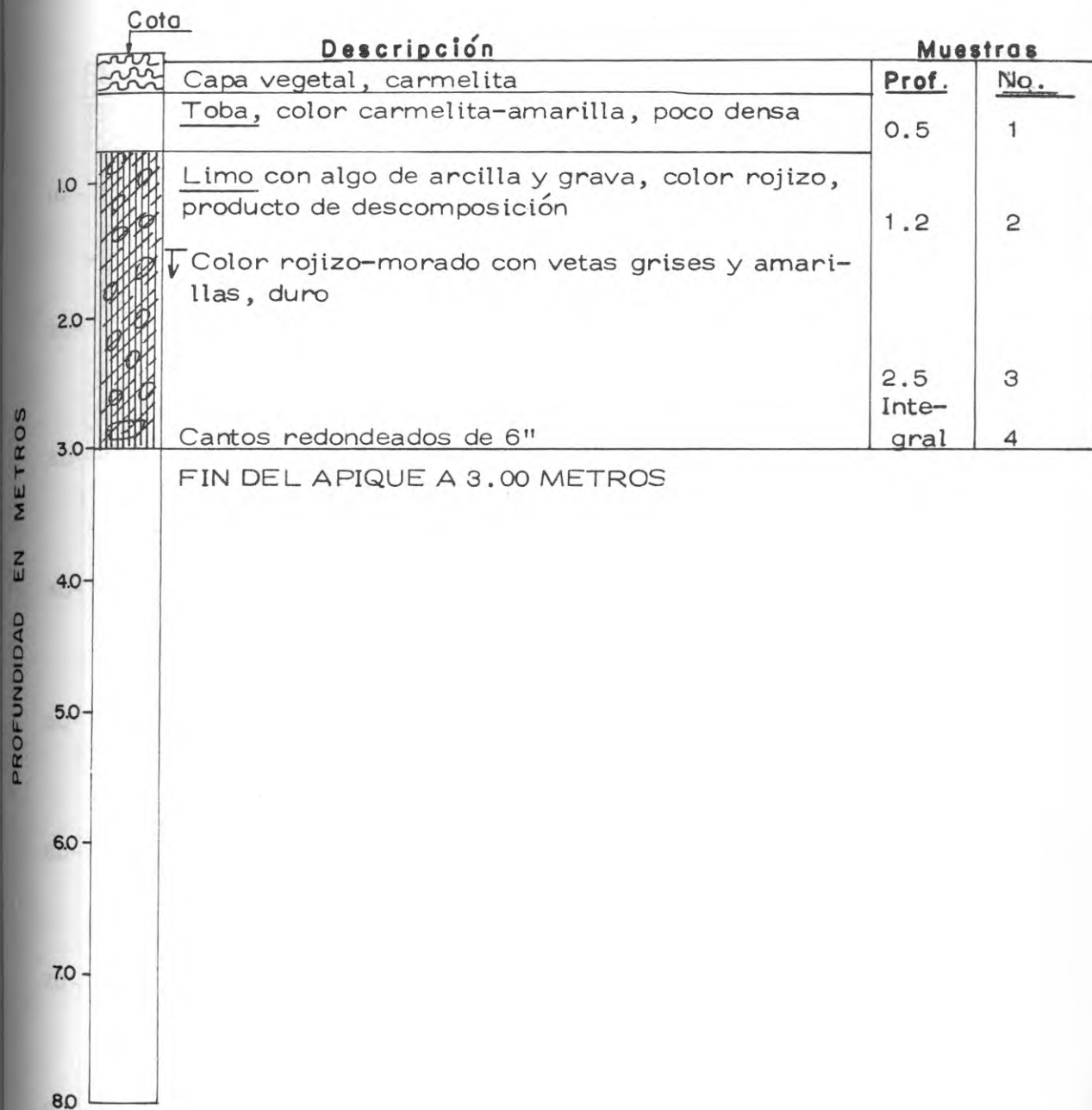
Zona de Préstamo No. 1
Hacienda El Bosque

Registro de Apique AP-1

Cliente ICEL Y CHEC Proyecto Miel I

Localización Hacienda "El Bosque" Zona de Préstamo N° 1

Fecha Mayo de 1978 Supervisor Carlos Carrero



Observaciones : No se encontró Nivel Freático

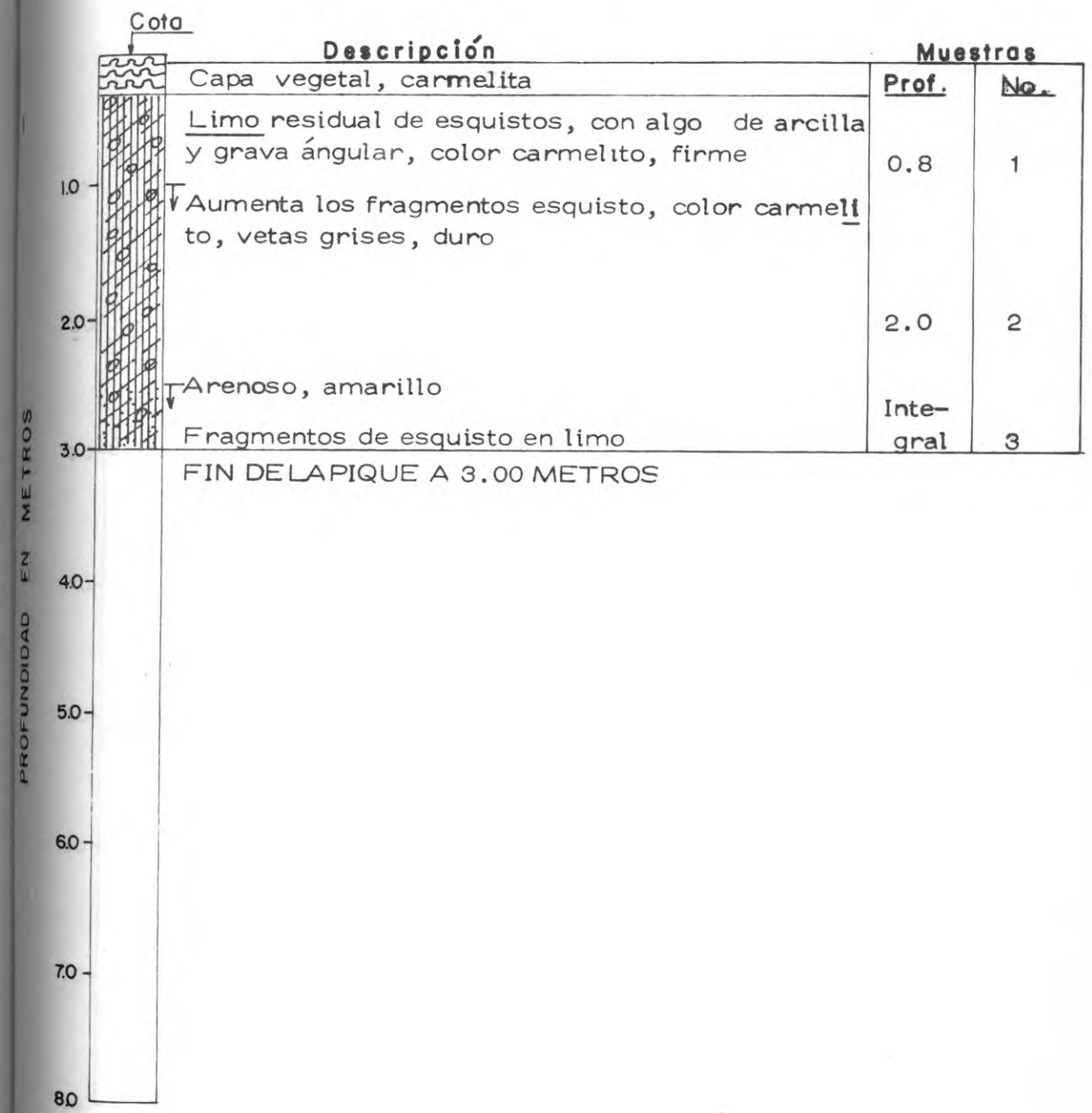
Se tomaron muestras para humedad

Registro de Apique AP-2

Ciente ICEL Y CHEC Proyecto Miel I

Localización Hacienda "El Bosque" Zona de Préstamo N° 1

Fecha Mayo de 1978 Supervisor Carlos Carrero



Observaciones : No se encontró nivel freático

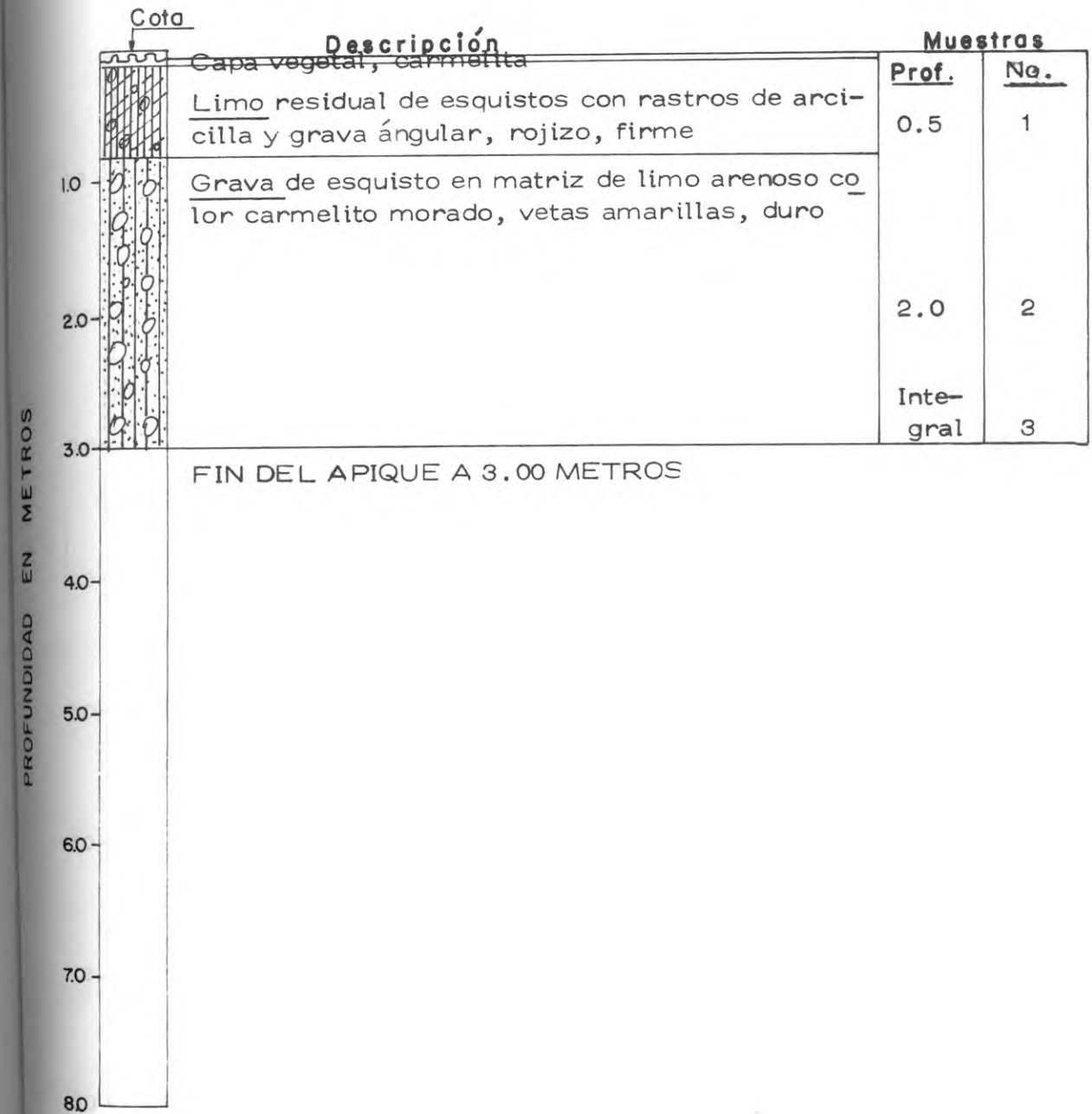
Se tomaron muestras para humedad

Registro de Apique AP-3

Ciente ICEL Y CHEC Proyecto Miel I

Localización Hacienda "El Bosque" Zona de Préstamo N° 1

Fecha Mayo de 1978 Supervisor Carlos Carrero



Observaciones: No se encontró nivel freático

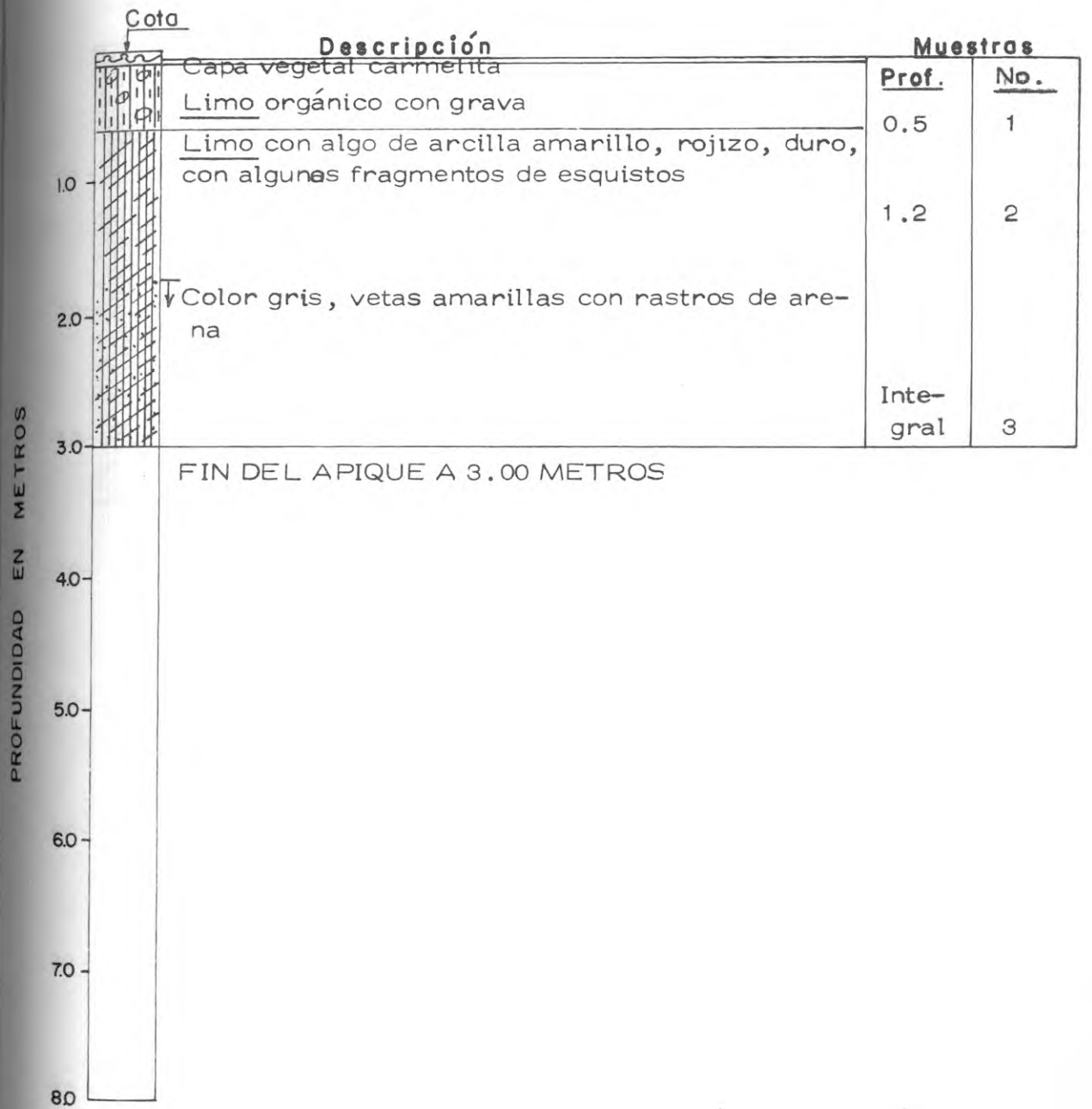
Se tomaron muestras para determinar humedad

Registro de Apique AP-4

Cliente ICEL Y CHEC Proyecto Miel I

Localización Hacienda "El Bosque" Zona de Préstamo N° 1

Fecha Mayo de 1978 Supervisor Carlos Carrero



Observaciones : Apareció nivel freático a 2.50 metros

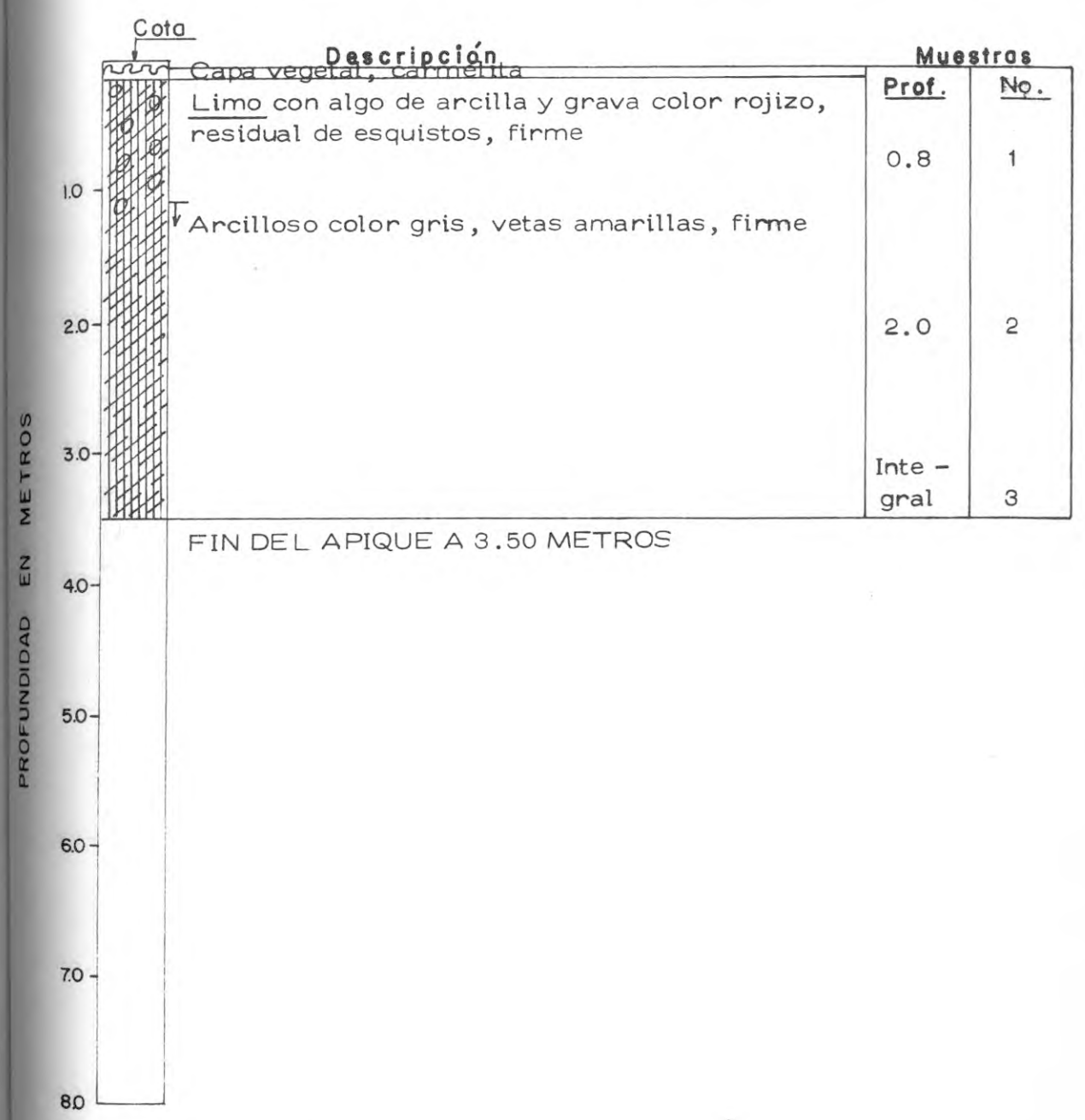
Se tomaron muestras para humedad

Registro de Apique AP-5

Cliente ICEL Y CHEC Proyecto Miel I

Localización Hacienda "El Bosque" Zona de Préstamo N° 1

Fecha Mayo de 1978 Supervisor Carlos Carrero



Observaciones : No se encontró nivel freático.

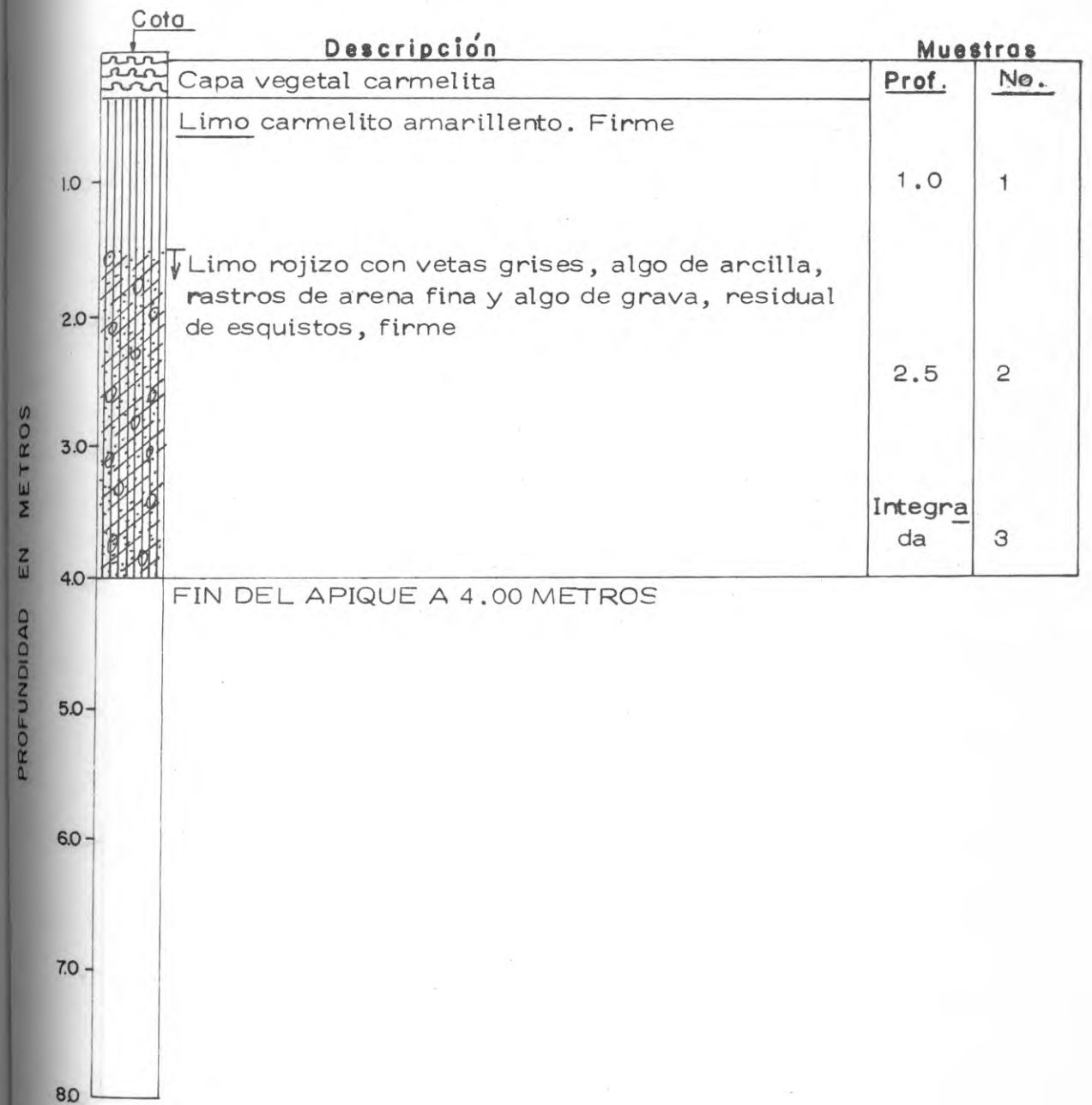
Se tomaron muestras para determinar humedad.

Registro de Apique AP - 6

Cliente ICEL Y CHEC Proyecto Miel I

Localización Hacienda "El Bosque" Zona de Préstamo N° 1

Fecha Mayo de 1978 Supervisor Carlos Carrero



Observaciones : No se encontró nivel freático.

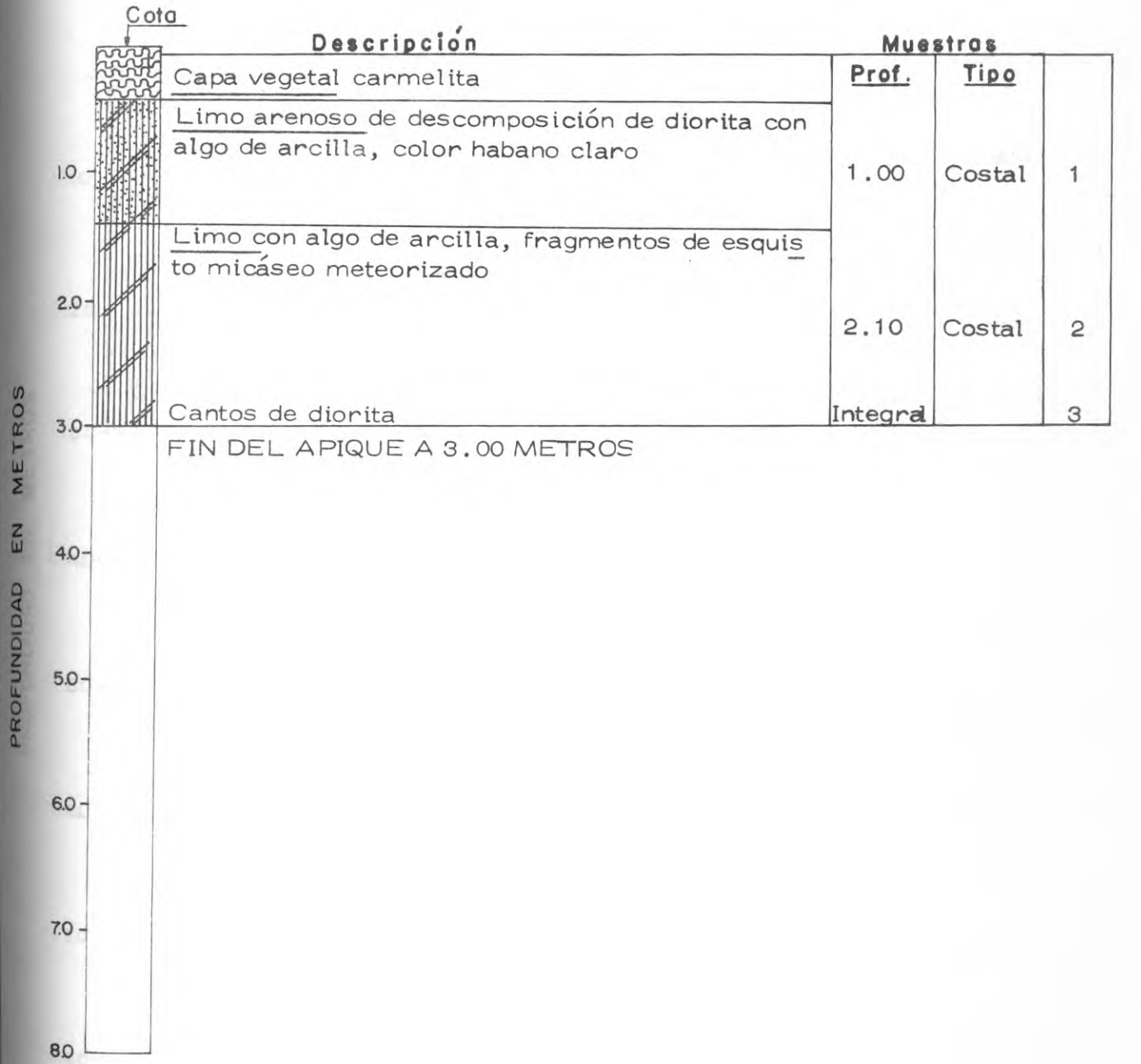
Se tomaron muestras para determinar humedad.

Registro de Apique AP-7

Cliente ICEL - CHEC Proyecto Miel I

Localización Hacienda "El Bosque" Zona de Préstamo N° 1

Fecha Junio de 1978 Supervisor Carlos Carrero



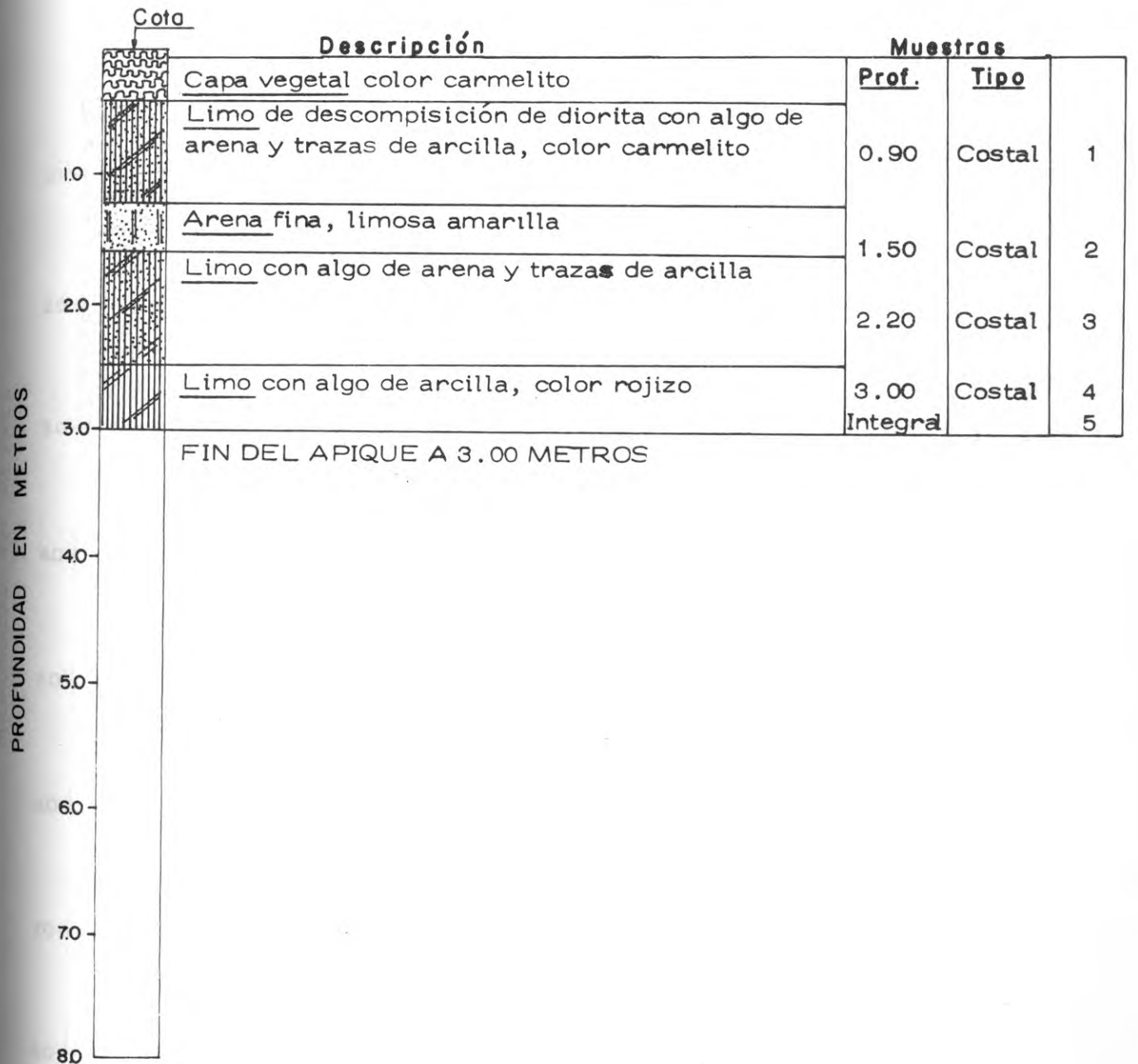
Observaciones : No se encontró nivel freático, se tomaron muestras Nos. 1 y 2 para determinar la humedad natural

Registro de Apique AP-9

Cliente ICEL - CHEC Proyecto Miel I

Localización Hacienda "El Bosque" Zona de Préstamo N° 1

Fecha Junio de 1978 Supervisor Carlos Carrero



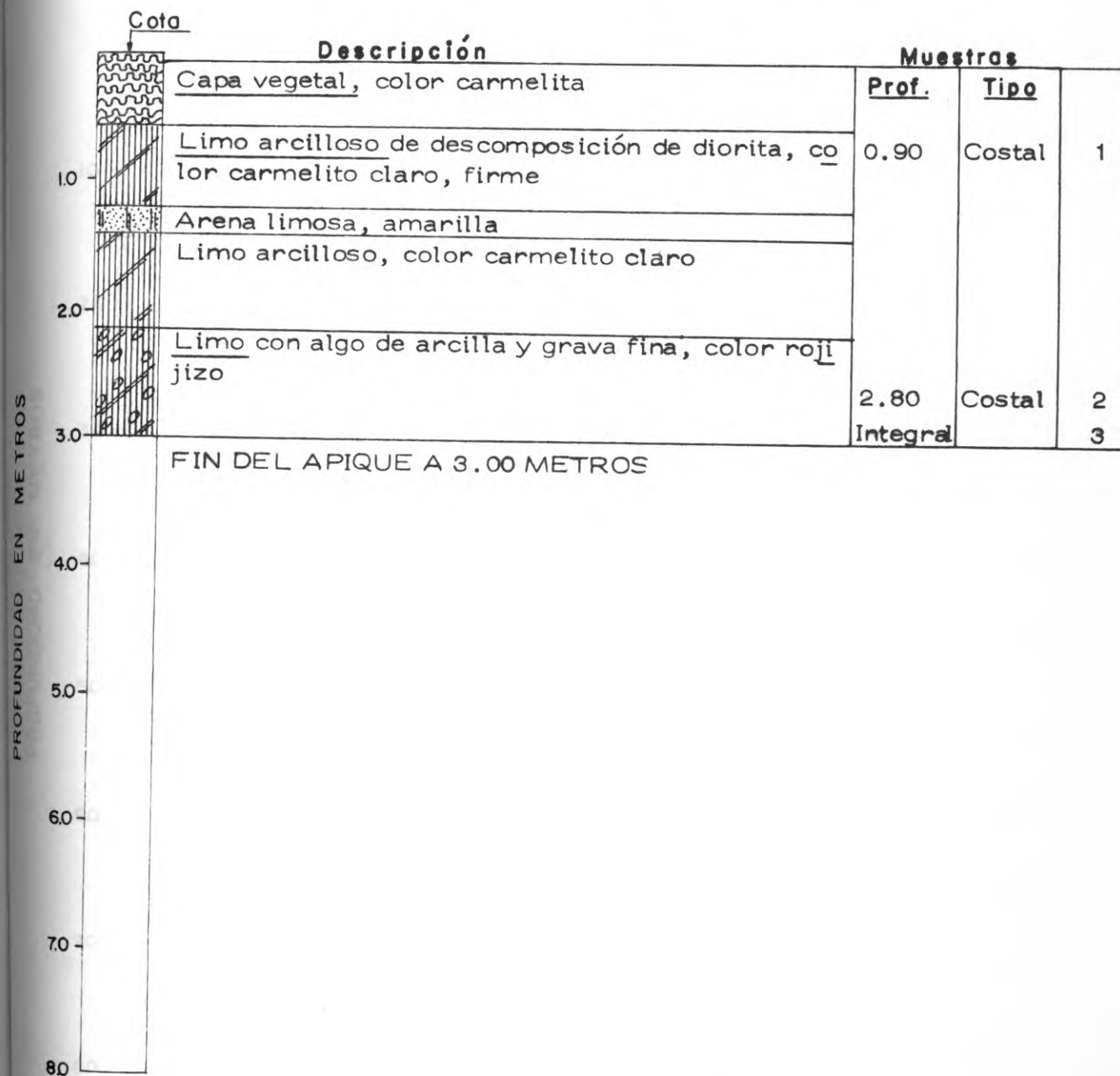
Observaciones : No se encontró nivel freático, se tomaron muestras Nos. 1, 2, 3 y 4 para determinar humedad natural

Registro de Apique AP - 10

Cliente ICEL - CHEC Proyecto Miel I

Localización Hacienda " El Bosque" Zona de Préstamo N° 1

Fecha Junio de 1978 Supervisor Carlos Carrero



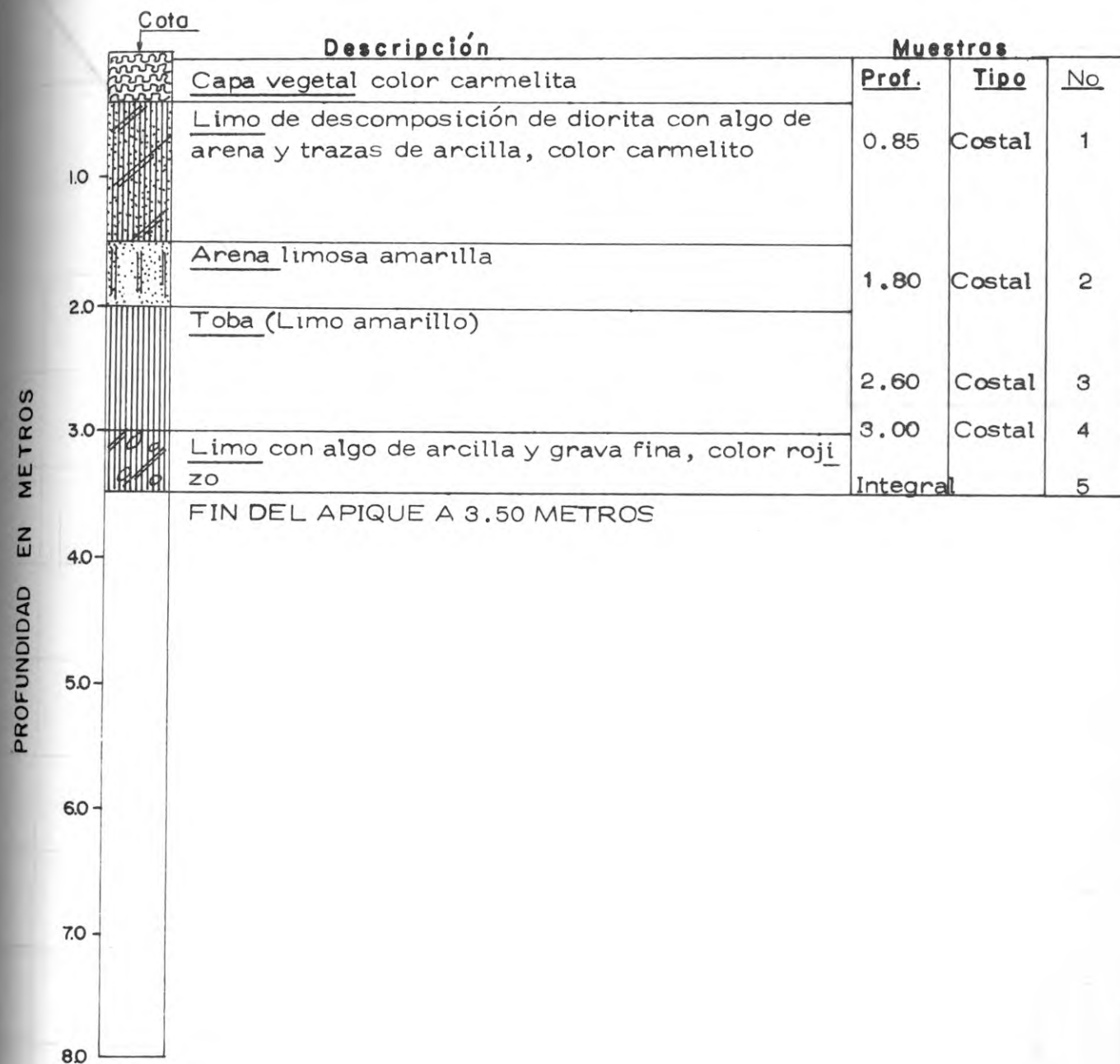
Observaciones : No se encontró nivel freático, se tomaron muestras Nos. 1 y 2 para determinar humedad natural

Registro de Apique AP-12

Cliente ICEL - CHEC Proyecto Miel - I

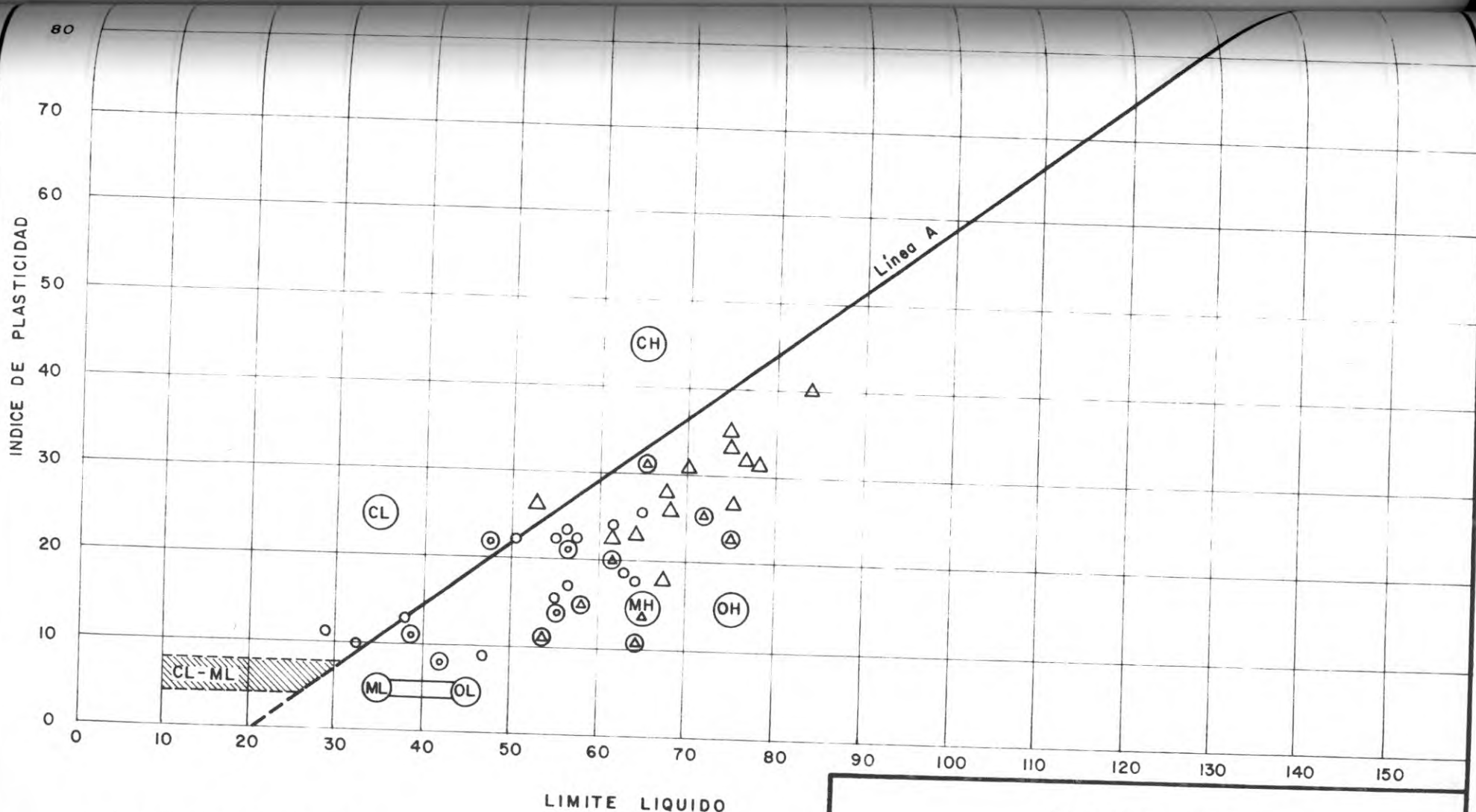
Localización Hacienda "El Bosque" Zona de Préstamo N° 1

Fecha Junio de 1978 Supervisor Carlos Carrero



Observaciones : No se encontró nivel freático, se tomaron muestras Nos. 1, 2 y 4

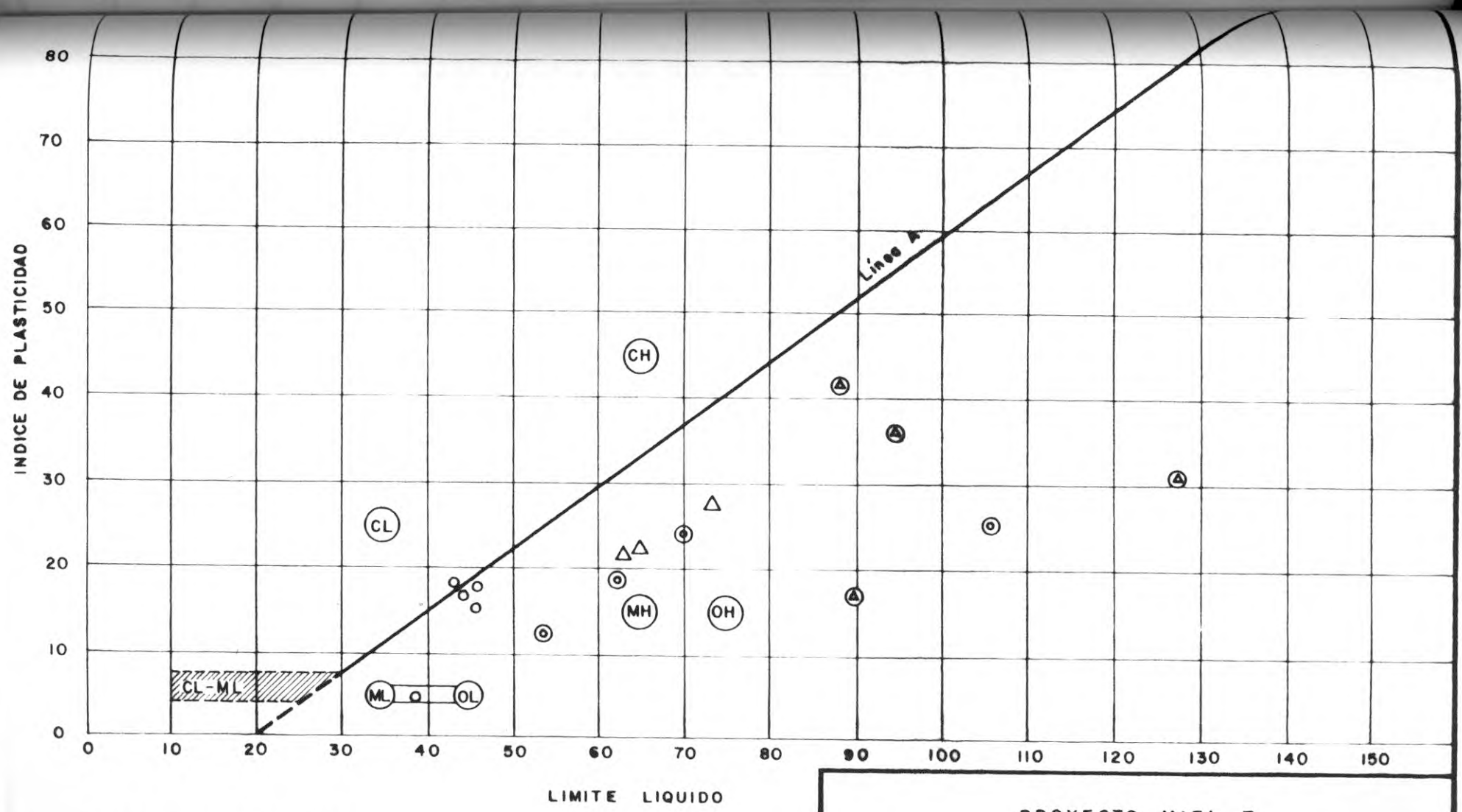
para determinar humedad natural



- Material pasa tamiz # 40
- △ Material pasa tamiz # 200
- ⊙ Muestra Integral pasa # 40
- ⊚ Muestra Integral pasa # 200

Material de los apiques No 7 a No 12

PROYECTO MIEL I	
ZONA DE PRESTAMO No 2 CARTA DE PLASTICIDAD	
CONSORCIO RIO LA MIEL	FECHA AGOSTO 1978



- Material pasa tamiz # 40
- △ Material pasa tamiz # 200
- ⊙ Muestra Integral pasa # 40
- ⊚ Muestra Integral pasa # 200

Material de los apiques No 7 a No 12

PROYECTO MIEL I	
ZONA DE PRESTAMO No 1 CARTA DE PLASTICIDAD	
CONSORCIO RIO LA MIEL	FECHA MARZO 1978

RESUMEN ENSAYOS DE LABORATORIO

PROYECTO Miel I - ZP # 1 CLIENTE ICEL - CHEC FECHA VII - 4 - 78

SONDEO	MUESTRA	TIPO	PROFUNDIDAD (MTS)	W %	LIMITES %			q _u	G _s	% PASA 200	U.S.C.	PROCTOR MODIFICADO	
					LL	LP	IP					Humedad op.	Dens.max.T/M ³
Ap # 1	1	B	0.50	59	1 - 61	51	10			72	MH	30	1.36
					2 - 68	40	28						
	2	B	1.20	29	1 - 52	33	19			56	MH	17.4	1.72
					2 - 73	38	35						
	3	B	2.50	25	1 - 52	29	23			62	MH-CH	16.4	1.76
					2 - 77	40	37						
	4	B	Integral	29*	1 - 55	38	17		2.56	66	MH	13.6	1.76
					2 - 73	39	34						
Ap # 2	1	B	0.80	39	1 - 42	31	11			72	ML	19.7	1.63
					2 - 47	36	11						
	2	B	2.00	19	1 - NL	NP	NP			53	ML	11.5	1.92
					2 - 39	35	4						
	3	B	Integral	21	1 - 34	26	8		2.61	55	ML	11.8	1.86
					2 - 43	31	12						
Ap # 3	1	B	0.50	27	1 - 47	33	14			53	ML	15.3	1.86
					2 - 56	34	22						
	2	B	2.00	26	1 - 41	34	7			73	ML	12.7	1.81
					2 - 46	33	13						
	3	B	Integral	17*	1 - 44	34	10		2.65	58	ML	10.6	1.94
					2 - 51	34	17						

W% Humedad Natural q_u Compresión Inconfinada Kg/cm
 LL Límite Líquido γ_s Peso Unitario Seco Ton/M
 LP Límite Plástico U.S.C. Clasificación Unificada de Suelos
 IP Índice de Plasticidad * Humedad no confiable
 1 Límites sobre material que pasa Tamiz # 40
 2 Límites sobre material que pasa Tamiz # 200

RESUMEN ENSAYOS DE LABORATORIO

PROYECTO La Miel I - ZP # 1 CLIENTE ICEL - CHEC FECHA VII - 4 - 78

SONDEO	MUESTRA	TIPO	PROFUNDIDAD (MTS)	W %	LIMITES %			qu	Gs	% PASA 200	U. S. C	PROCTOR MODIFICADO	
					LL	LP	IP					Humedad op.	Dens. max T/M ³
Ap # 4	1	B	0.50	28	1 - 45	24	21			46	CH	14	1.83
					2 - 64	40	24						
	2	B	1.20	33	1 - 57	33	24			59	MH	13.9	1.73
					2 - 79	43	36						
	3	B	Integral	29	1 - 51	28	23		2.62	45	SC	13.5	1.81
					2 - 70	41	39						
Ap # 5	1	B	0.80	21	1 - 41	26	15			60	CL-ML	11.8	1.94
					2 - 52	29	23						
	2	B	2.00	34	1 - 51	33	18			65	MH	16.0	1.73
					2 - 72	43	29						
	3	B	Integral	25	1 - 40	27	13		2.50	49	Smd	10.8	1.89
					2 - 55	30	25						
Ap # 6	1	B	1.00	66	1 - NL	NP	NP			52	ML	37.3	1.22
					2 - 76	65	11						
	2	B	2.50	52	1 - 68	35	33			59	MH	18.0	1.63
					2 - 90	43	47						
	3	B	Integral	36	1 - 58	50	8			65	MH	17.2	1.62
					2 - 77	53	24						

W% Humedad Natural qu Compresión Inconfinada Kg/cm
 LL Límite Líquido Gs Peso Unitario Seco Ton/M
 LP Límite Plástico U.S.C Clasificación Unificada de Suelos
 IP Índice de Plasticidad

RESUMEN ENSAYOS DE LABORATORIO

PROYECTO La Miel I - ZP# 1

CLIENTE ICEL - CHEC

FECHA VII - 11 - 78

SONDEO	MUESTRA	TIPO	PROFUNDIDAD (MTS)	W %	LIMITES %			qu	Gs	% PASA 200	U. S. C.	PROCTOR MODIFICADO	
					LL	LP	IP					Humedad op.	Dens. Max/T/M ³
Ap # 7	1	B	1.00	83	1 - NL	NP	NP			75	ML	34.2	1.29
					2 - NL	NP	NP						
	2	B	2.10	31	1 - 39	34	5			70	ML	16.4	1.71
					2 - 65	43	22						
	3	B	Integral	47*	1 - 62	43	19		2.58	62	MH	21.5	1.60
					2 - 89	47	42						
Ap # 9	1	B	0.90	65	1 - NL	NP	NP			65	ML	37.0	1.22
					2 - NL	NP	NP						
	2	B	1.50	63	1 - NL	NP	NP			43	Smd	31.8	1.28
					2 - NL	NP	NP						
	3	B	2.15	134	1 - NL	NP	NP			74	ML	47.0	1.05
					2 - NL	NP	NP						
	4	B	3.00	32	1 - 47	31	16			62	ML	22.0	1.72
					2 - 62	41	21						
	5	B	Integral	60*	1 - 107	81	26		2.41	68	MH	31.4	1.35
					2 - 129	98	31						
Ap # 10	1	B	0.90	73	1 - NL	NP	NP			62	ML	33.6	1.29
					2 - NL	NP	NP						

W% Humedad Natural
 LL Límite Líquido
 LP Límite Plástico
 IP Índice de Plasticidad

qu Compresión Inconfineda Kg/cm
 Gs Peso Unitario Seco Ton/M
 U.S.C Clasificación Unificada de Suelos

RESUMEN ENSAYOS DE LABORATORIO

RESUMEN ENSAYOS DE LABORATORIO

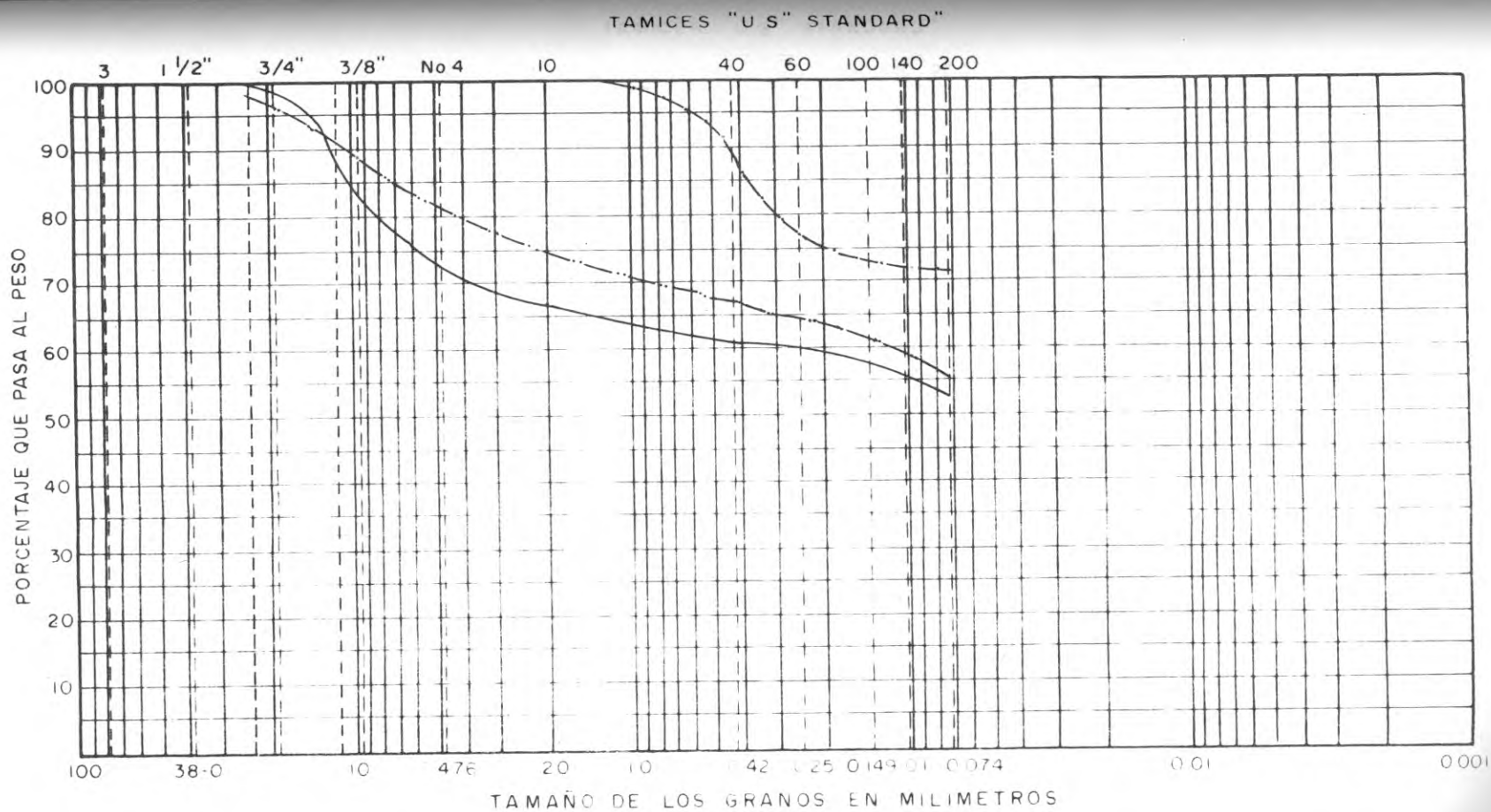
PROYECTO La Miel I - ZP # 1 CLIENTE ICEL - CHEC FECHA VII-11 - 78

SONDEO	MUESTRA	TIPO	PROFUNDIDAD (MTS)	W %	LIMITES %			q _u	G _s	% PASA 200	U.S.C.	PROCTOR MODIFICADO	
					LL	LP	IP					Humedad op.	Dens. Max. T/M ³
Ap #10	2	B	2.80	33	1 - 44	27	17			72	ML	27.0	1.63
					2 - 68	44	24						
	3	B	Integral	43*	1 - 70	46	24		2.52	69	MH	31.5	1.41
					2 - 95	58	37						
Ap #12	1	B	0.85	68	1 - NL	NP	NP			64	ML	38.0	1.24
					2 - NL	NP	NP						
	2	B	1.80	74	1 - NL	NP	NP			41	Smd	33.5	1.29
					2 - 107	90	17						
	3	B	2.60	130	1 - NL	NP	NP			64	ML	54.1	1.01
					2 - 139	98	41						
	4	B	3.00	48	1 - 47	29	18			54	ML	25.3	1.68
					2 - 73	45	28						
	5	B	Integral	83*	1 - 54	42	12		2.40	60	MH	44.2	1.20
					2 - 90	73	17						

W% Humedad Natural
 LL Límite Líquido
 LP Límite Plástico
 IP Índice de Plasticidad

q_u Compresión Inconfiada Kg/cm
 G_s Peso Unitario Seco Ton/M
 U.S.C. Clasificación Unificada de Suelos

DIRECCION GENERAL DE INVESTIGACIONES Y SERVICIOS TECNICOS

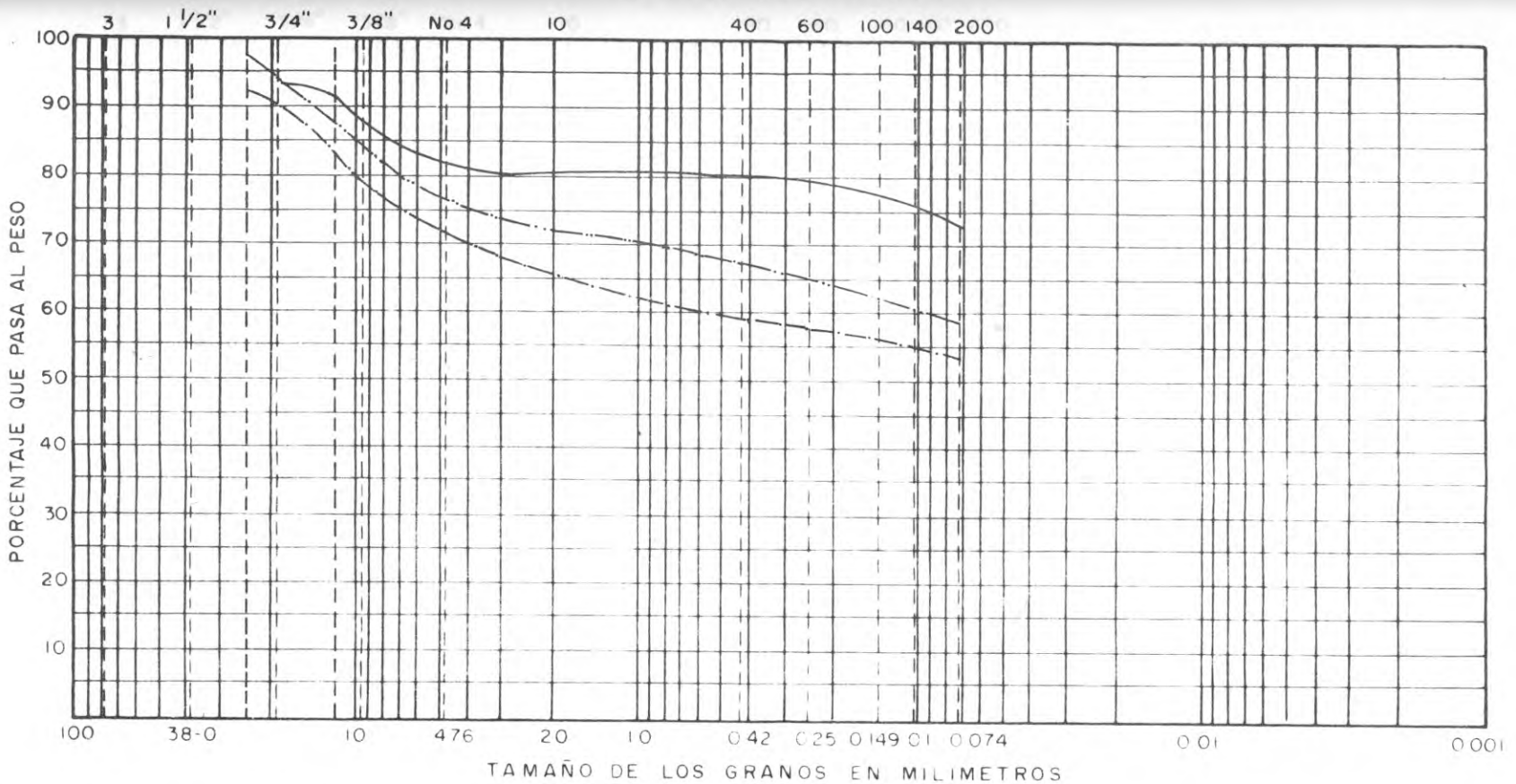


GRAVA		ARENA			LIMO O ARCILLA
Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina	

Sondeo	Muestra	Prof	DESCRIPCION	(1)	LL	LP	IP	Observaciones	
Ap#2	1	0.80	Limo carmelito con raíces						CONSORCIO RIO LA MIEL CLIENTE ICEL-CHEC PROYECTO MIEL I LOCALIZACION Zona de Préstamo N° 1 FECHA VII-3-78
	2	2.00	Limo carmelito con grava						
	3	Integ.	Limo carmelito						
ANALISIS GRANULOMETRICO									

(1) - Clasificación Unificada del Cuerpo de Ingenieros

TAMICES "U.S" STANDARD"



GRAVA		ARENA			LIMO O ARCILLA
Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina	

Sondeo	Muestra	Prof.	DESCRIPCION	(1)	LL	LP	IP	Observaciones
Ap#3	1	0.50	Limo carmelito rojizo					
	2	2.00	Limo morado carmelito					
	3	Integ.	Limo carmelito					
ANALISIS GRANULOMETRICO								

CONSORCIO RIO LA MIEL

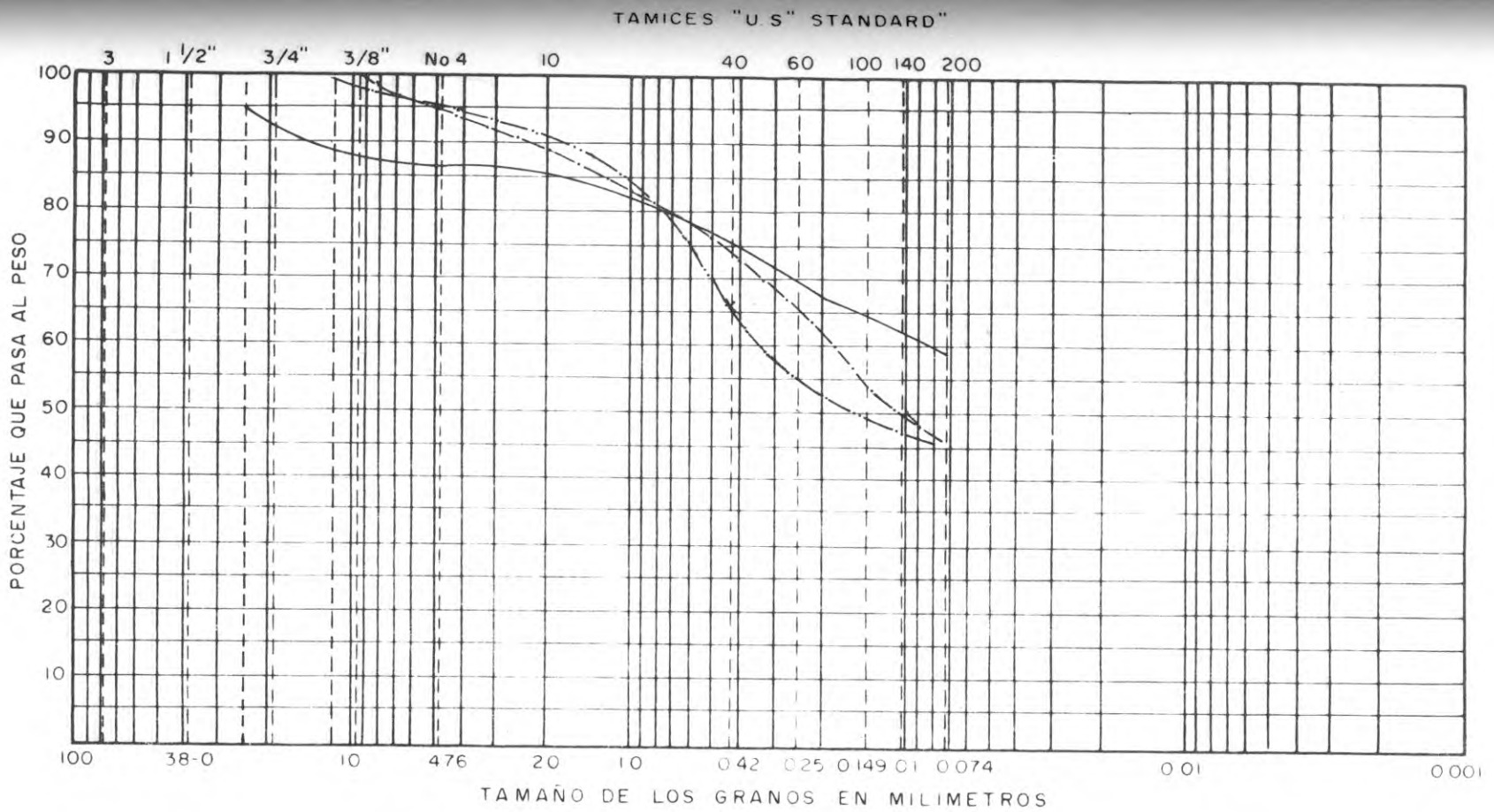
CLIENTE ICEL-CHEC

PROYECTO MIEL I

LOCALIZACION Zona de Préstamo N° 1

FECHA VII-3-78

(1) - Clasificación Unificada del Cuerpo de Ingenieros



GRAVA		ARENA			LIMO O ARCILLA	
Guesa	Fino	Guesa	Media	Fino		

Sondeo	Muestra	Prof	DESCRIPCION	(1)	LL	LP	IP	Observaciones
Ap#4	1	0.40	Arena y limo carmelito claro					-----
	2	1.20	Limo con arena rojizo con raíces					-----
	3	Integ.	Arena y limo habano amarillo					-----

CONSORCIO RIO LA MIEL

CLIENTE ICEL - CHEC

PROYECTO MIEL I

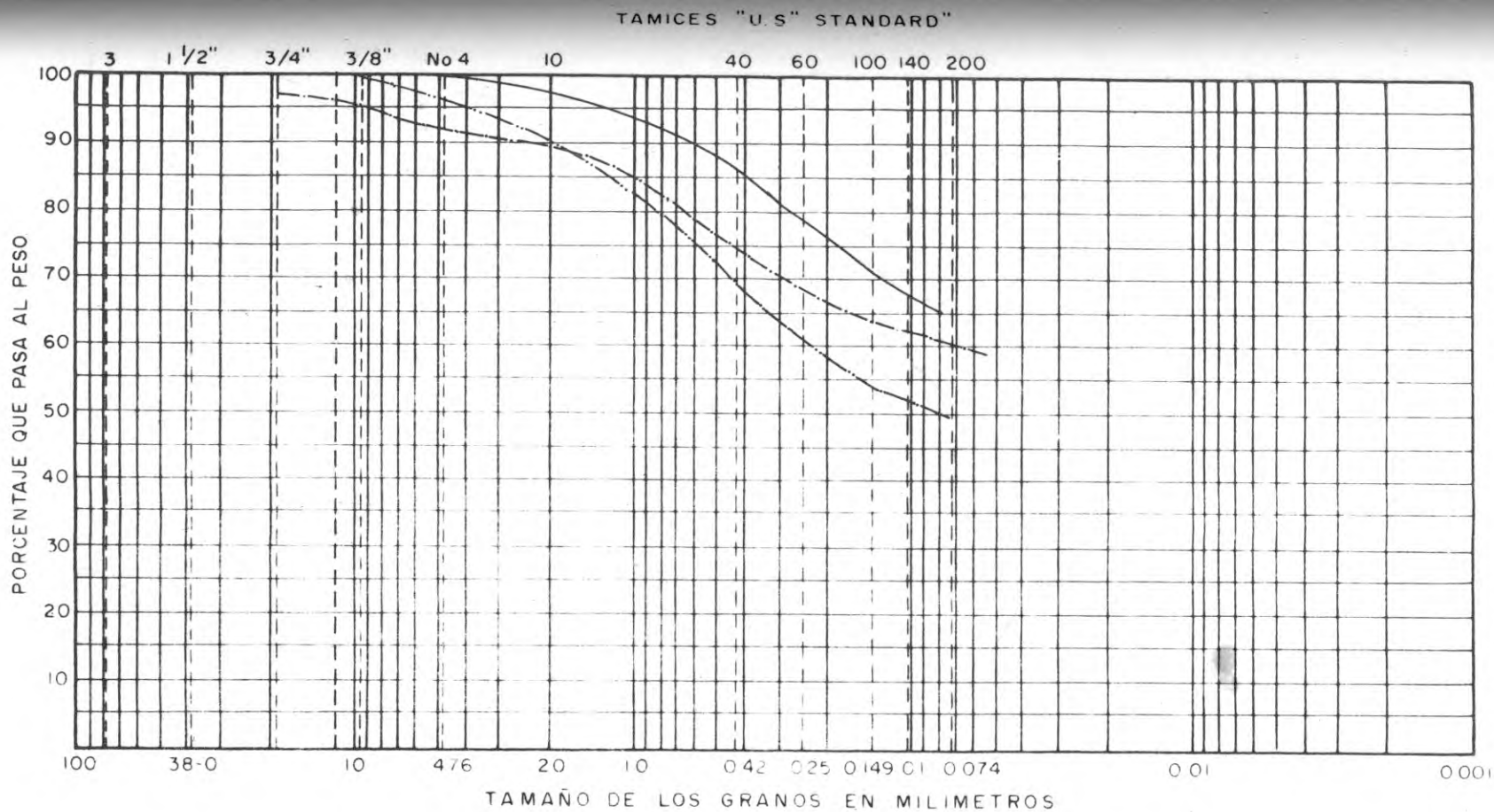
LOCALIZACION Zona de Préstamo N° 1

FECHA VII-3-78

ANALISIS GRANULOMETRICO

(1) - Clasificación Unificada del Cuerpo de Ingenieros

FIGURA E - 22



GRAVA		ARENA			LIMO O ARCILLA
Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina	

Sondeo	Muestra	Prof	DESCRIPCION	(1)	LL	LP	IP	Observaciones
Ap#5	1	0.80	Limo rojizo carmelito con raíces					-----
	2	2.00	Limo habano con vetas oxidadas y moradas					-----
	3	Integ.	Arena y limo rojizo con vetas habanas					-----
ANALISIS GRANULOMETRICO								

CONSORCIO RIO LA MIEL

CLIENTE ICEL- CHEC

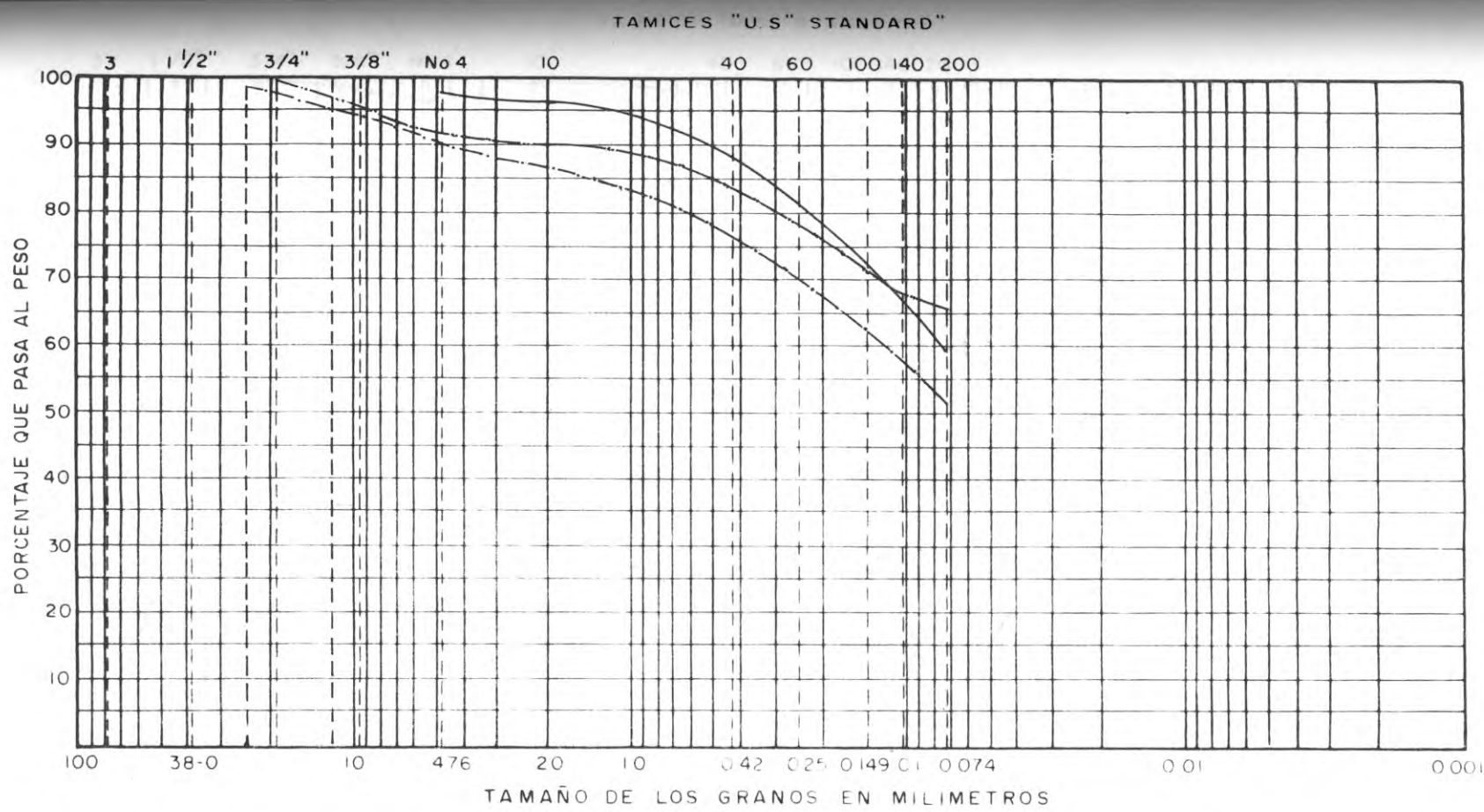
PROYECTO MIEL I

LOCALIZACION Zona de Préstamo N° 1

FECHA VII-3-78

(1) - Clasificación Unificada del Cuerpo de Ingenieros

FIGURA E-23

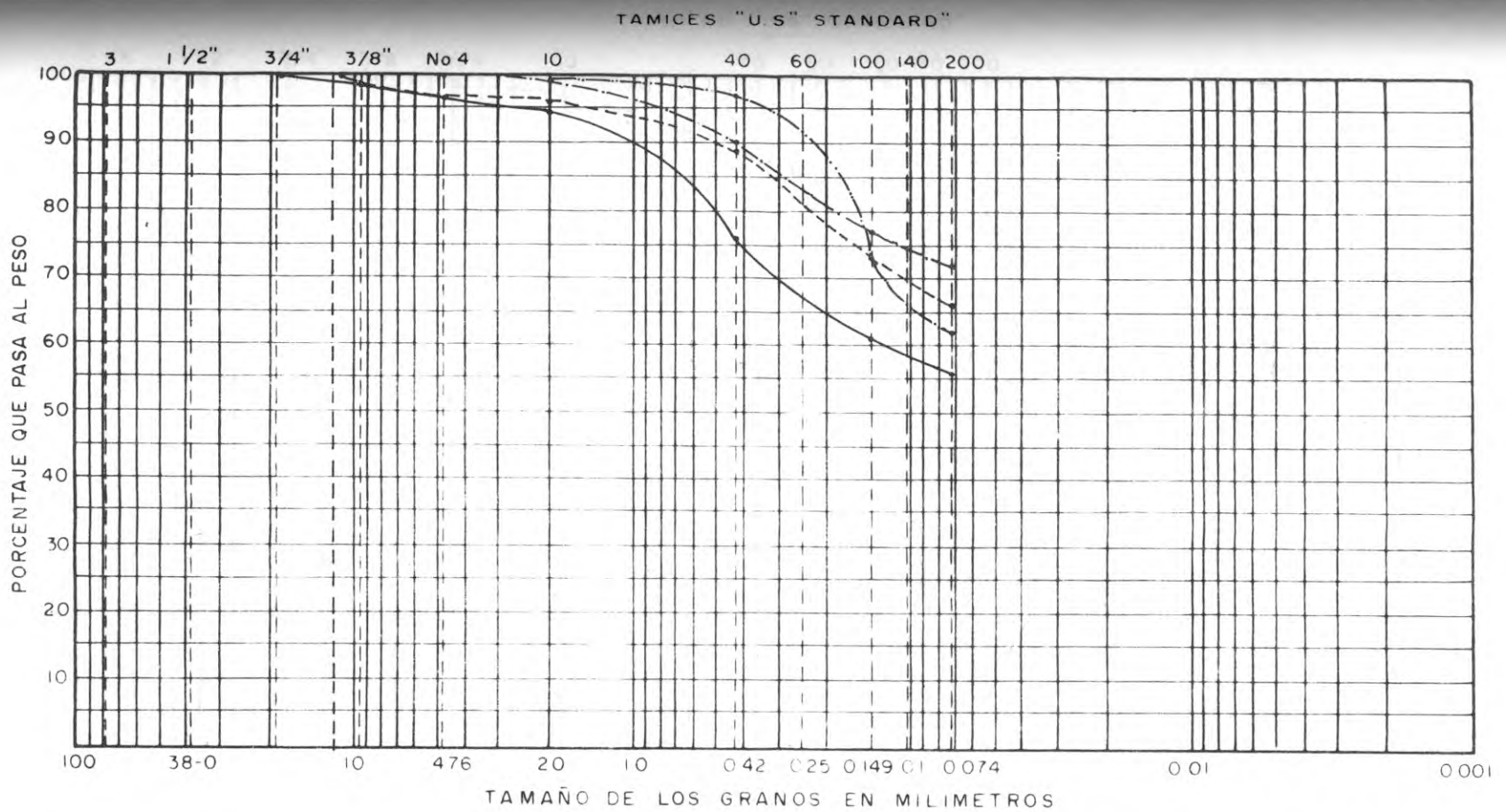


GRAVA		ARENA			LIMO O ARCILLA
Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina	

Sondeo	Muestra	Prof	DESCRIPCION	(1)	LL	LP	IP	Observaciones
Ap#6	1	1.00	Ltmo amarillo oscuro con vetas habanas					-----
	2	2.50	Ltmo rojizo con vetas habanas					-----
	3	Integ.	Ltmo amarillo rojizo					-----
ANALISIS GRANULOMETRICO								
								CONSORCIO RIO LA MIEL
								CLIENTE <u>ICEL - CHEC</u>
								PROYECTO <u>MIEL I</u>
								LOCALIZACION <u>Zona de Préstamo N° 1</u>
								FECHA <u>VII-3-78</u>

(1) - Clasificación Unificada del Cuerpo de Ingenieros

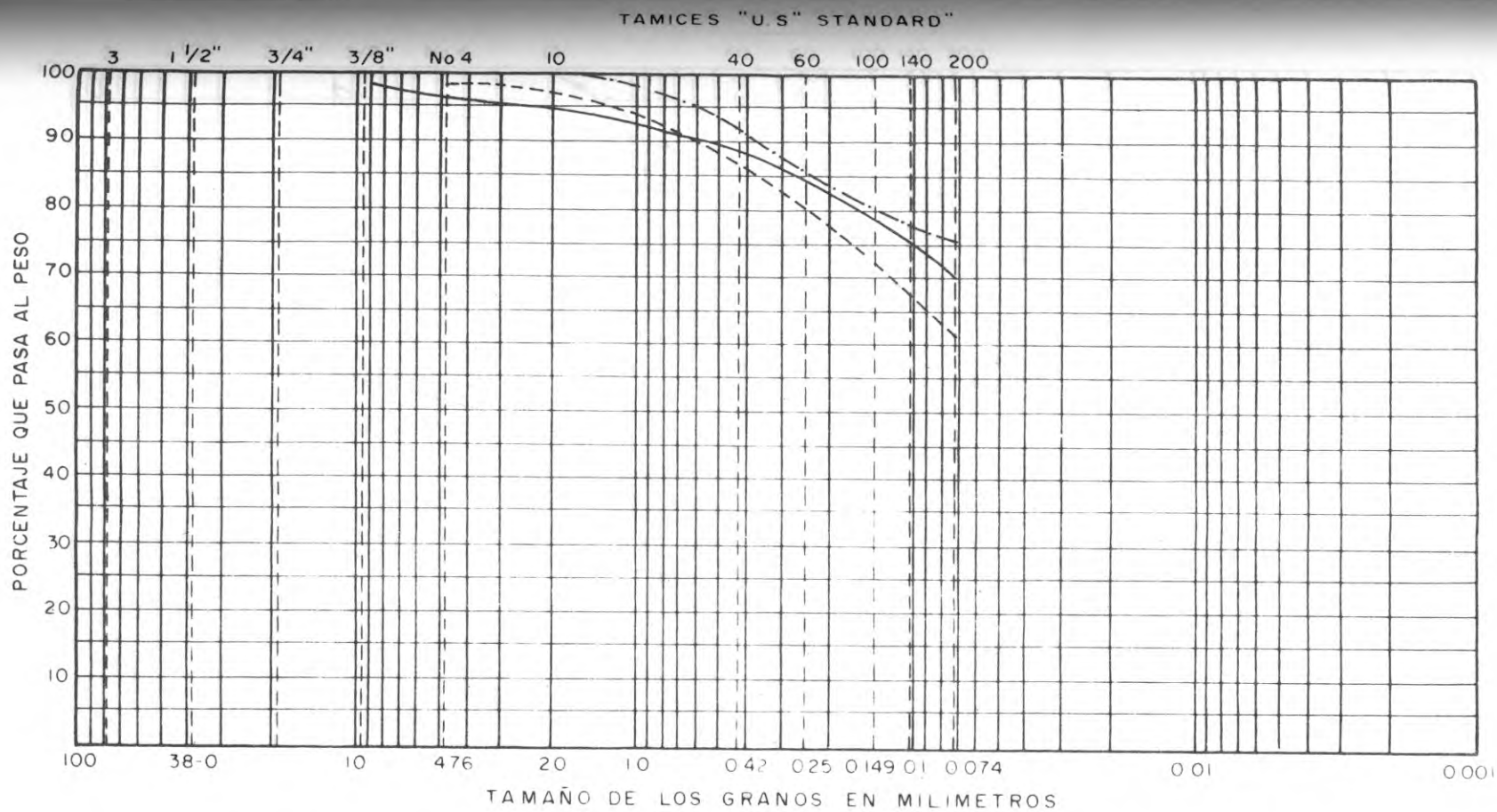
FIGURA E-24



GRAVA		ARENA			LIMO O ARCILLA
Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina	

Sondeo	Muestra	Prof.	DESCRIPCION	(1)	LL	LP	IP	Observaciones
Ap#1	1	0.50	Limo amarillo con raíces					-----
	2	1.00	Limo carmelito claro					-----
	3	2.50	Limo rojizo con vetas blancas					-----
	4	inte- gral	Limo rojizo					-----
ANALISIS GRANULOMETRICO								
								CONSORCIO RIO LA MIEL
								CLIENTE ICEL - CHEC PROYECTO MIEL I
								LOCALIZACION Zona de Préstamo N° 1 FECHA VII-3-78

(1) - Clasificación Unificada del Cuerpo de Ingenieros



GRAVA		ARENA			LIMO O ARCILLA
Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina	

Sondeo	Muestra	Prof	DESCRIPCION	(I)	LL	LP	IP	Observaciones
Ap#7	1	1.00	Limo arenoso habano					-----
	2	2.10	Limo algo arcilloso					-----
	Integ.							-----
ANALISIS GRANULOMETRICO								

CONSORCIO RIO LA MIEL

CLIENTE JCEL - CHEC

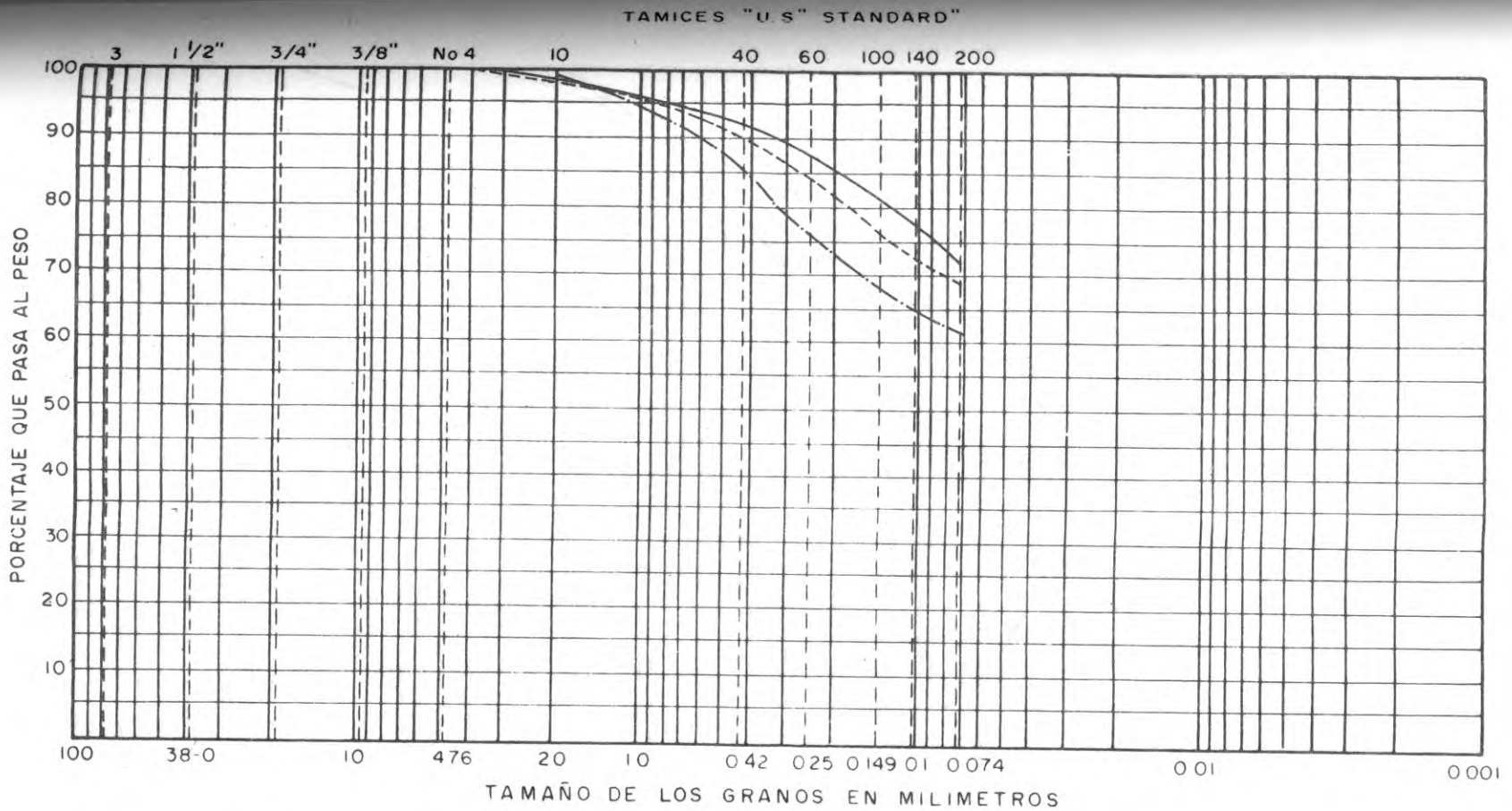
PROYECTO MIEL I

LOCALIZACION Zona de Préstamo N° 1

FECHA VII-11-78

(1) - Clasificación Unificada del Cuerpo de Ingenieros

FIGURA E-26



GRAVA		ARENA			LIMO O ARCILLA
Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina	

Sondeo	Muestra	Prof	DESCRIPCION	(1)	LL	LP	IP	Observaciones
Ap#10	1	0.90	Limo areno-arcilloso					-----
	2	2.80	Limo areno-arcilloso					-----
	3	Integ.						-----
ANALISIS GRANULOMETRICO								

CONSORCIO RIO LA MIEL

CLIENTE ICEL CHEC

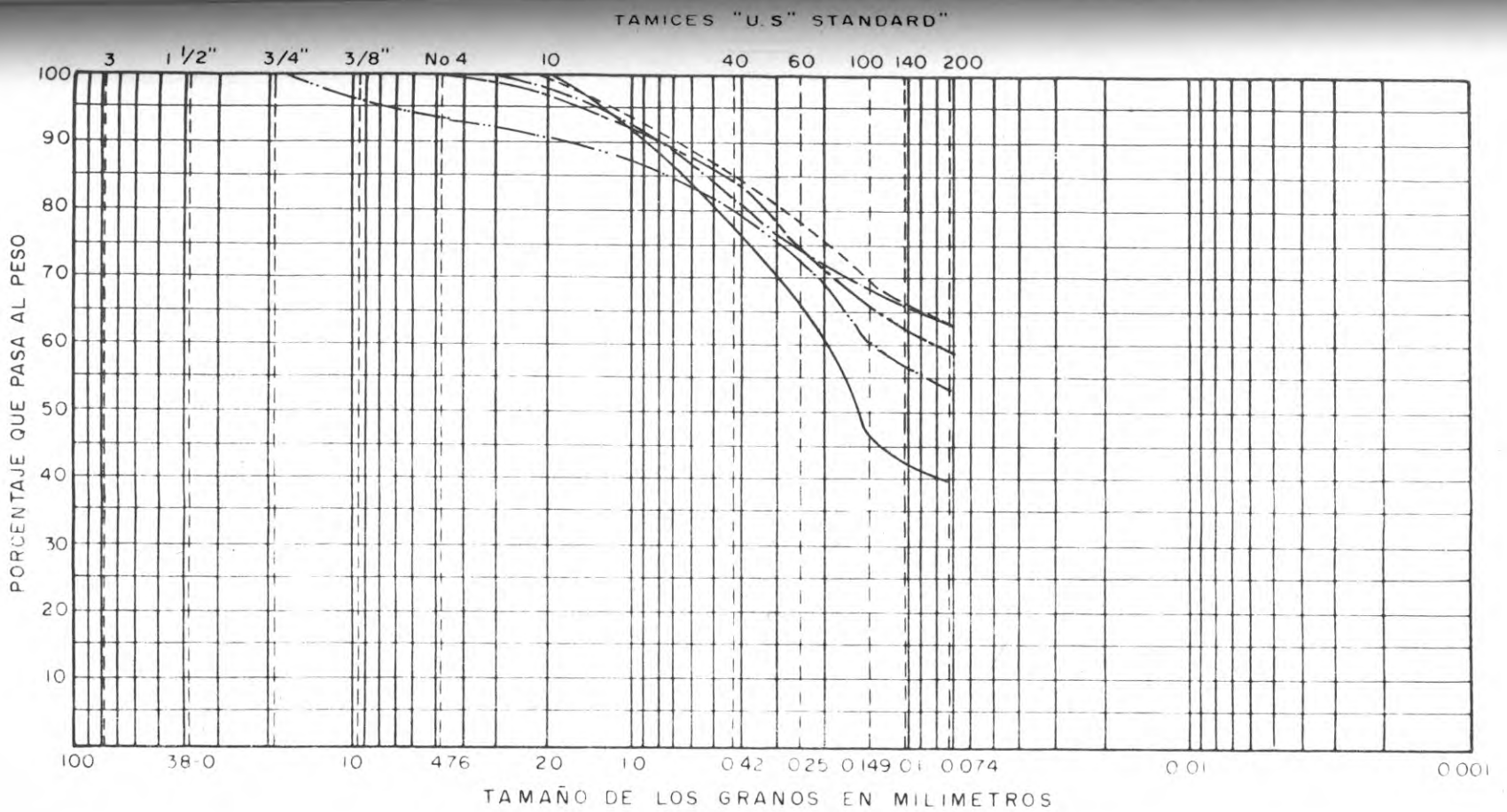
PROYECTO MIEL I

LOCALIZACION Zona de Préstamo N° 1

FECHA VII-11-78

FIGURA E-28

(1) - Clasificación Unificada del Cuerpo de Ingenieros



GRAVA		ARENA			LIMO O ARCILLA
Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina	

Sondeo	Muestra	Prof	DESCRIPCION	(1)	LL	LP	IP	Observaciones
Ap#12	1	0.85	Limo arenoso					-----
	2	1.80	Arena limosa					-----
	3	2.60	Toba					-----
	4	3.00	Toba					-----
	5	Integ.						-----
ANALISIS GRANULOMETRICO								

CONSORCIO RIO LA MIEL

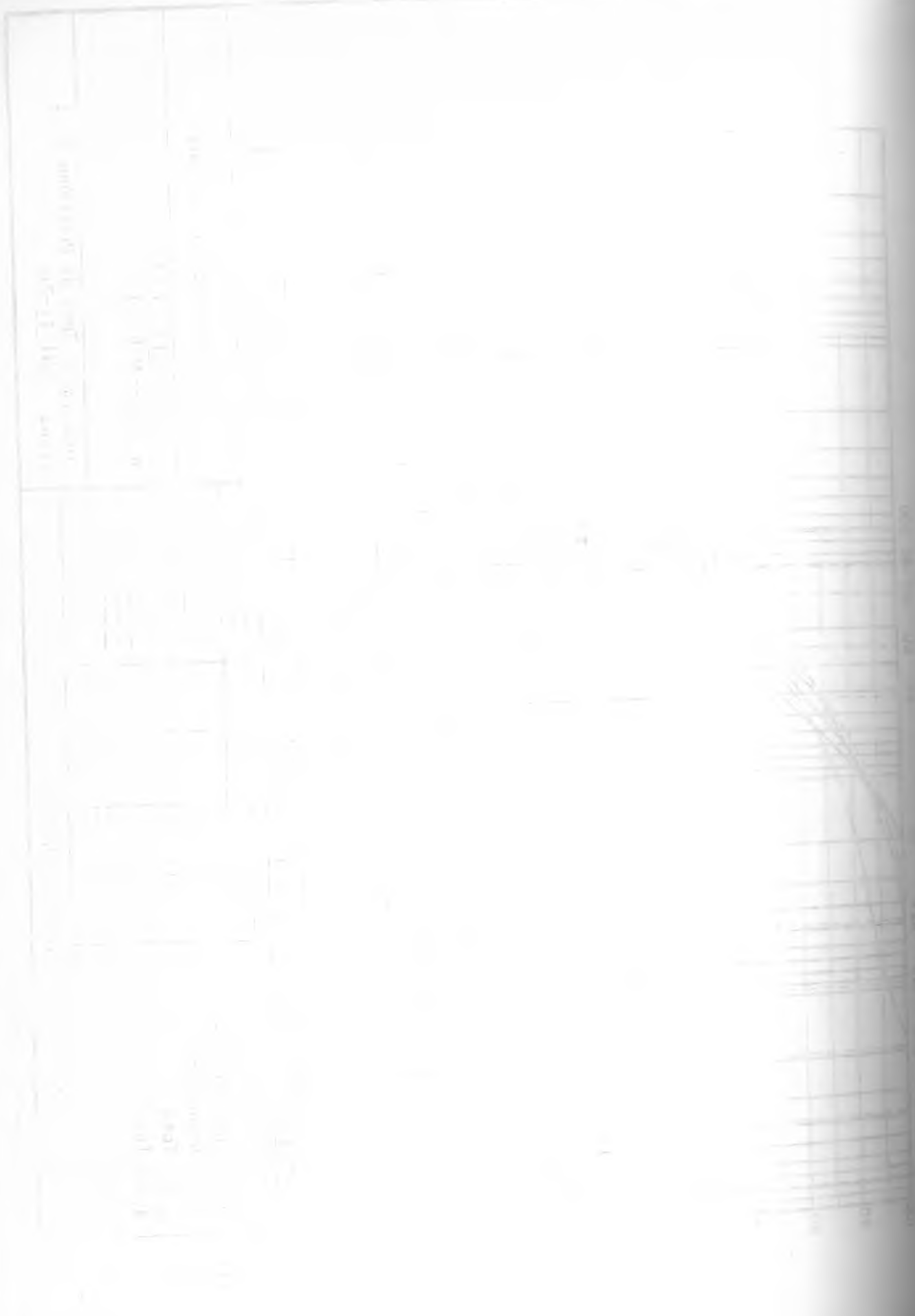
CLIENTE ICEL - CHEC

PROYECTO MIEL I

LOCALIZACION Zona de Prestamo N° 1

FECHA VII-11-78

(1) - Clasificación Unificada del Cuerpo de Ingenieros



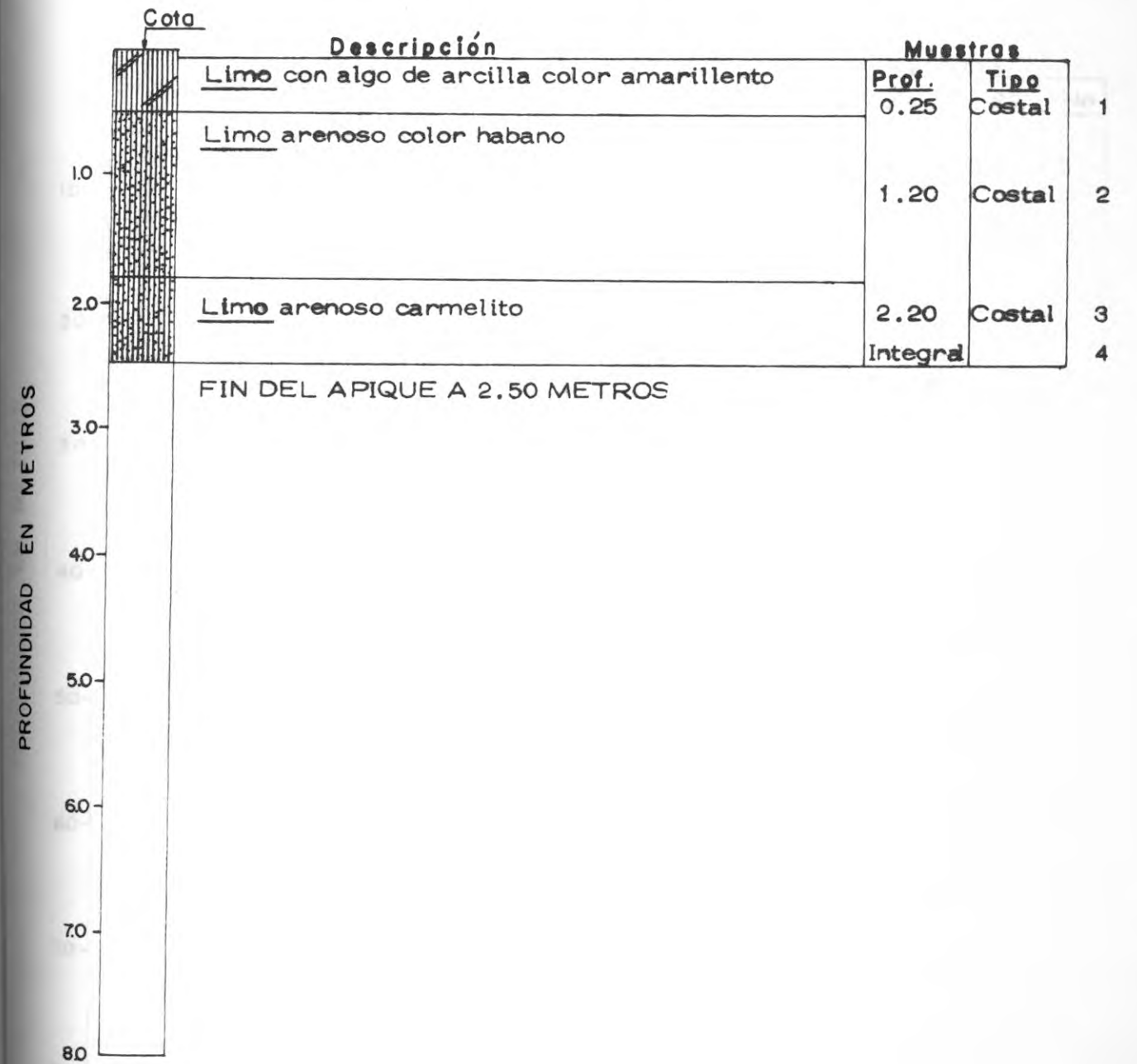
INVESTIGACION DE MATERIALES IMPERMEABLES
 REGISTRO DE APIQUES Y ENSAYOS DE LABORATORIO

Zona de Préstamo No. 2
 Hacienda Valparaiso

FIGURA 1-10

Registro de Apique AP-1

Cliente ICEL - CHEC Proyecto Miel I
 Localización Hacienda Valparaíso Zona de Préstamo N° 2
 Fecha Julio 19 de 1978 Supervisor Juan F. Bucheli



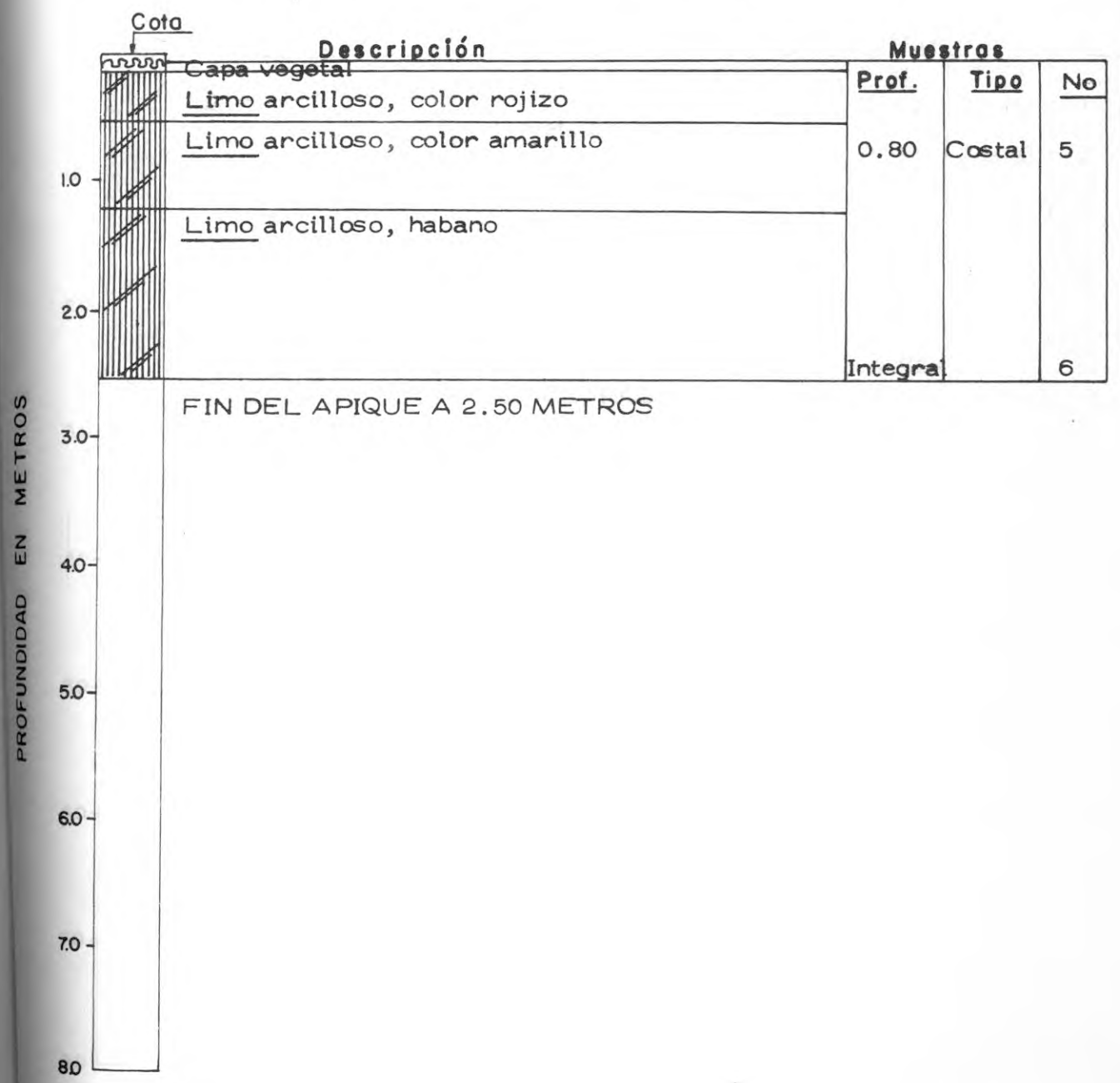
Observaciones : Se tomaron muestras para humedad Nos. 1, 2, 3 a las profundidades de 0.25, 1.20 y 2.20 respectivamente.

Registro de Apique AP - 2

Cliente ICEL - CHEC Proyecto Miel I

Localización Hacienda Valparaíso Zona de Préstamo N° 2

Fecha Julio 19 de 1978 Supervisor Juan F. Bucheli



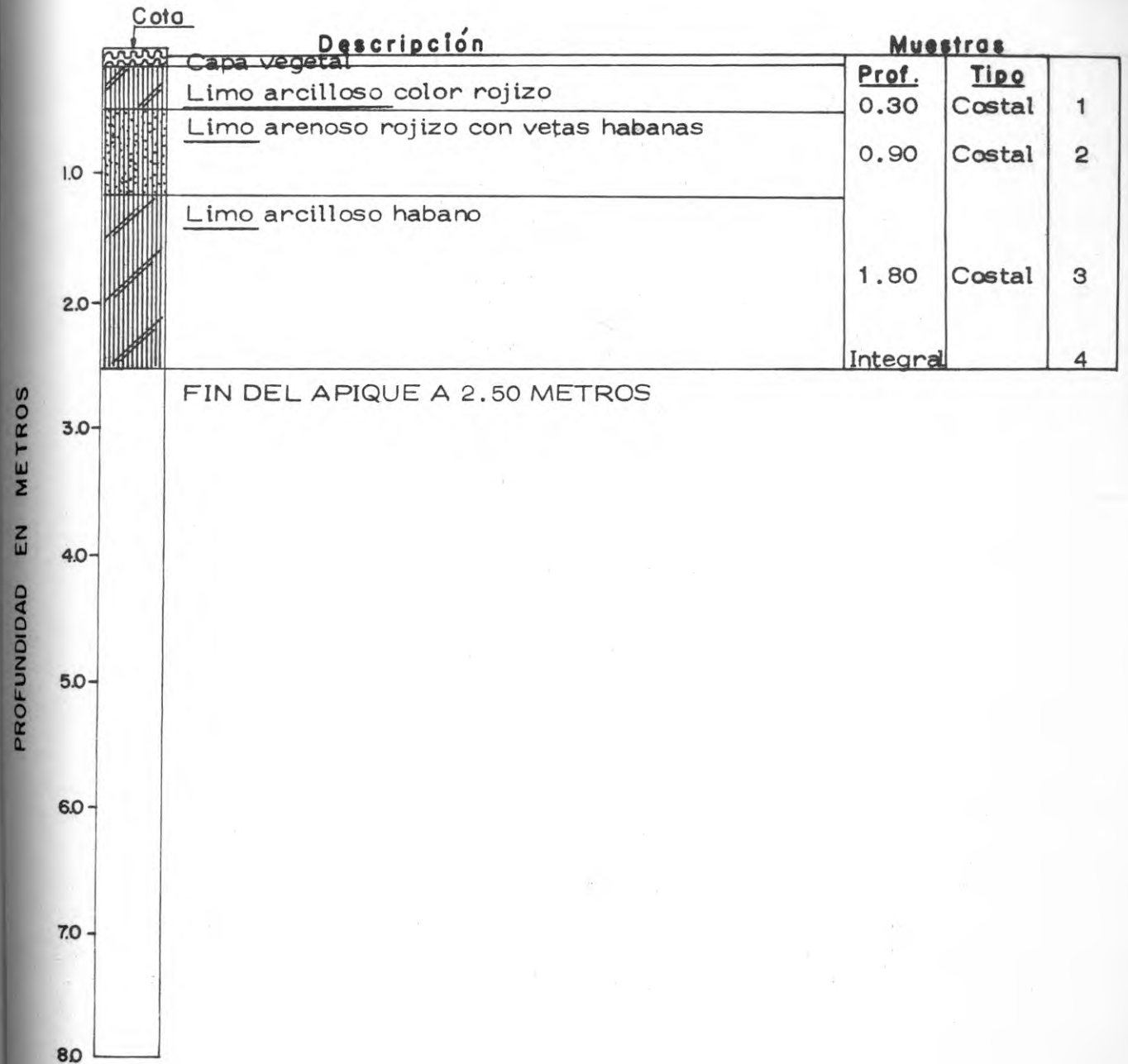
Observaciones : Se tomó muestra para humedad natural a la profundidad 0.80 me-
tros. Este registro corresponde a la cara este (E) del apique

Registro de Apique AP-2

Cliente ICEL - CHEC Proyecto Miel I

Localización Hacienda Valparaíso Zona de Préstamo N° 2

Fecha Julio 19 de 1978 Supervisor Juan F. Bucheli



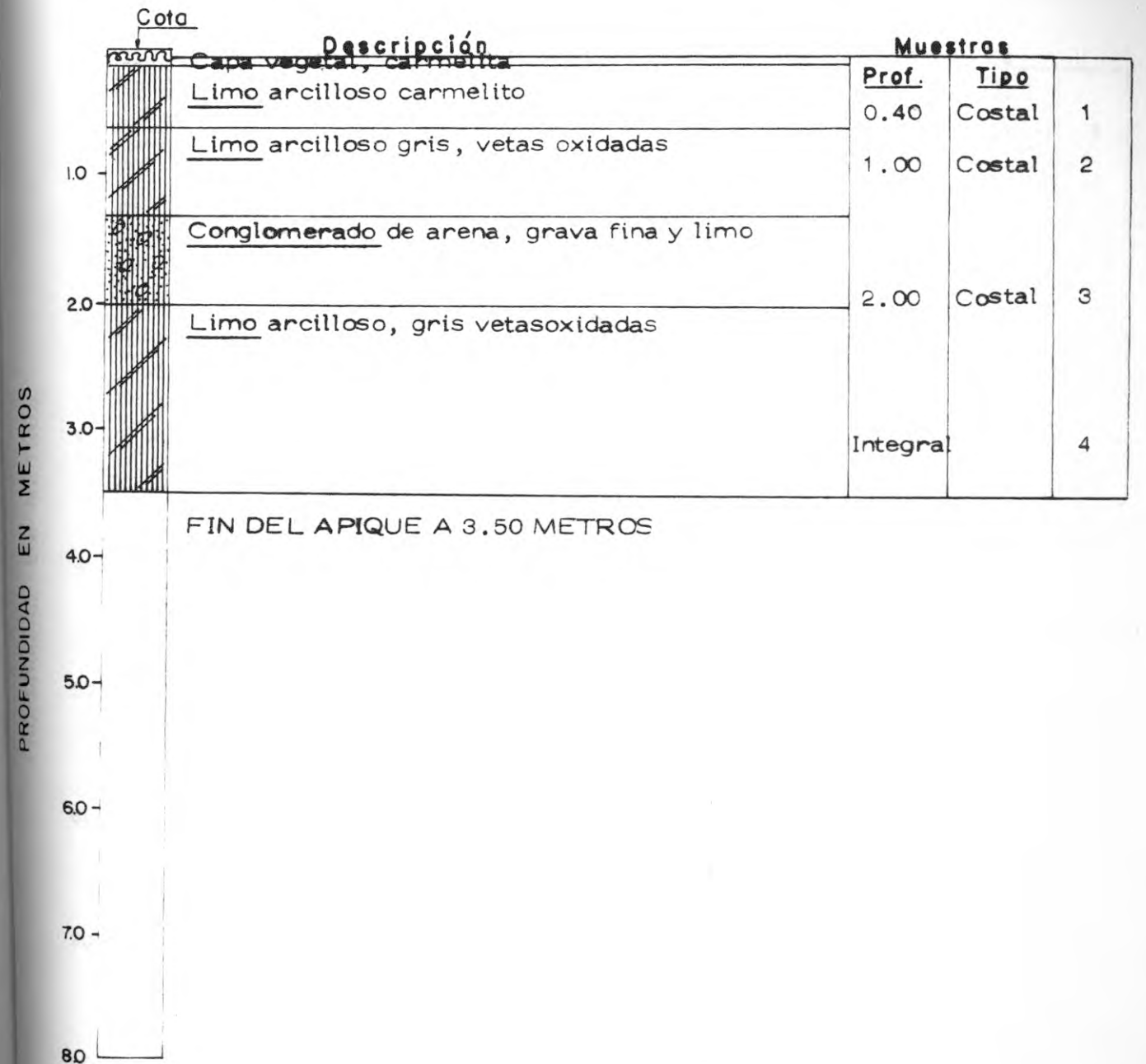
Observaciones: Se tomaron muestras para humedad Nos. 1, 2 y 3 a las profundidades 0,30, 090 y 1,80 respectivamente. Este registro corresponde a la cara oeste (W) del apique

Registro de Apique AP-3

Cliente ICEL - CHEC Proyecto Miel I

Localización Hacienda Valparaíso Zona de Préstamo N° 2

Fecha 14 de Julio de 1978 Supervisor Carlos Carrero



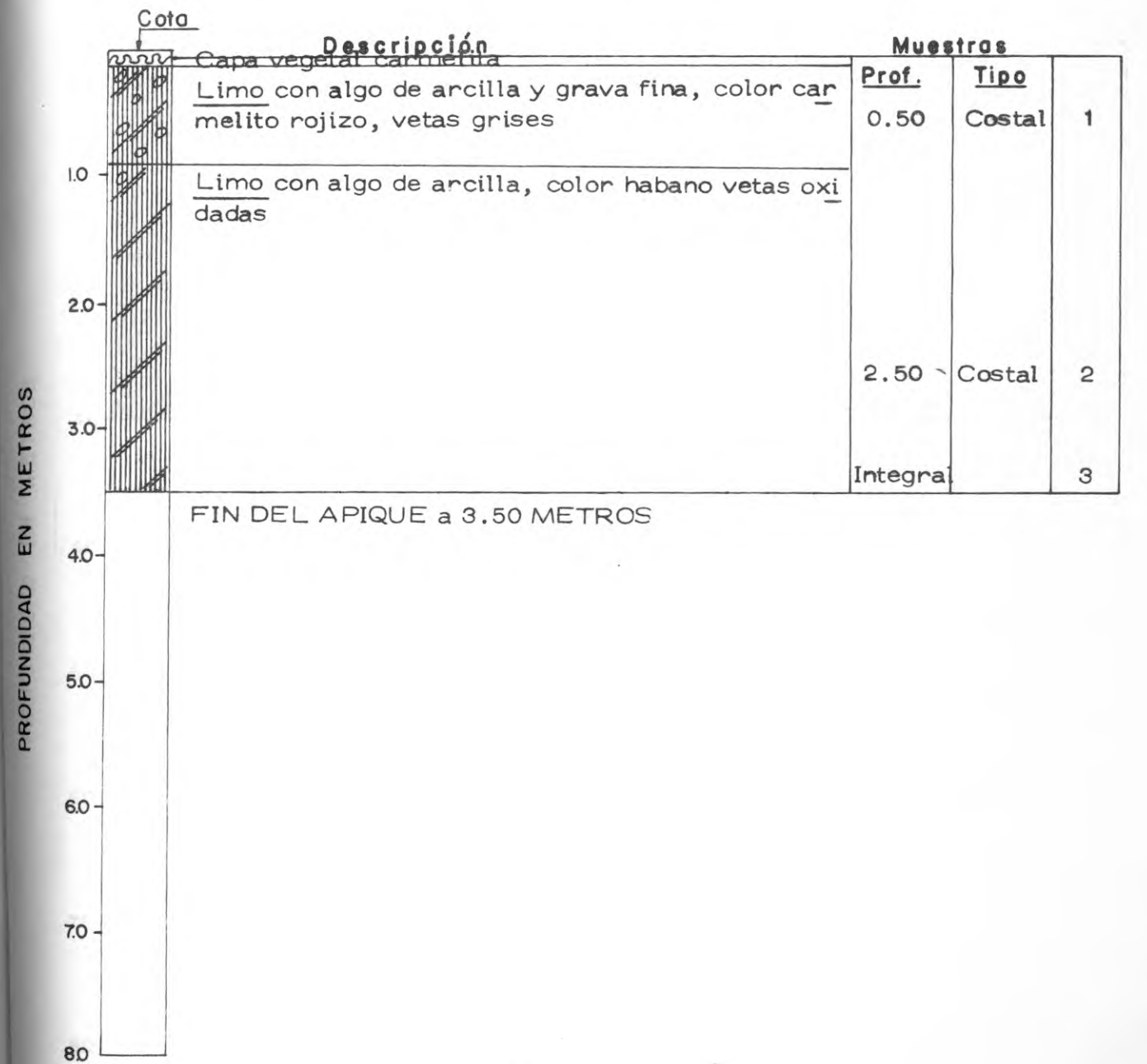
Observaciones : Se encontró nivel freático a 2.50 metros. En las muestras Nos. 1, 2 y 3 se tomó material para determinar humedad natural

Registro de Apique AP-4

Cliente ICEL - CHEC Proyecto Miel I

Localización Hacienda Valparaíso Zona de Préstamo N° 2

Fecha Julio 13 de 1978 Supervisor Carlos Carrero



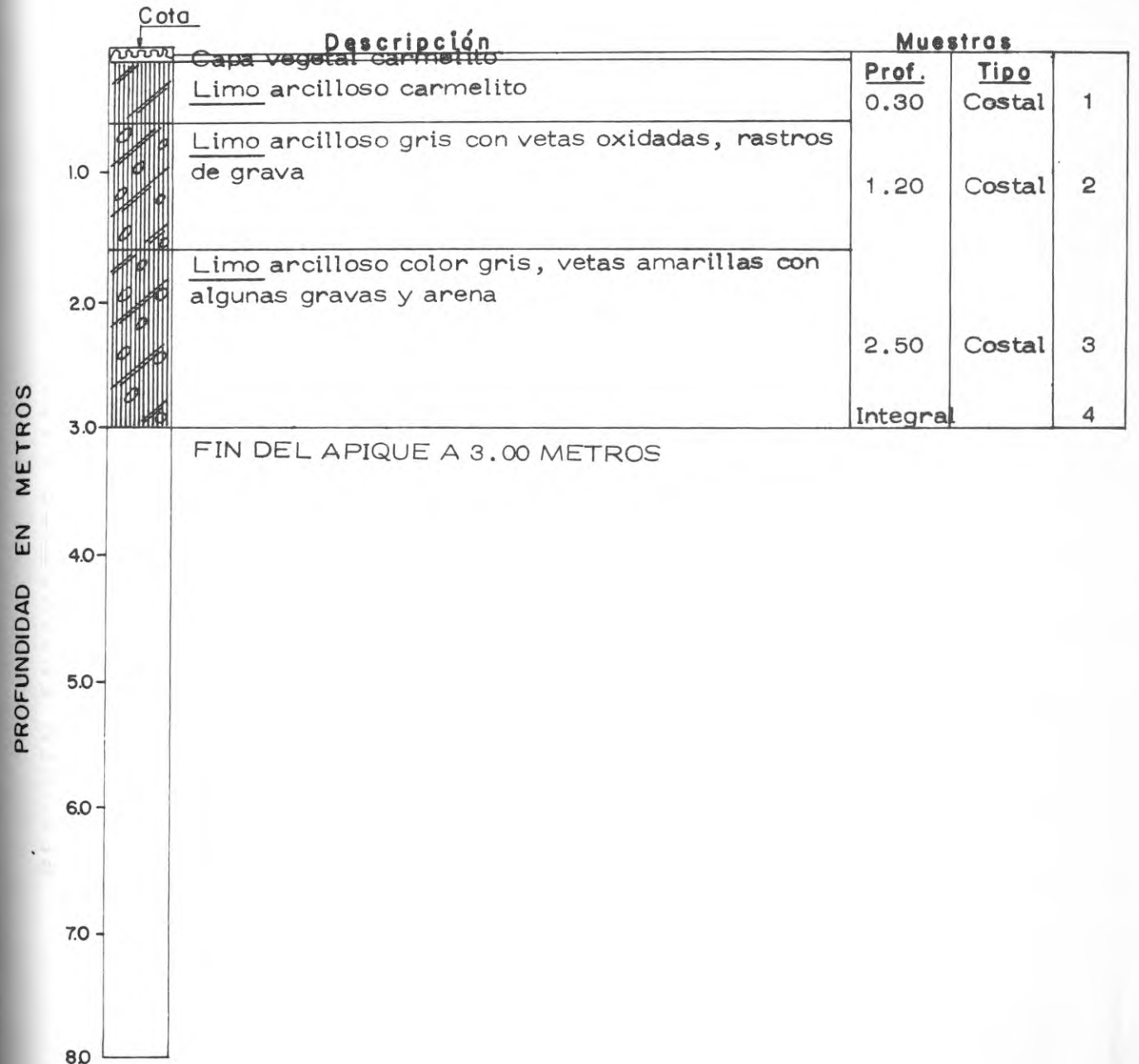
Observaciones : Se encontró nivel freático a 2.70 metros. En las muestras Nos. 1
se tomó material para determinar humedad natural

Registro de Apique AP - 5

Cliente ICEL - CHEC Proyecto Miel I

Localización Hacienda Valparaíso Zona de Préstamo N° 2

Fecha 12 de Julio de 1978 Supervisor Carlos Carrero



Observaciones : Se encontró nivel freático a 2.50 metros, en las muestras Nos. 1, 2 y 3 se tomó material para determinar humedad natural

RESUMEN ENSAYOS DE LABORATORIO

PROYECTO MIEL I

CLIENTE ICEL - CHEC

FECHA Agosto 24/78

SONDEO	MUESTRA	TIPO	PROFUNDIDAD (MTS)	W %	LIMITES %			q _u	γ _s	% PASA 200	U S C	PROCTOR MODIFICADO	
					LL	LP	IP					Wopt.	Dens.máx. Ton/m ³
Ap.# 1	1	B	0.25	45	1 - 55	41	14			81	MH	32	1.46
					2 - 75	48	27						
	2	B	1.20	38	1 - 55	40	15			81	MH	19	1.53
					2 - 67	52	17						
3	B	2.20	30	1-NL	NP	NP			53	ML	20	1.66	
				2 - 65	51	14							
4	B	General	37 *	1 - 43	35	8		2.44	72	ML	21	1.58	
				2 - 58	43	15							
Ap.# 2	1	B	0.30	44	1 - 57	34	23			78	MH	25	1.49
					2 - 69	42	27						
	2	B	0.80	39	1 - 65	39	26			73	MH	22	1.56
					2 - 78	47	31						
	3	B	1.80	39	1 - 61	37	24			92	MH	19	1.67
					2 - 70	39	31						
4	B	General ca ra oeste	28 *	1 - NL	NP	NP		2.39	52	ML	14	1.79	
				2 - 64	53	11							
5	B	0.80	24	1 - 38	23	13			36	SM-SC	14	1.81	
				2 - 63	42	21							
6	B	General ca ra este	28 *	1 - 56	35	21		2.42	63	MH	22	1.63	
				2 - 71	45	26							

W% Humedad Natural

LL Límite Líquido

LP Límite Plástico

IP Índice de Plasticidad

q_u Compresión Inconfinada Kg/cm

γ_s Peso Unitario Seco Ton/M

USC Clasificación Unificada de Suelos

1. Límites sobre material que pasa Tamiz # 40

2. Límites sobre material que pasa Tamiz # 200

* Humedades tomadas del bulto por no venir muestra aparte

RESUMEN ENSAYOS DE LABORATORIO

PROYECTO MIEL I

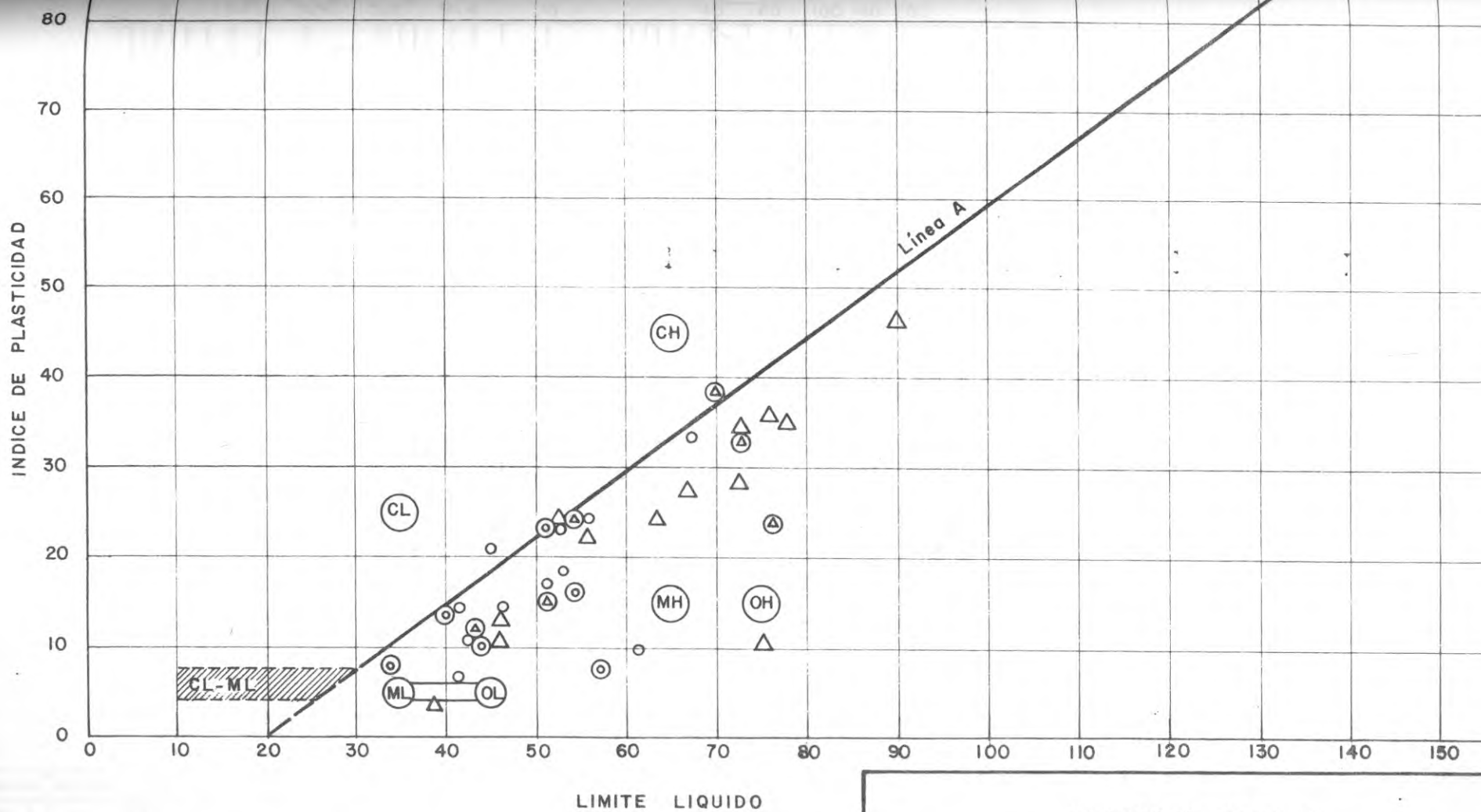
CLIENTE ICEL - CHEC

FECHA Agosto 24/78

SONDEO	MUESTRA	TIPO	PROFUNDIDAD (MTS)	W %	LIMITES %			q _u	γ _s	% PASA 200	U S C	PROCTOR MODIFICADO	
					LL	LP	IP					Wopt	Dens.máx. Ton/m ³
Ap.# 3	1	B	0.40	30	1 - 32	22	10			61	CL	19	1.65
					2 - 61	41	20						
	2	B	1.00	33	1 - 62	43	19			97	MH	20	1.68
					2 - 77	45	32						
3	B	2.00	14 *	1 - 29	18	11			22	SC	14	1.98	
				2 - 52	25	27							CH
4	B	General	23 *	1 - 39	28	11		2.49	57	ML	15	1.78	
				2 - 61	41	20							MH
Ap.# 4	1	B	0.50	36	1 - 63	35	28			57	MH	21	1.64
					2 - 84	44	40						
	2	B	2.50	37	1 - 56	39	17			88	MH	23	1.57
					2 - 68	40	28						
3	B	General	25 *	1 - 55	33	22		2.45	64	MH	21	1.62	
				2 - 75	42	33							MH
Ap.# 5	1	B	0.30	30	1 - 50	28	22			66	CL-ML	21	1.61
					2 - 64	41	23						
	2	B	1.20	38	1 - 58	35	23			56	MH	16	1.81
					2 - 75	40	35						

W% Humedad Natural
 LL Límite Líquido
 LP Límite Plástico
 IP Índice de Plasticidad

q_u Compresión Inconfinada Kg/cm
 γ_s Peso Unitario Seco Ton/M
 U.S.C. Clasificación Unificada de Suelos



- Material pasa tamiz # 40
- △ Material pasa tamiz # 200
- ⊙ Muestra Integral pasa # 40
- ⊚ Muestra Integral pasa # 200

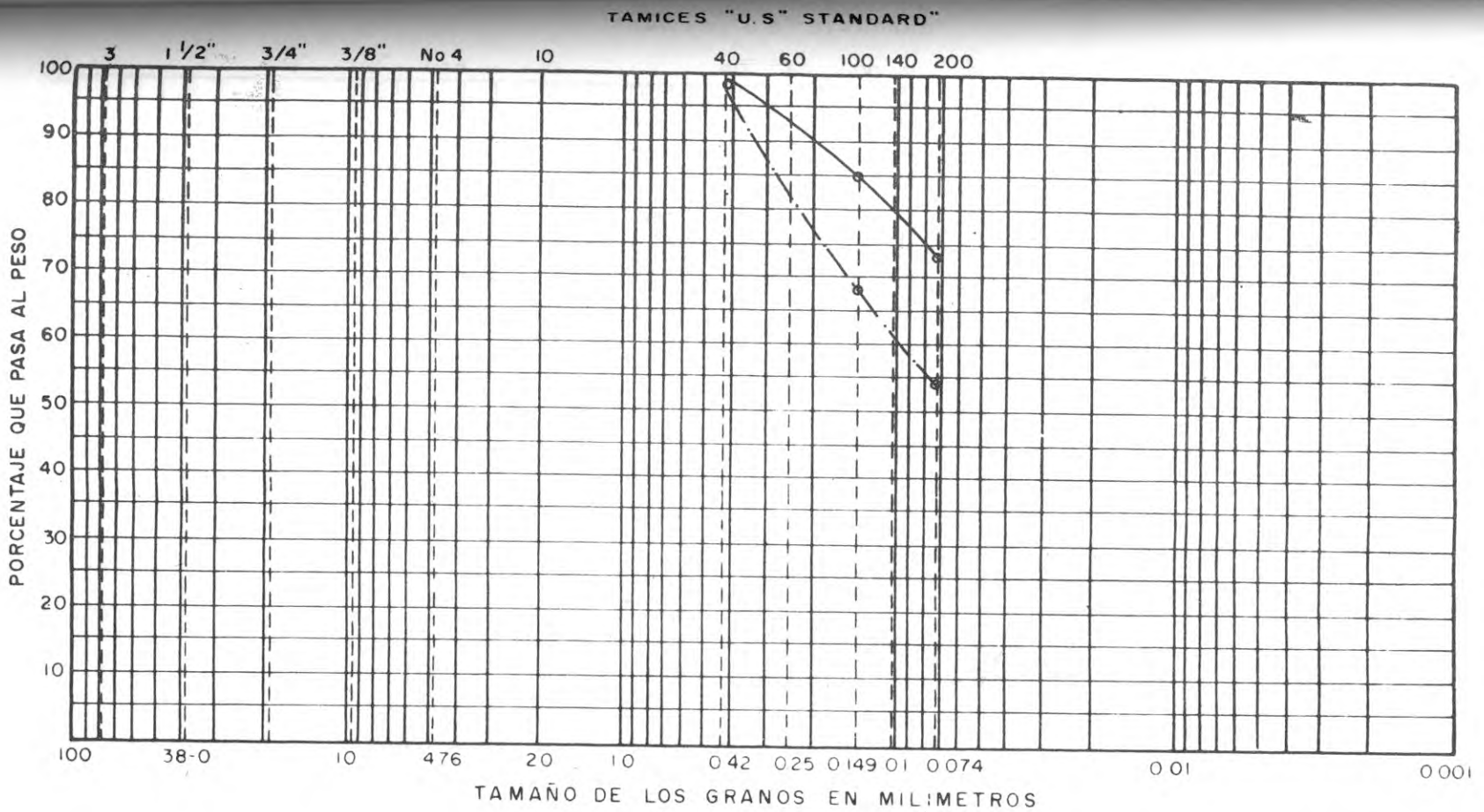
Material de los apiques No. 1 a No. 6

PROYECTO MIEL I

ZONA DE PRESTAMO No 1
CARTA DE PLASTICIDAD

CONSORCIO RIO LA MIEL

FECHA



GRAVA		ARENA			LIMO O ARCILLA
Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina	

Sondeo	Muestra	Prof.	DESCRIPCION	(1)	LL	LP	IP	Observaciones
Ap.1	1	0.25	Limo con poca arena	Más del 75% pasa Tamiz # 200				
	2	1.20	Limo con poca arena	Más del 75% pasa Tamiz # 200				
	3	2.20	Limo con arena fina					
	4	Integral	Limo con arena fina					
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO								

CONSORCIO RIO LA MIEL

CLIENTE ICEL-CHEC

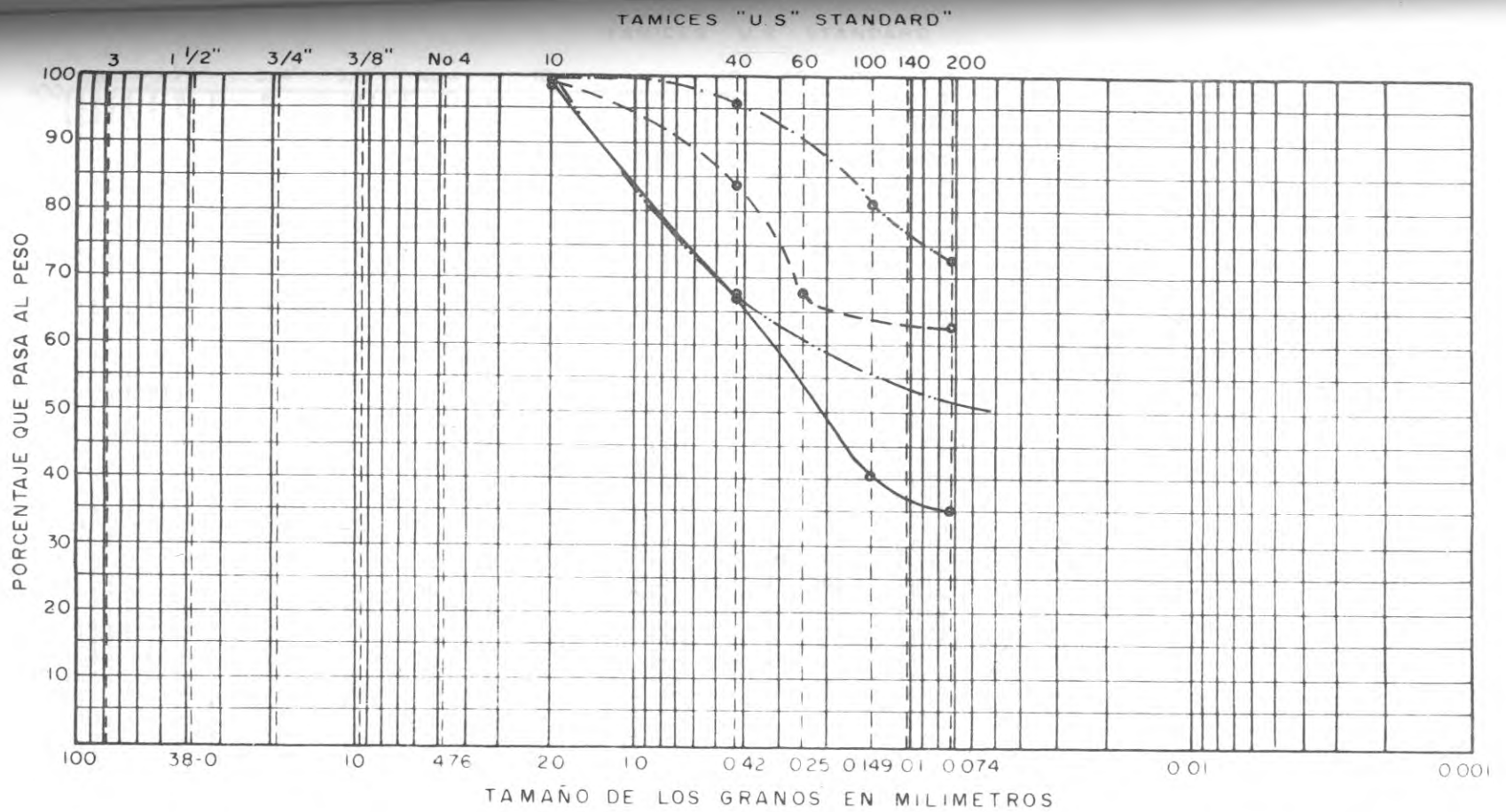
PROYECTO MIEL I

LOCALIZACION Zona de Préstamo N° 2

FECHA Agosto 23/78

(1) - Clasificación Unificada del Cuerpo de Ingenieros

FIGURA E-37

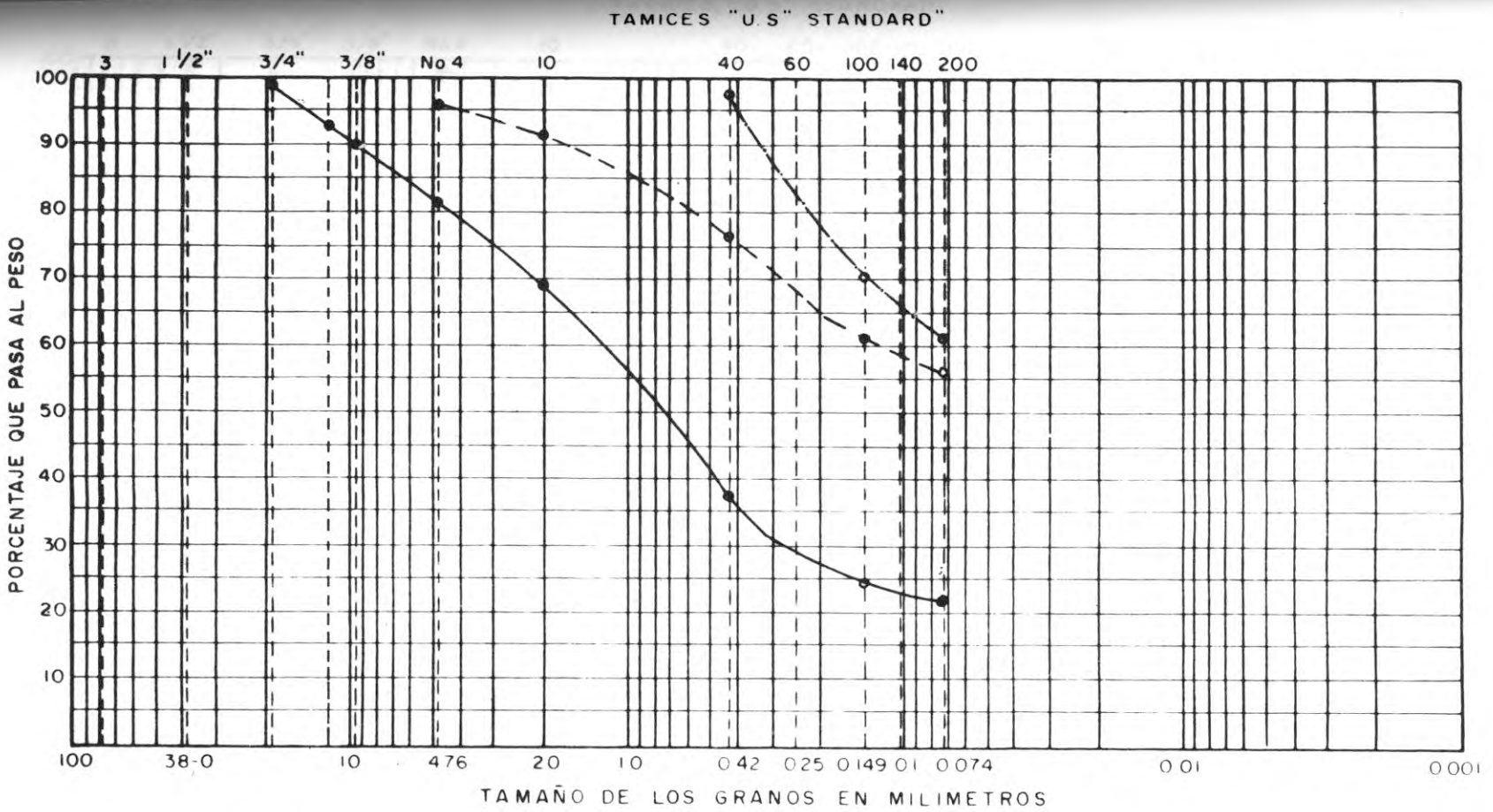


GRAVA		ARENA			LIMO O ARCILLA
Guesa	Fino	Guesa	Media	Fino	

Sondeo	Muestra	Prof	DESCRIPCION	(1)	LL	LP	IP	Observaciones
Ap.2	1	0.30	Limo con trazas de arena	Más del 75% pasa Tamiz # 200				CONSORCIO RIO LA MIEL CLIENTE <u>ICEL - CHEC</u> PROYECTO <u>MIEL I</u> LOCALIZACION <u>Zona de Préstamo N° 2</u> FECHA <u>Agosto 23/78</u>
	2	0.80	Limo con poca arena					
	3	1.80	Limo con trazas de arena	Más del 75% pasa Tamiz # 200				
	4	General	Limo con arena					
	5	0.80	Arena media-fina limosa					
	6	General	Cara este					
ANALISIS GRANULOMETRICO								

(1) - Clasificación Unificada del Cuerpo de Ingenieros

FIGURA E-38

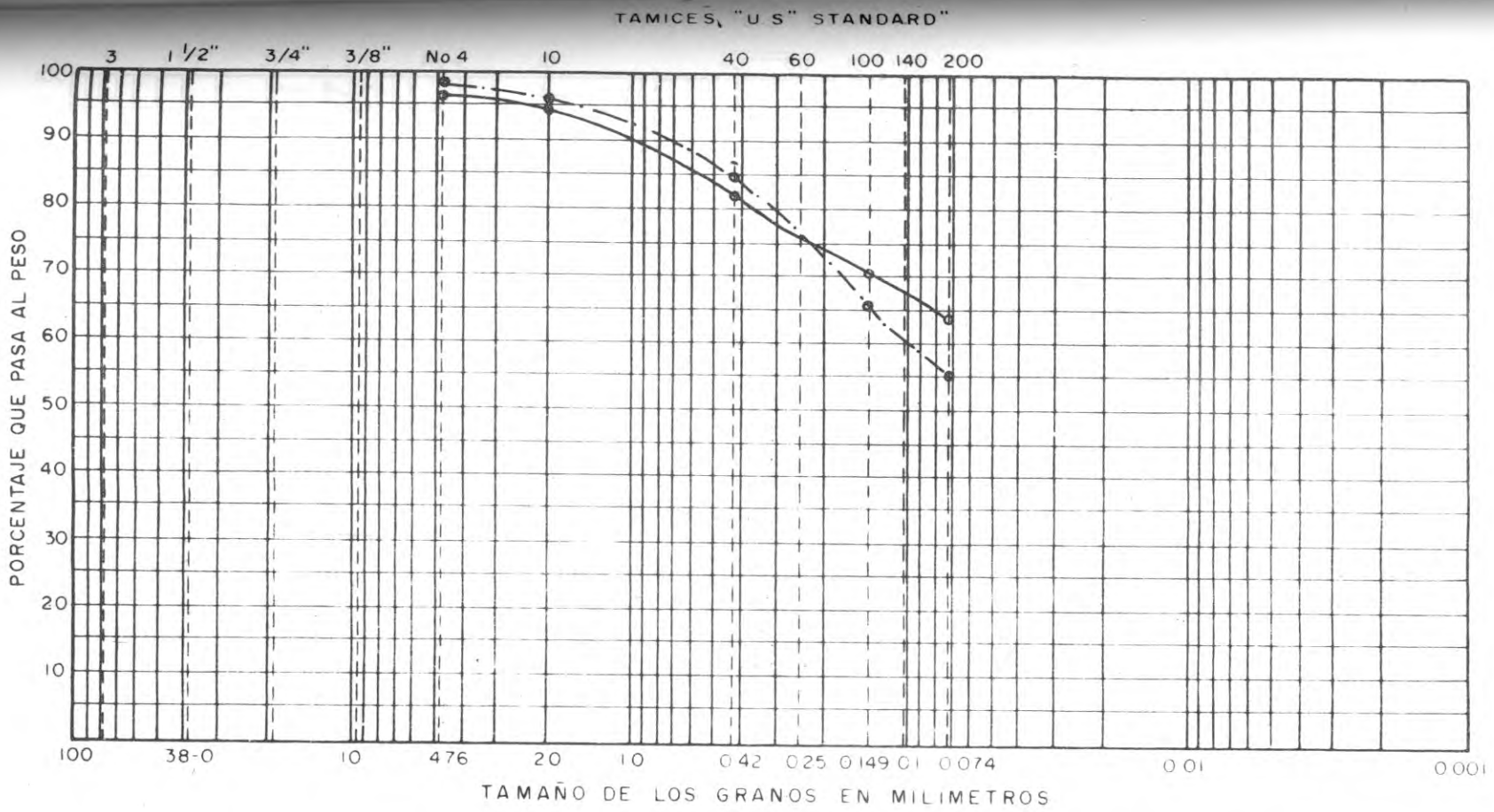


GRAVA		ARENA			LIMO O ARCILLA
Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina	

Sondeo	Muestra	Prof.	DESCRIPCION	(I)	LL	LP	IP	Observaciones
Ap.3	1	0.40	Limo con arena fina					-----
	2	1.00	Limo	Más del 75% pasa Tamiz # 200				-----
	3	2.00	Arena con grava media-fina					-----
	4	General	Limo con arena					-----
ANALISIS GRANULOMETRICO								
LOCALIZACION <u>Zona de Préstamo N° 2</u> FECHA <u>Agosto 23/78</u>								

CONSORCIO RIO LA MIEL
 CLIENTE ICEL y CHEC
 PROYECTO MIEL I

(I) - Clasificación Unificada del Cuerpo de Ingenieros



GRAVA		ARENA			LIMO O ARCILLA
Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina	

Sondeo	Muestra	Prof	DESCRIPCION	(I)	LL	LP	IP	Observaciones
Ap.4	1	0.50	Limo con arena					-----
	2	2.50	Limo con trazas de arena: más del 75% Pasa Tamiz # 200					-----
	3	General	Limo con algo de arena					-----
ANALISIS GRANULOMETRICO								

CONSORCIO RIO LA MIEL

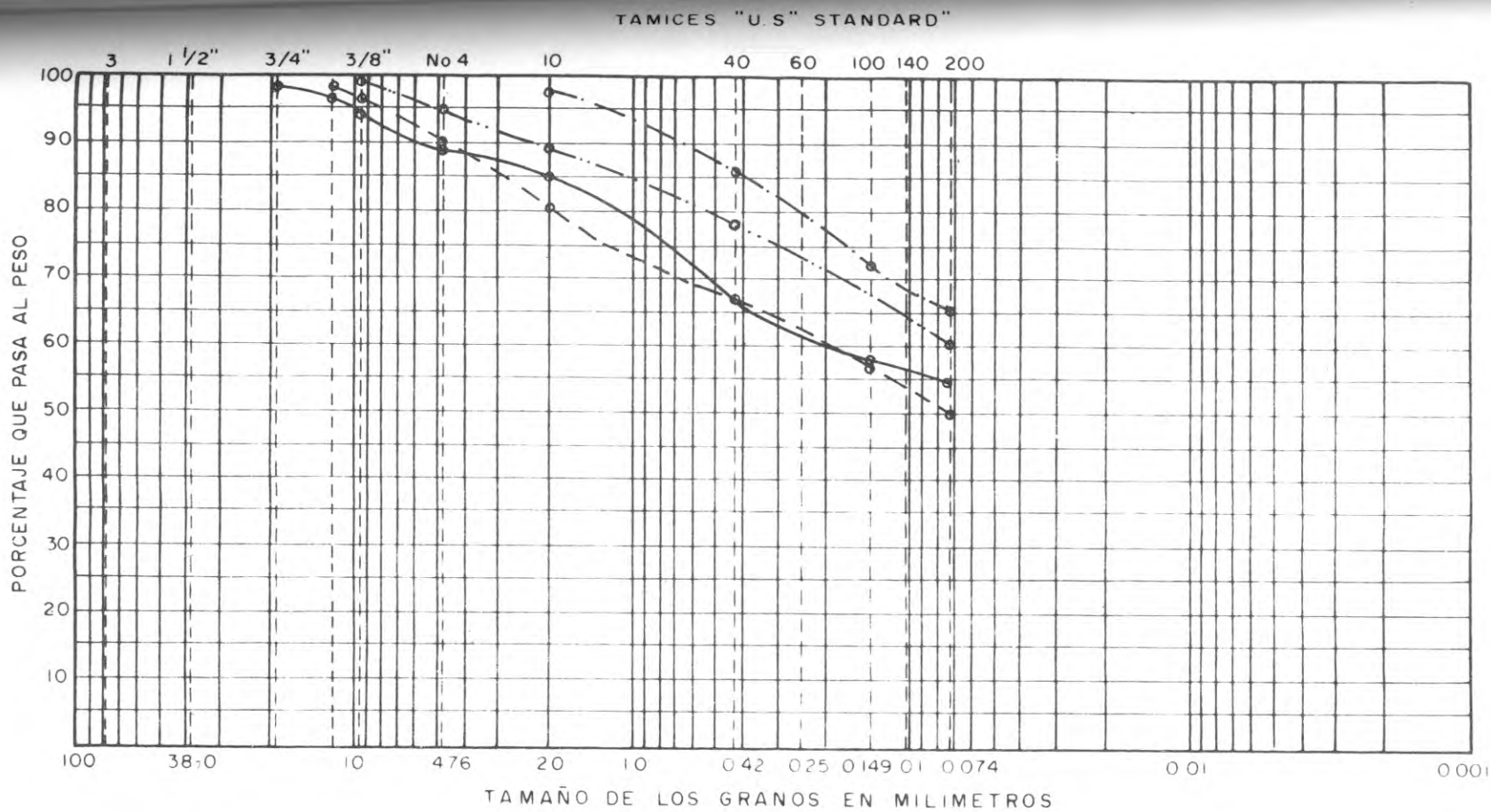
CLIENTE ICEL - CHEC

PROYECTO MIEL I

LOCALIZACION Zona de Préstamo N° 2

FECHA Agosto 23/78

(I) - Clasificación Unificada del Cuerpo de Ingenieros



GRAVA		ARENA			LIMO O ARCILLA
Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina	

Sondeo	Muestra	Prof	DESCRIPCION	(I)	LL	LP	IP	Observaciones
Ap.5	1	0.30	Limo con algo de arena					-----
	2	1.20	Limo con arena y grava					-----
	3	2.50	Limo y arena con trazas de grava fina					-----
	4	General	Limo con arena					-----
ANALISIS GRANULOMETRICO								

CONSORCIO RIO LA MIEL

CLIENTE ICEL - CHEC

PROYECTO MIEL I

LOCALIZACION Zona de Préstamo N°2

FECHA Agosto 23/78

(I) - Clasificación Unificada del Cuerpo de Ingenieros



INVESTIGACION DE MATERIALES IMPERMEABLES

ENSAYOS DE LABORATORIO

Zona de Norcasia
Muestras Superficiales

RESUMEN ENSAYOS DE LABORATORIO

PROYECTO MIEL I - Materiales pres CLIENTE ICEL - CHEC

FECHA Mayo 9 de 1978

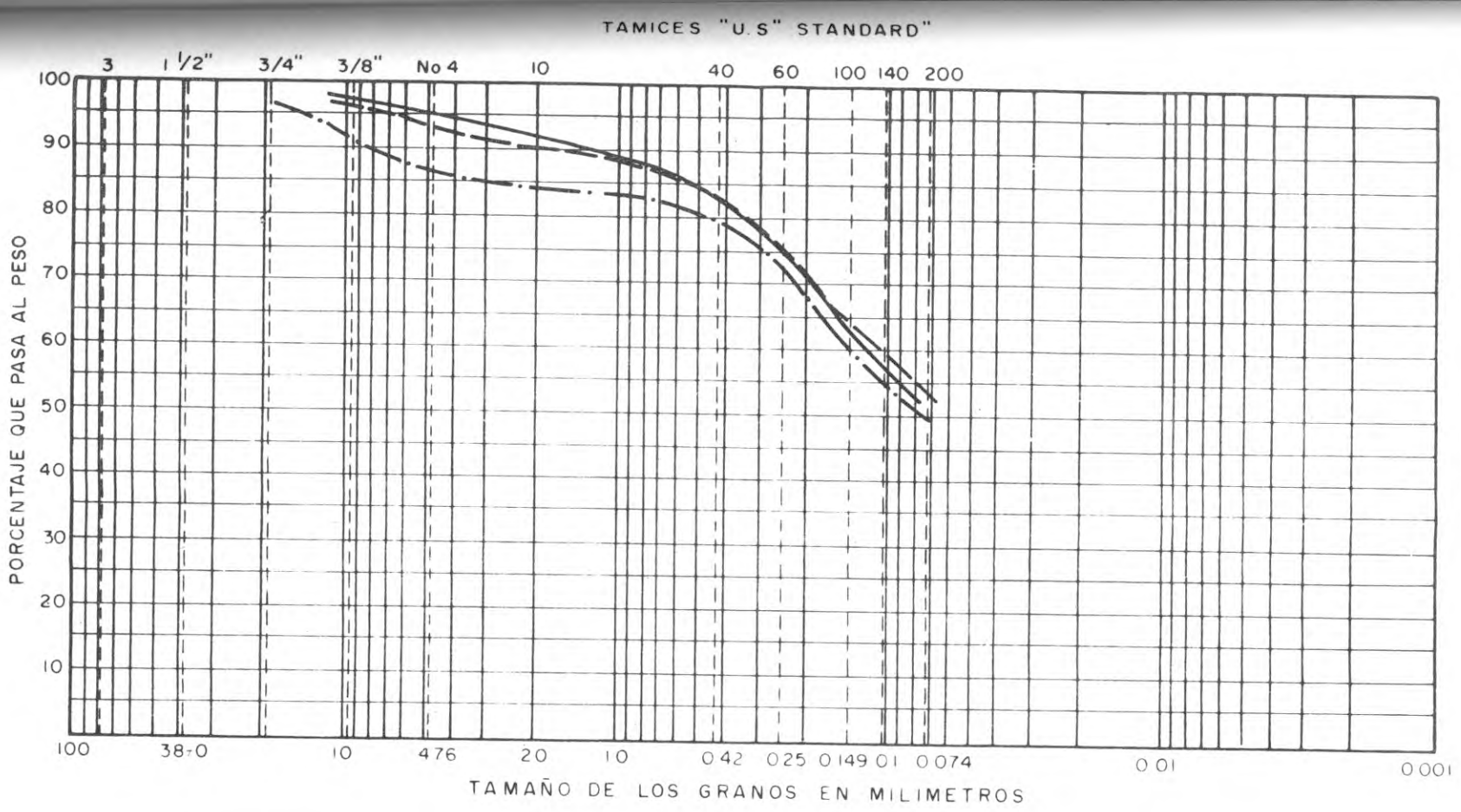
Tomadas cerca al Cementerio.

SONDEO	MUESTRA	TIPO	PROFUNDIDAD (MTS)	W %	LIMITES %			q _u	γ _s	% PASA 200	U. S. C.	PROCTOR MODIFICADO	
					LL	LP	IP					Humedad op.	Dens. Máx. T/M ³
Suelo residual de esquistos					Límites con material			Pasa Tamiz # 40					
	1				38	28	10				ML		
	2				39	27	12				ML	17	1.8
Muestra tomada IV-5-78					Límites con material			Pasa Tamiz # 40					
	3				40	28	12				ML		
	4				40	29	11				ML		
	5				37	27	10				ML		
	6				38	27	11				ML		
					Límites con material			Pasa Tamiz # 200					
	1				56	35	21				MH		
	2				56	37	19				MH		
	3				55	35	20				MH		
	4				56	36	20				MH		

W% Humedad Natural
 LL Límite Líquido
 LP Límite Plástico
 IP Índice de Plasticidad

q_u Compresión Inconfinada Kg/cm
 γ_s Peso Unitario Seco Ton/M
 U.S.C. Clasificación Unificada de Suelos

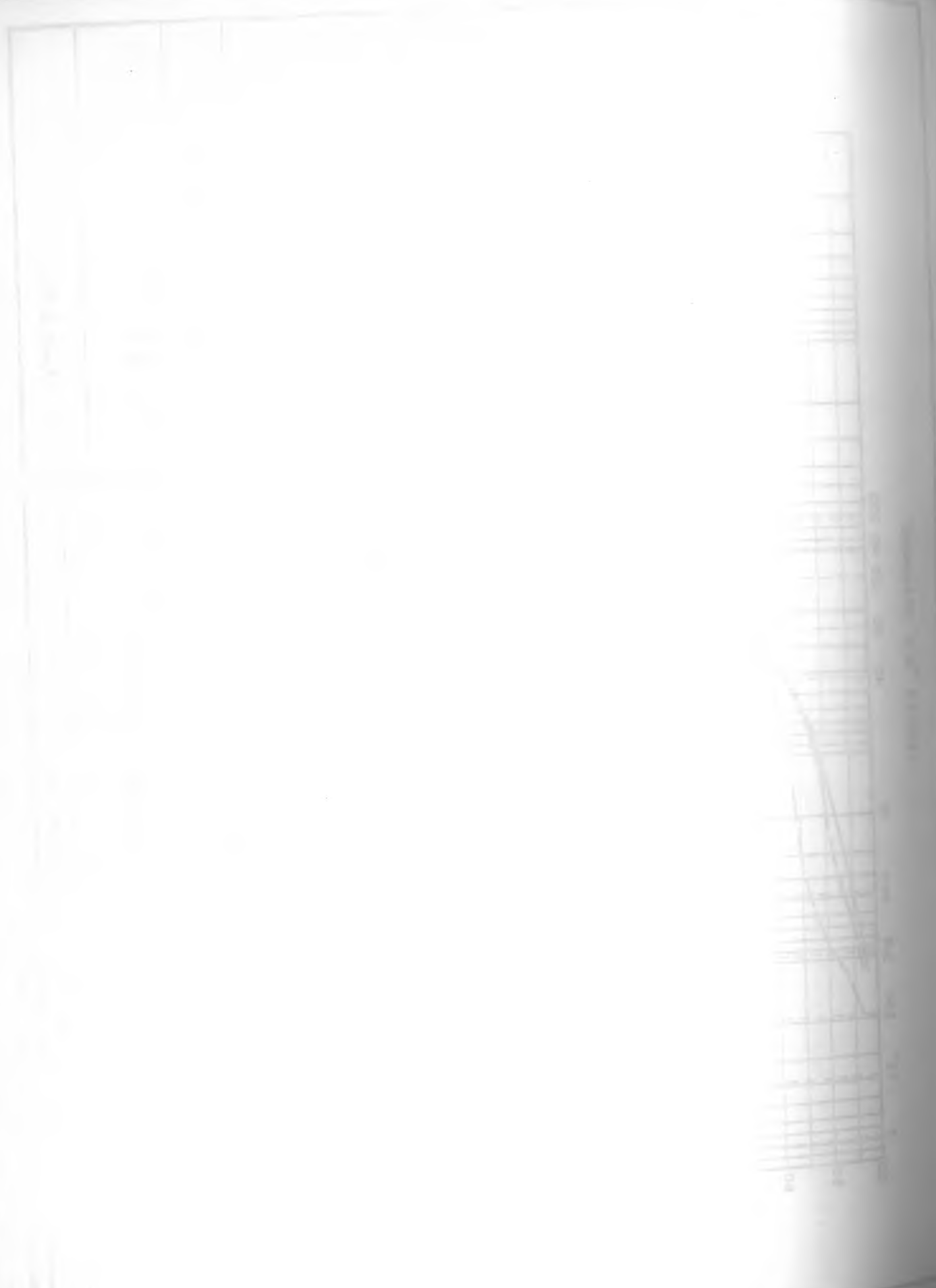
PROYECTO MIEL I - Vialidad Urbana y Planificación de Servicios Públicos
RESUMEN ENSAYOS DE LABORATORIO



GRAVA		ARENA			LIMO O ARCILLA
Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina	

Sondeo	Muestra	Prof.	DESCRIPCION	(1)	LL	LP	IP	Observaciones	
			Suelo residual de esquistos					—————	CONSORCIO RIO LA MIEL CLIENTE <u>ICEL - CHEC</u> PROYECTO <u>MIEL I</u>
			Muestras superficiales tomadas cerca al cementerio					-----	
								-. - . -	
ANALISIS GRANULOMETRICO									FECHA <u>Mayo 9/78</u>

(1) - Clasificación Unificada del Cuerpo de Ingenieros



INVESTIGACION DE MATERIALES IMPERMEABLES

ENSAYOS DE LABORATORIO

Zona Cementerio de Norcasia
Muestras Superficiales

RESUMEN ENSAYOS DE LABORATORIO

PROYECTO MIEL I CLIENTE ICEL - CHEC FECHA Marzo 14/78

Muestras superficiales tomadas en el campo de Foot-ball de Norcasia.

SONDEO	MUESTRA	TIPO	PROFUNDIDAD (MTS)	W %	LIMITES %			q _u	γ _s	% PASA 200	U S C
					LL	LP	IP				
	1				120	107	13			79	MH
					118	105	13				MH
					117	104	13				MH
	2				46	39	7			69	ML
					49	41	8				ML
					45	37	8				ML
	3				92	74	18			71	MH
					87	70	17				MH
					88	70	18				MH

W% Humedad Natural q_u Compresión Inconfinada Kg/cm
 LL Límite Líquido γ_s Peso Unitario Seco Ton/M
 LP Límite Plástico U.S.C Clasificación Unificada de Suelos
 IP Índice de Plasticidad

PROPIEDAD
Sección Documentación
y Divulgación
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA

PROPIEDAD
Sección Documentación
y Divulgación
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA

APENDICE E

ANEXO 2

PROYECTO NIT 1

RESUMEN ENsayos DE LABORATORIO

INVESTIGACION DE MATERIALES PARA CONCRETOS Y FILTROS

REGISTRO DE APIQUES Y ENSAYOS DE LABORATORIO

Zona No. 3

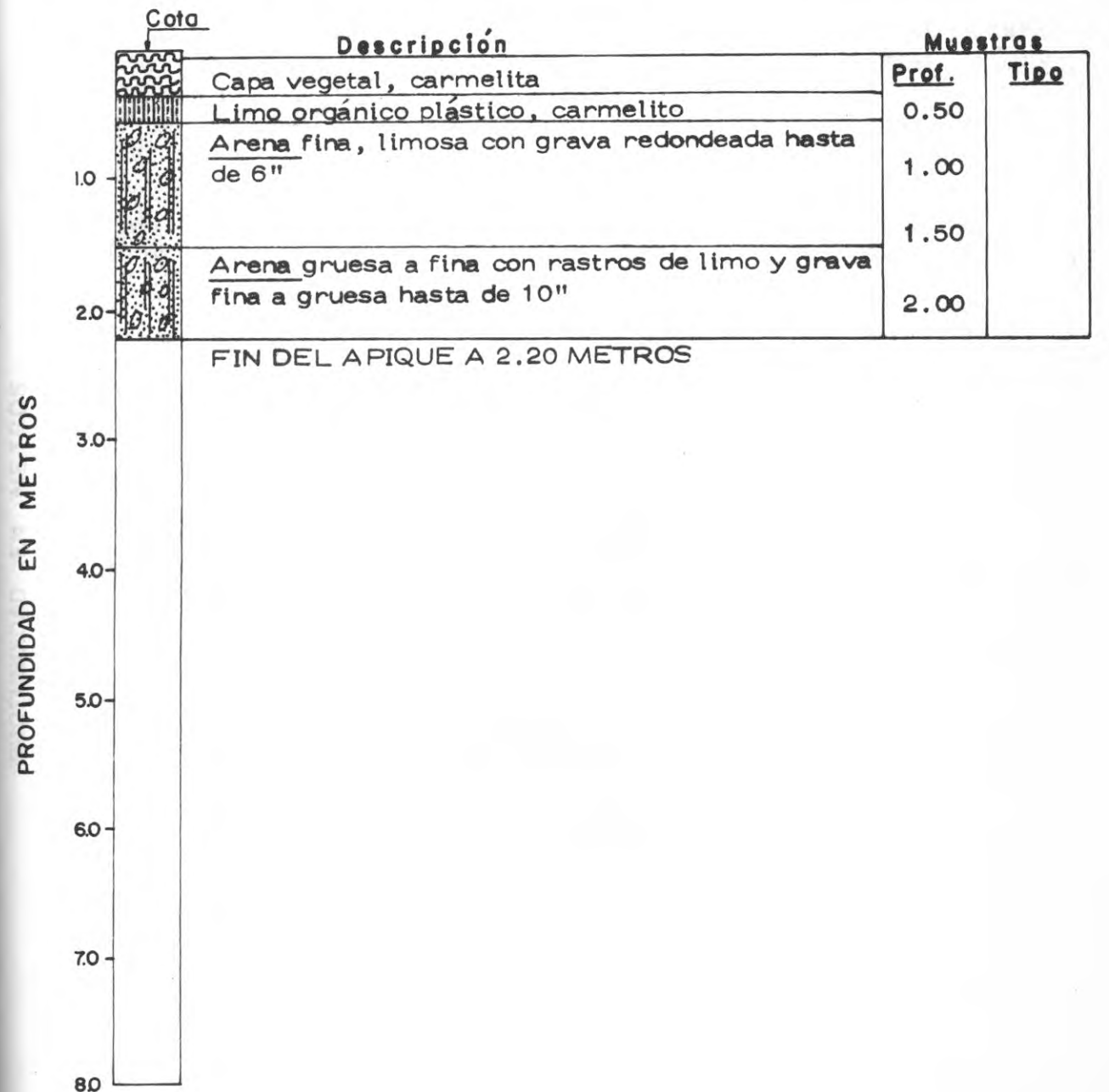
FIGURA 3

Registro de Apique AP-1

Cliente ICEL - CHEC Proyecto Miel I

Localización Finca El Tigre Zona de Préstamo N° 3

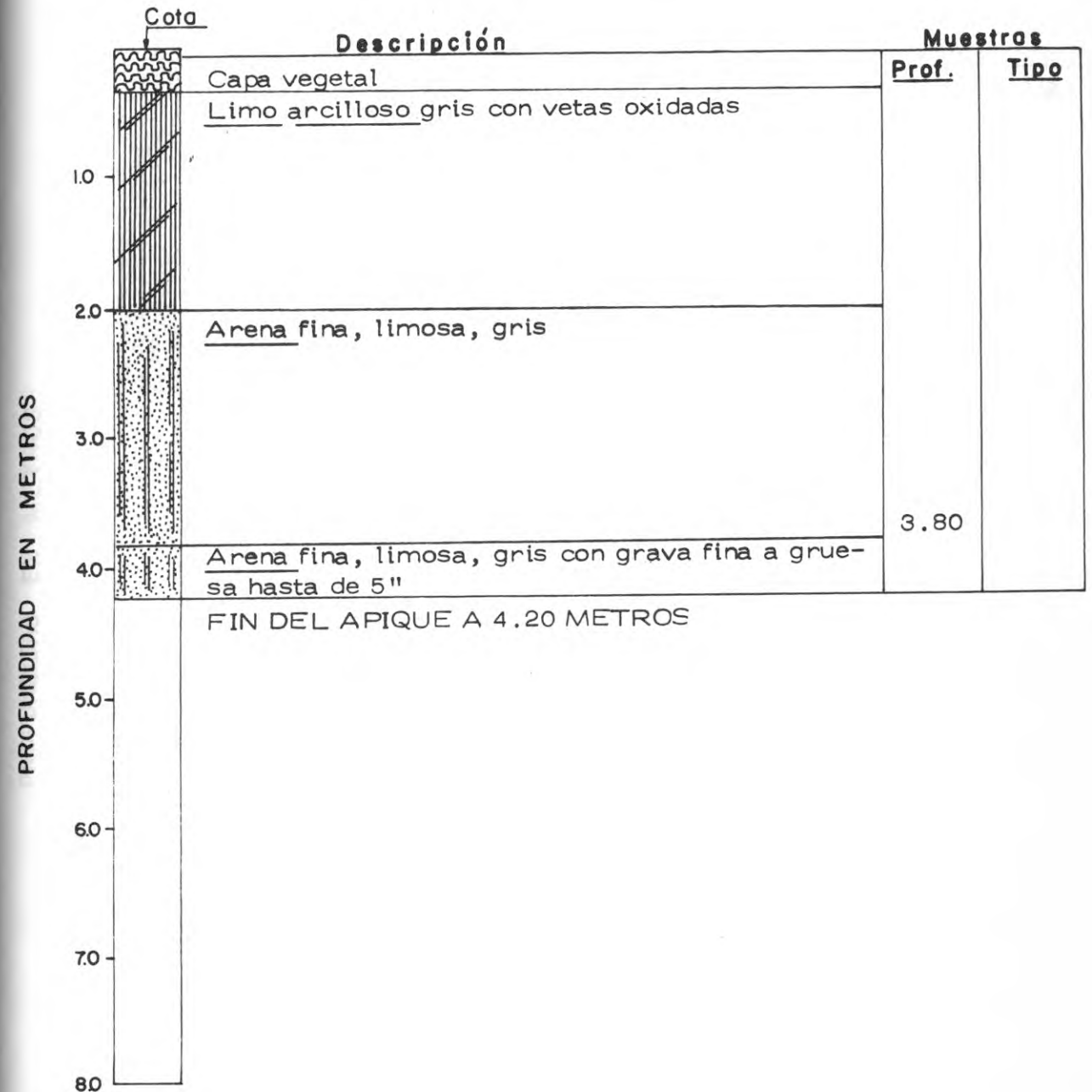
Fecha Octubre 23 de 1978 Supervisor C.C.T. - H.R.P.



Observaciones : Se encontró nivel freático a 1.50 metros. Las muestras se tomaron de un peso aproximado de 40 kilos y no se separó el material mayor de 3".

Registro de Apique AP-2

Cliente ICEL - CHEC Proyecto Miel I
 Localización Hacienda Puerto Rico Zona de Préstamo N° 3
 Fecha Noviembre 8 de 1978 Supervisor C.C.T. - H.R.P.



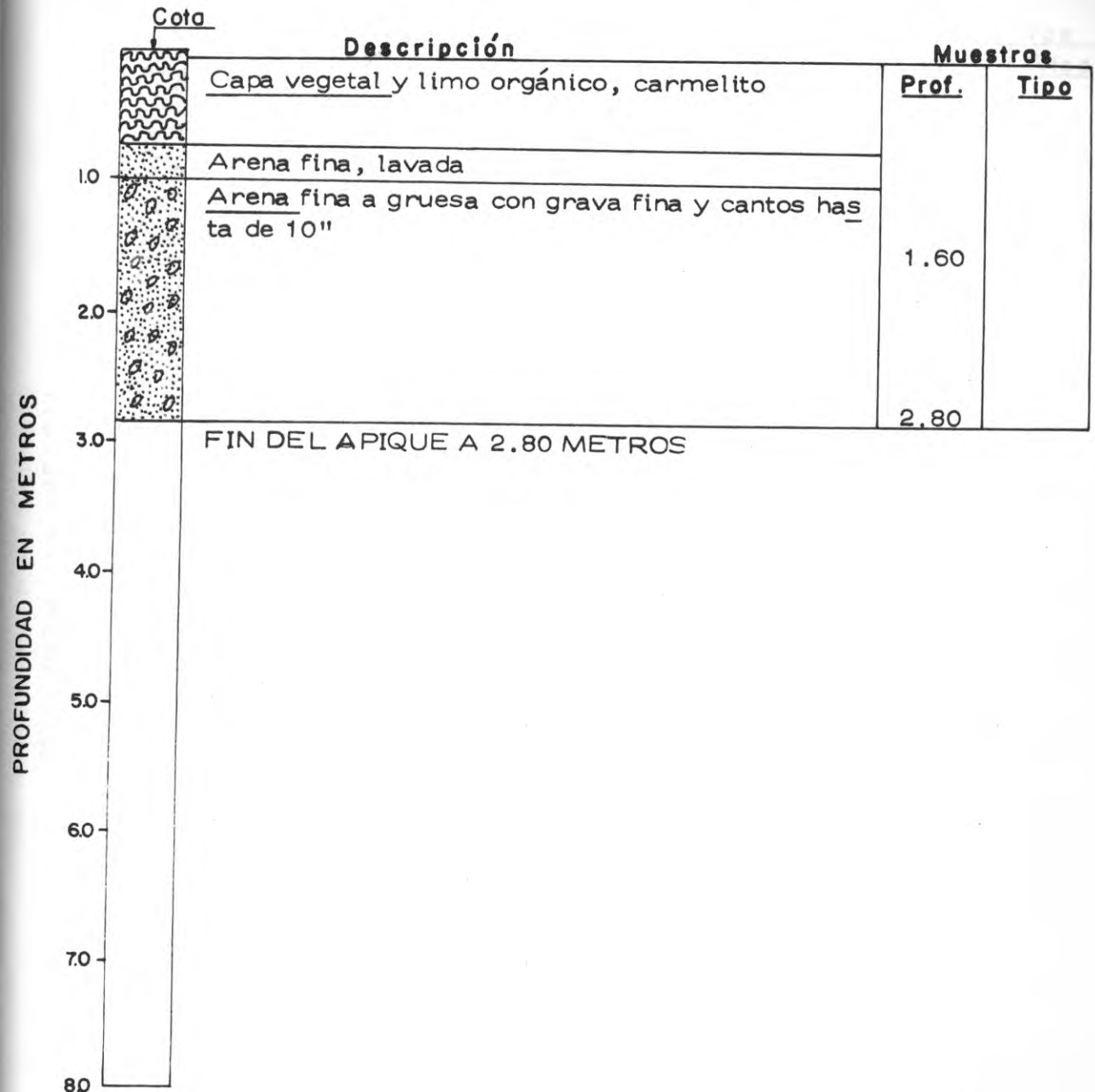
Observaciones : Se encontró nivel freático a 3.0 metros

Registro de Apique AP - 5

Cliente ICEL - CHEC Proyecto Miel I

Localización Finca El Tigre Zona de Préstamo N° 3

Fecha Noviembre 13 de 1978 Supervisor C.C.T. - H.R.P.



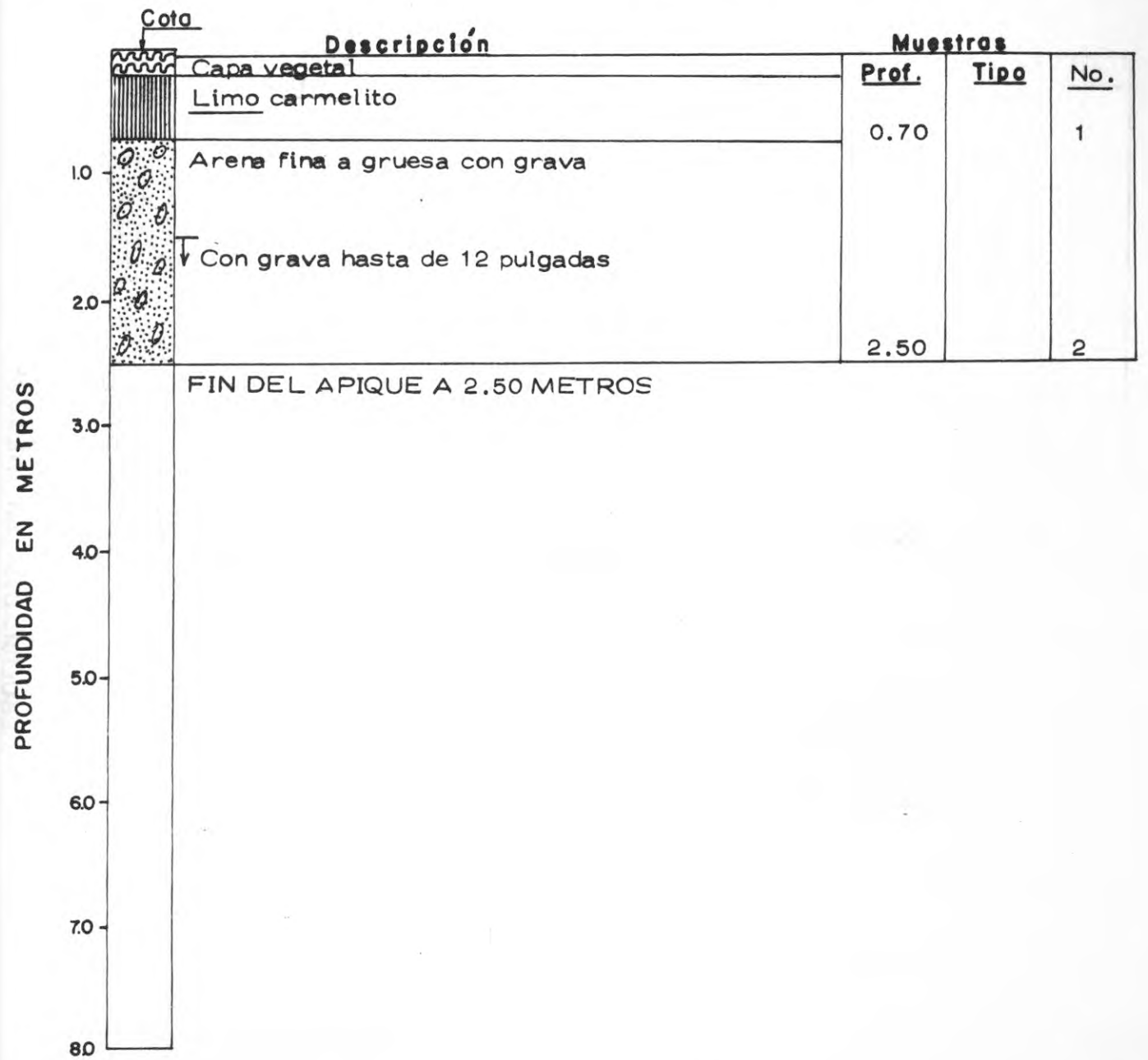
Observaciones : Se encontró nivel freático a 2.80 metros

Registro de Apique AP-6

Cliente ICEL - CHEC Proyecto Miel I

Localización Hacienda El Tigre Zona de Préstamo N° 3

Fecha _____ Supervisor C.C.T.-G.B.



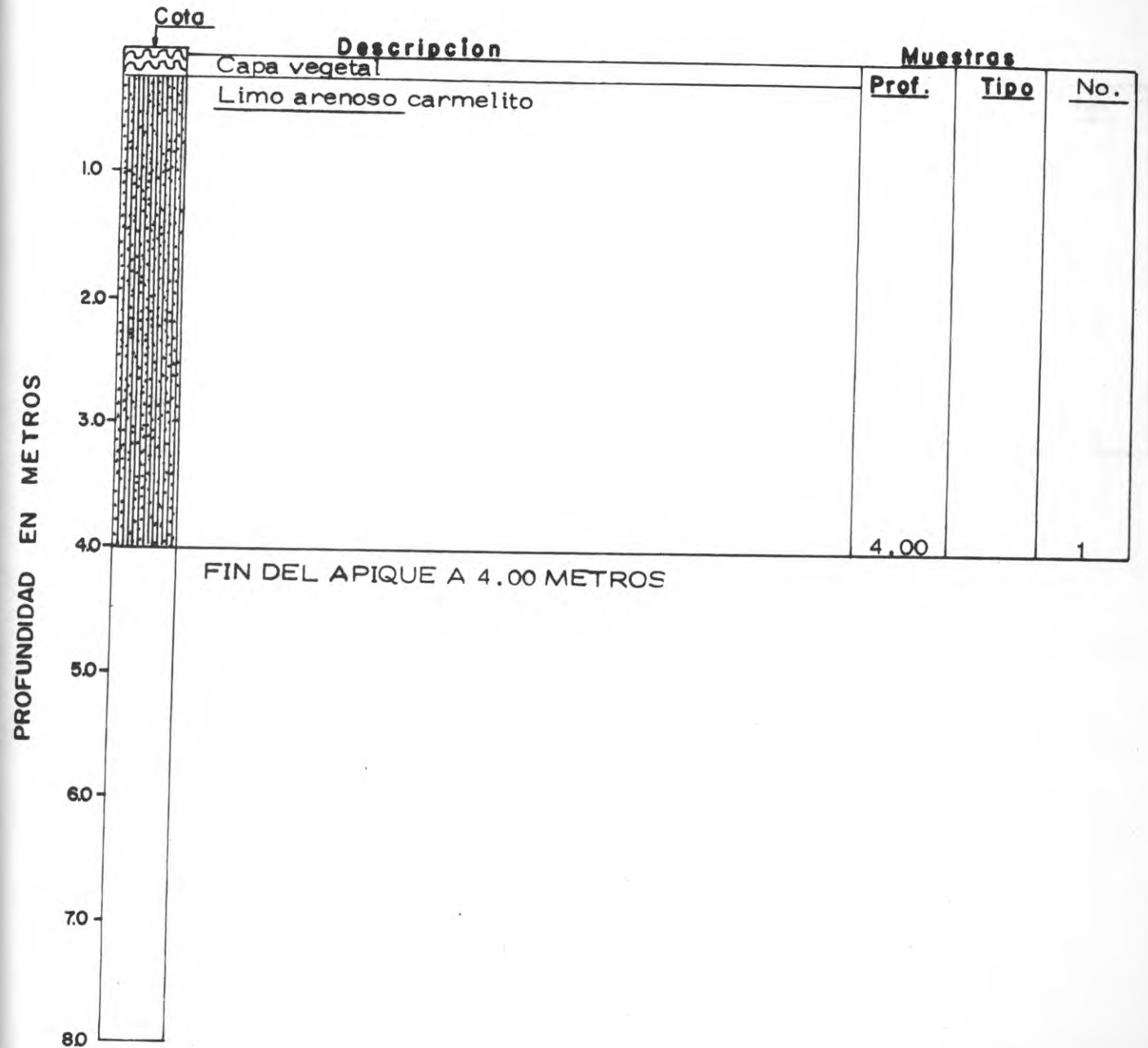
Observaciones : Apareció nivel freático a 2.50 metros

Registro de Apique AP-7

Cliente ICEL - CHEC Proyecto Miel I

Localización Hacienda El Tigre Zona de Préstamo N° 3

Fecha _____ Supervisor _____



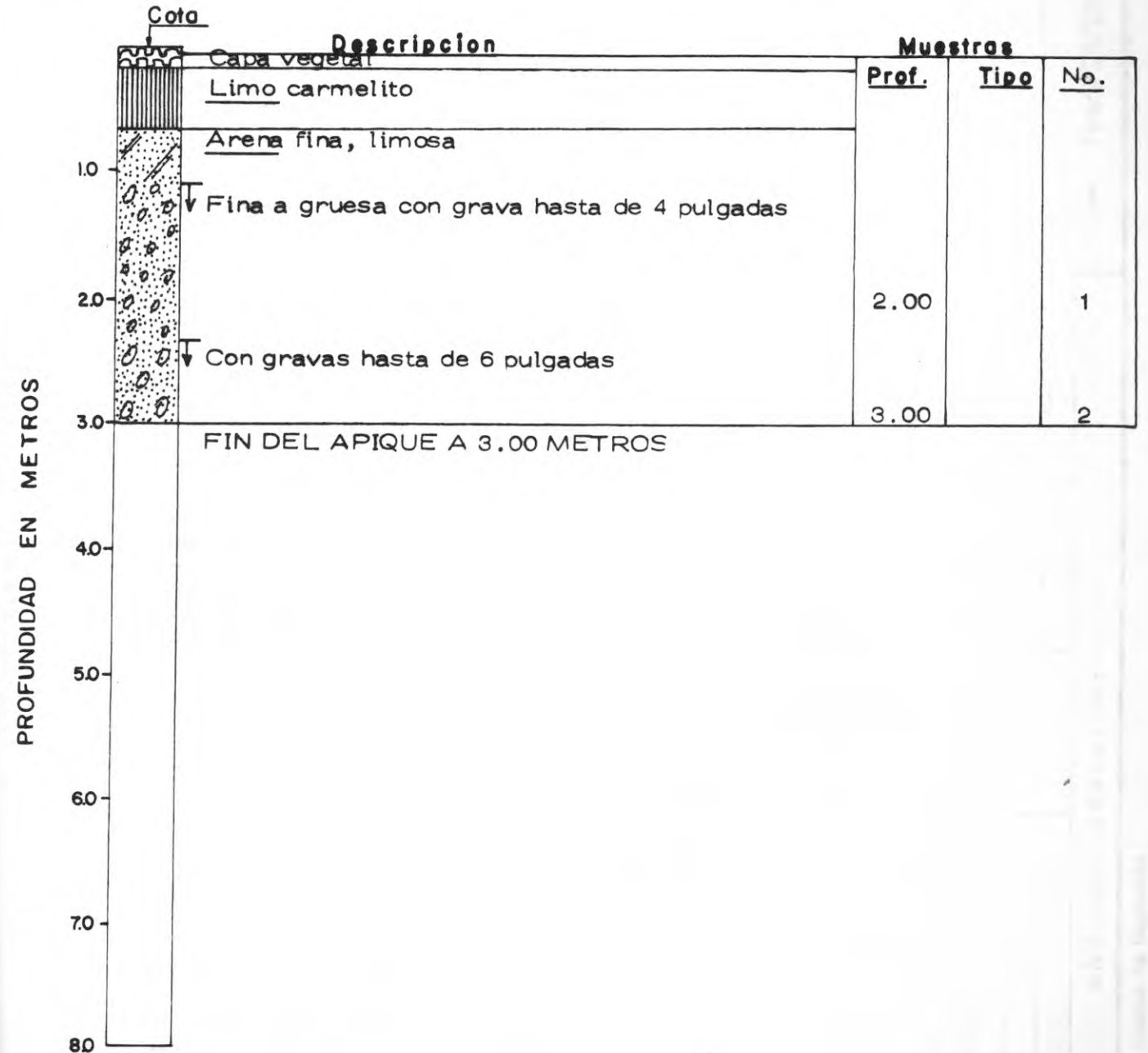
Observaciones : Apareció nivel freático a 3.30 metros

Registro de Apique AP-8

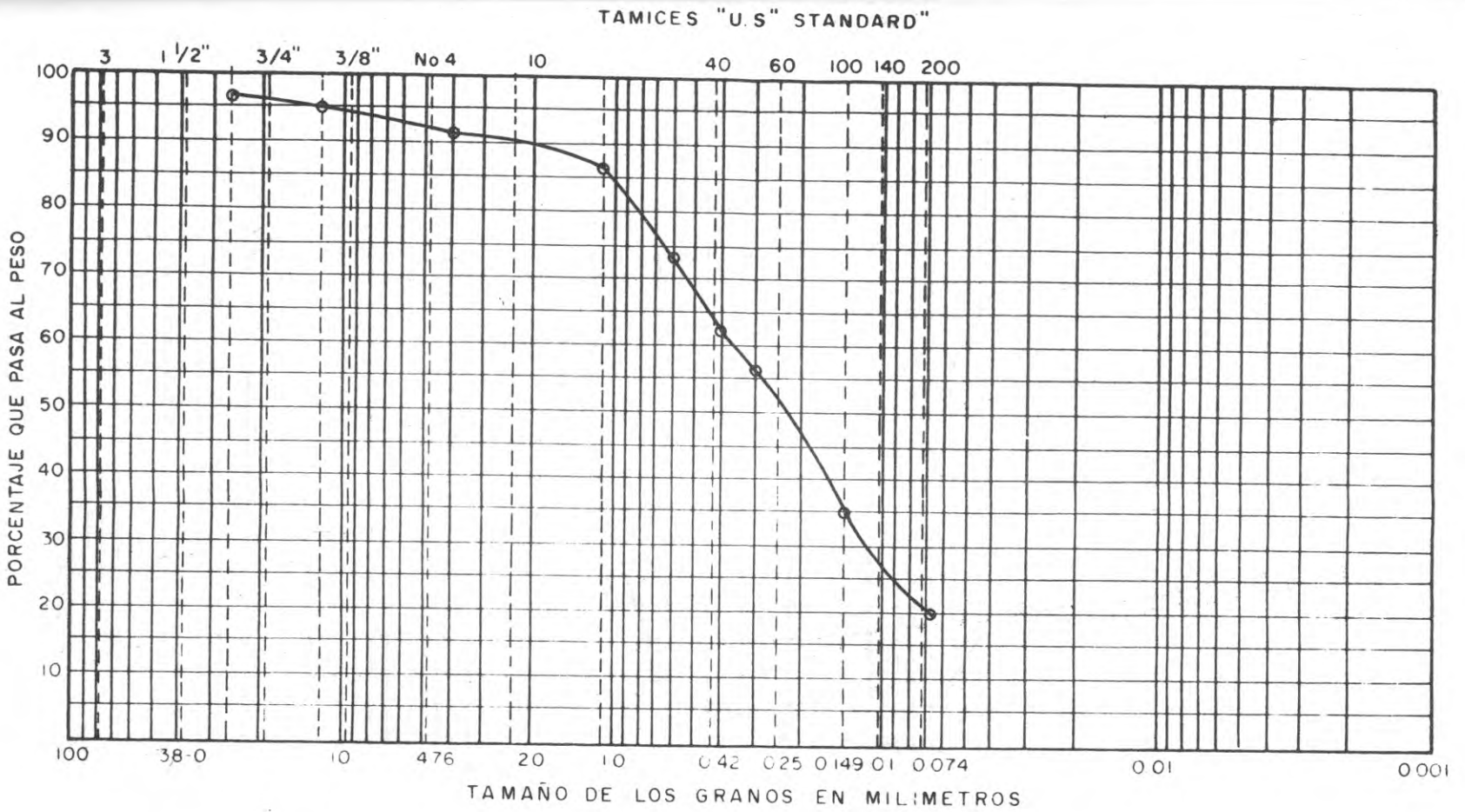
Cliente ICEL - CHEC Proyecto Miel I

Localización Hacienda El Tigre Zona de Préstamo N° 3

Fecha _____ Supervisor C.C.T. - G.B.



Observaciones : Apareció nivel freático a 2.30 metros



GRAVA		ARENA			LIMO O ARCILLA
Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina	

Sondeo	Muestra	Prof	DESCRIPCION	(1)	LL	LP	IP	Observaciones
			Arena fina limosa con tamaños mayores de 1 1/2" en 15%					
ANALISIS GRANULOMETRICO								

CONSORCIO RIO LA MIEL

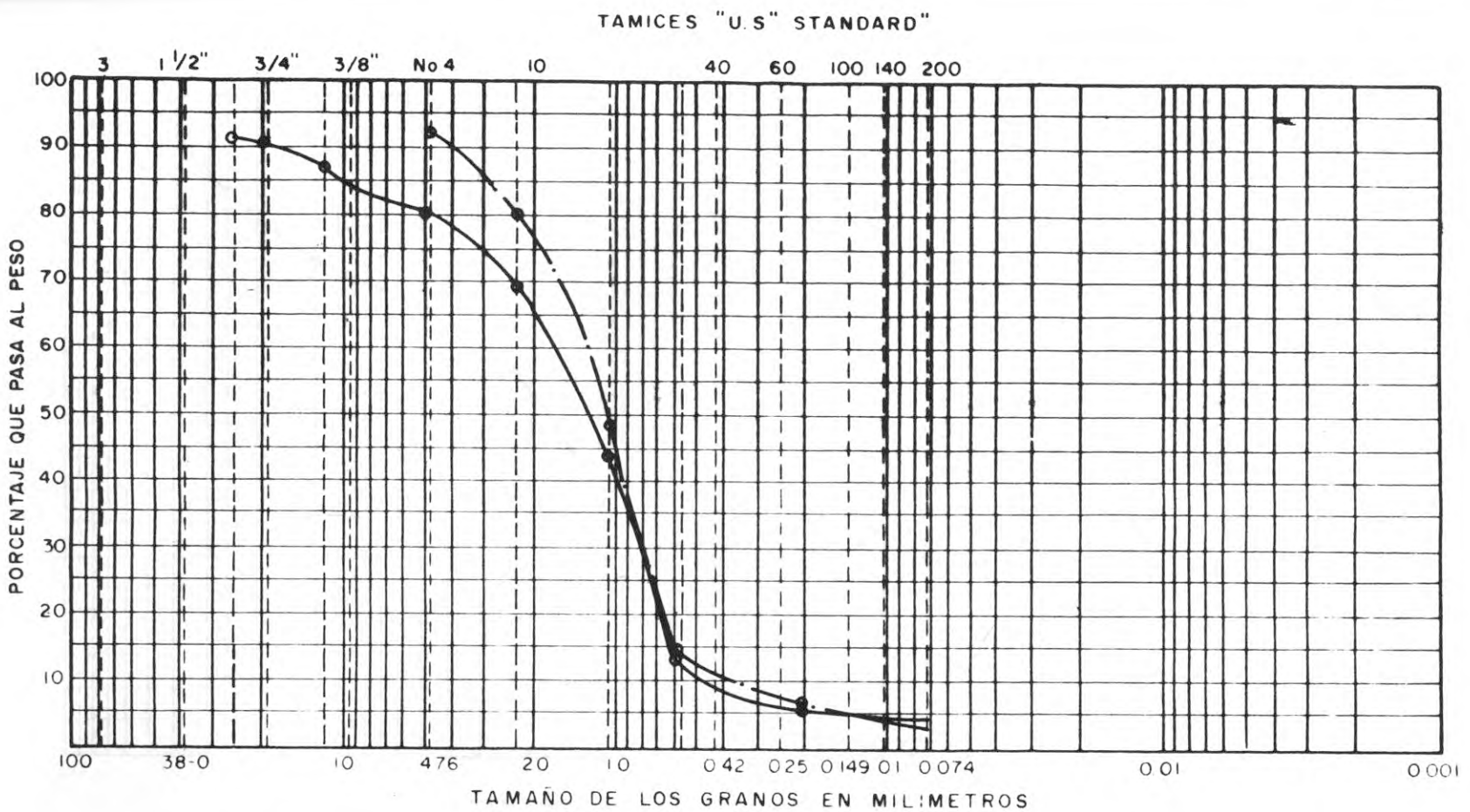
CLIENTE ICEL-CHEC

PROYECTO MIEL I

FECHA Nov. 14/78

(1) - Clasificación Unificada del Cuerpo de Ingenieros

FIGURA E-51



GRAVA		ARENA			LIMO O ARCILLA
Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina	

Sondeo	Muestra	Prof.	DESCRIPCION	(1)	LL	LP	IP	Observaciones
			Gradación total de la muestra tamaños mayores de 1 1/2" 10%		—			
			Gradación de la muestra que pasa 3/8"		---			
ANALISIS GRANULOMETRICO								

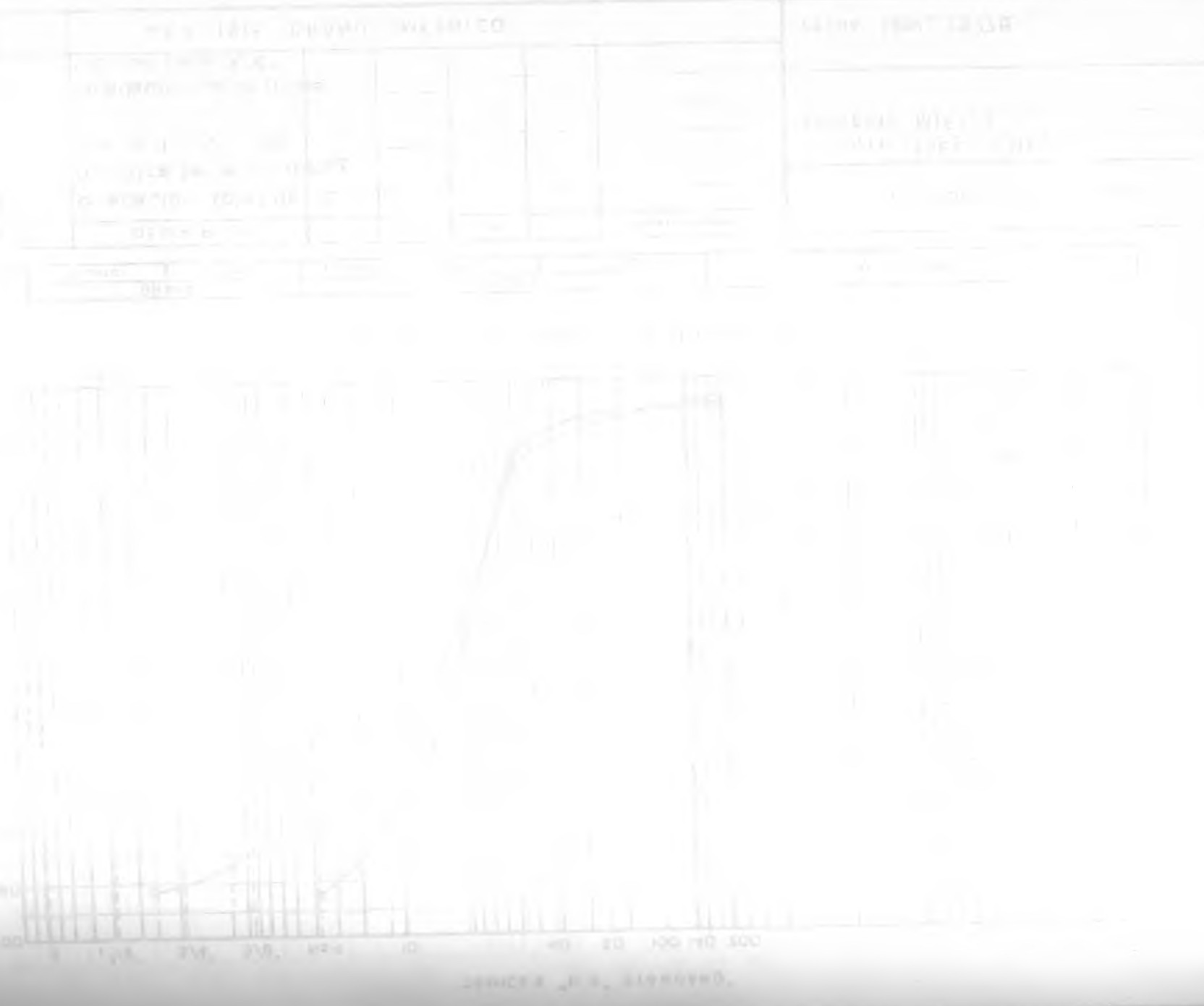
CONSORCIO RIO LA MIEL

CLIENTE ICEL o CHEC

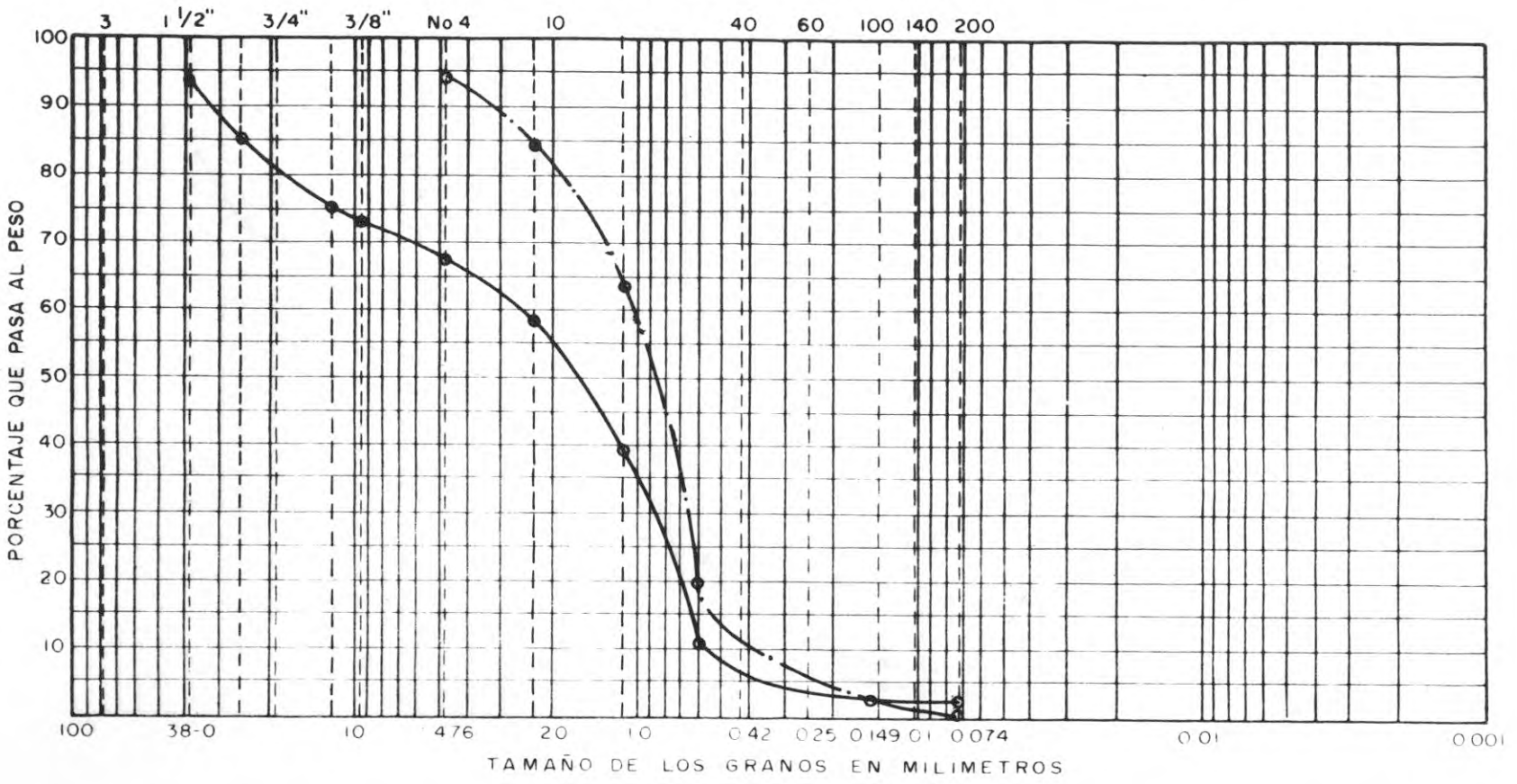
PROYECTO MIEL I

FECHA Nov. 15/78

(1) - Clasificación Unificada del Cuerpo de Ingenieros



TAMICES "U.S" STANDARD



GRAVA		ARENA			LIMO O ARCILLA
Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina	

Sondeo	Muestra	Prof	DESCRIPCION	(1)	LL	LP	IP	Observaciones
			Gradación total de la muestra, tamaños mayores de 1 1/2" 15%	—				
			Gradación de la muestra que pasa Tamiz 3/8"	—				
ANALISIS GRANULOMETRICO								

CONSORCIO RIO LA MIEL

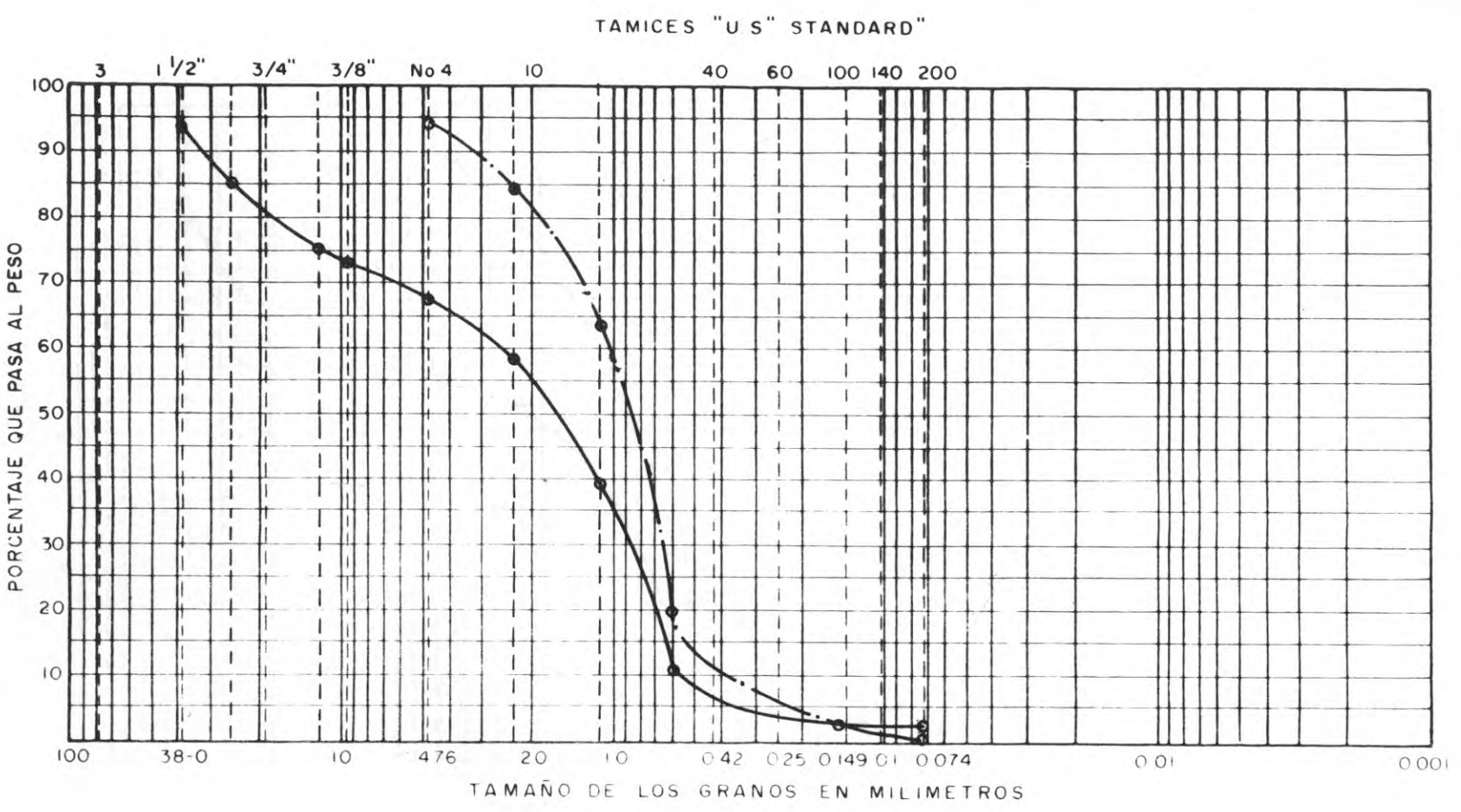
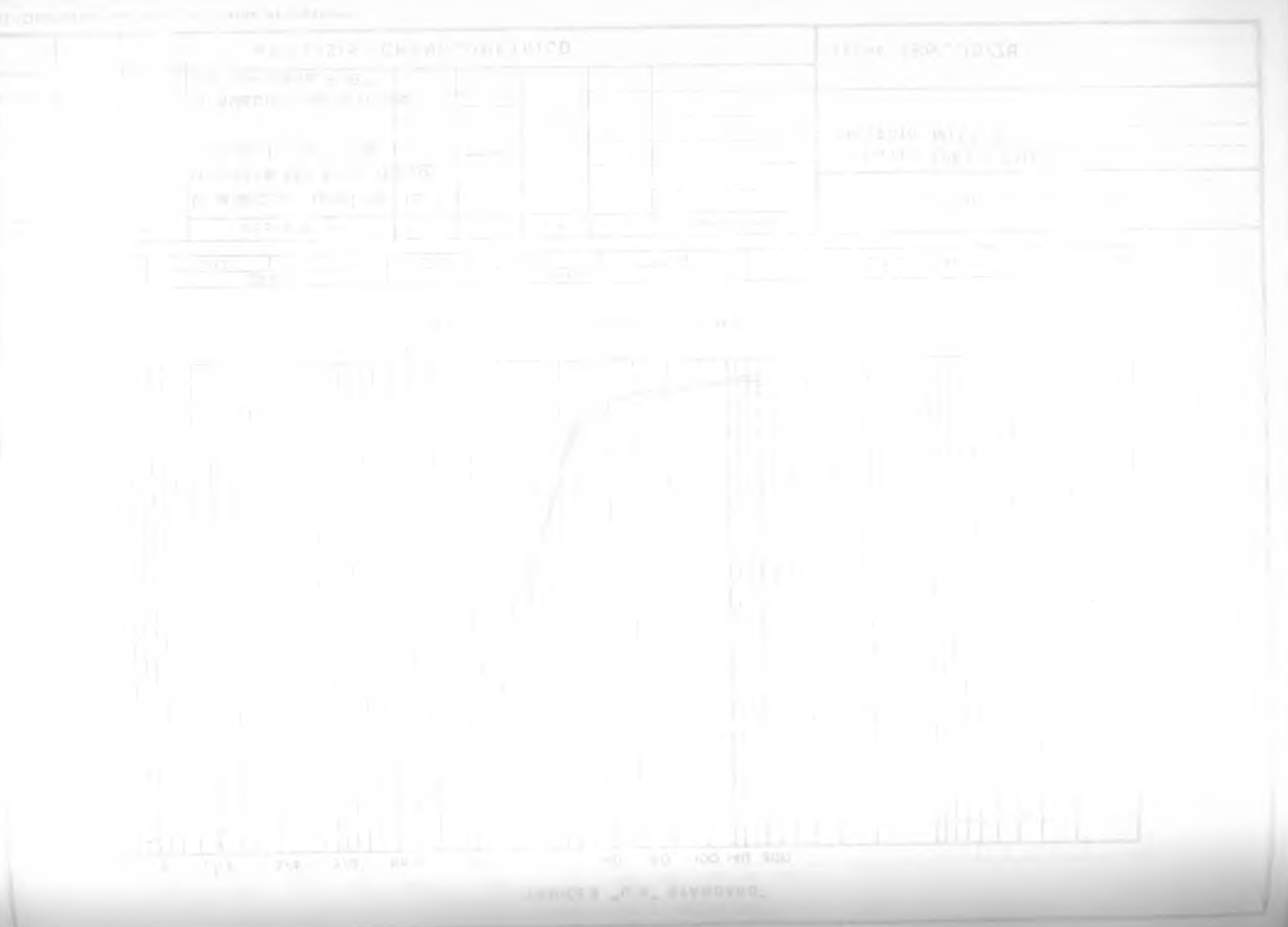
CLIENTE ICEL - CHEC

PROYECTO MIEL I

FECHA Nov. 15/78

(1) - Clasificación Unificado del Cuerpo de Ingenieros

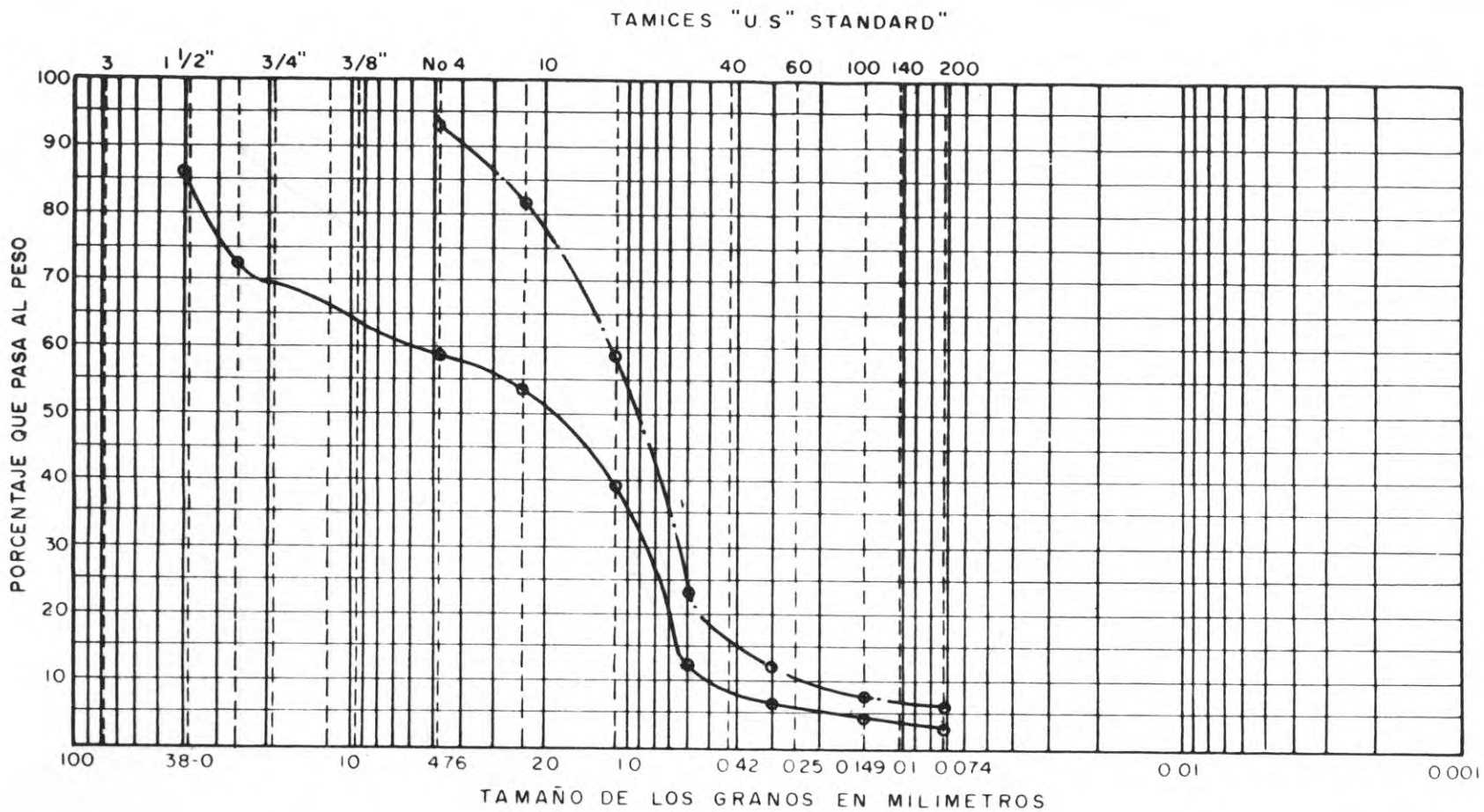
FIGURA E-53



LABORATORIO DE INVESTIGACIONES Y ENSAYOS DE SUELOS

CALLE 15 N.º 125 - 126
BOGOTÁ - COLOMBIA

PROYECTO: ICEL - QHEC
FECHA: 15/11/78



GRAVA		ARENA			LIMO O ARCILLA
Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina	

Sondeo	Muestra	Prof.	DESCRIPCION	(1)	LL	LP	IP	Observaciones
			Gradación total de la muestra, tamaños mayores de 1 1/2" 20%		—			
			Gradación de la muestra que pasa Tamiz 3/8"		—			
ANALISIS GRANULOMETRICO								

CONSORCIO RIO LA MIEL

CLIENTE ICEL - QHEC

PROYECTO MIEL I

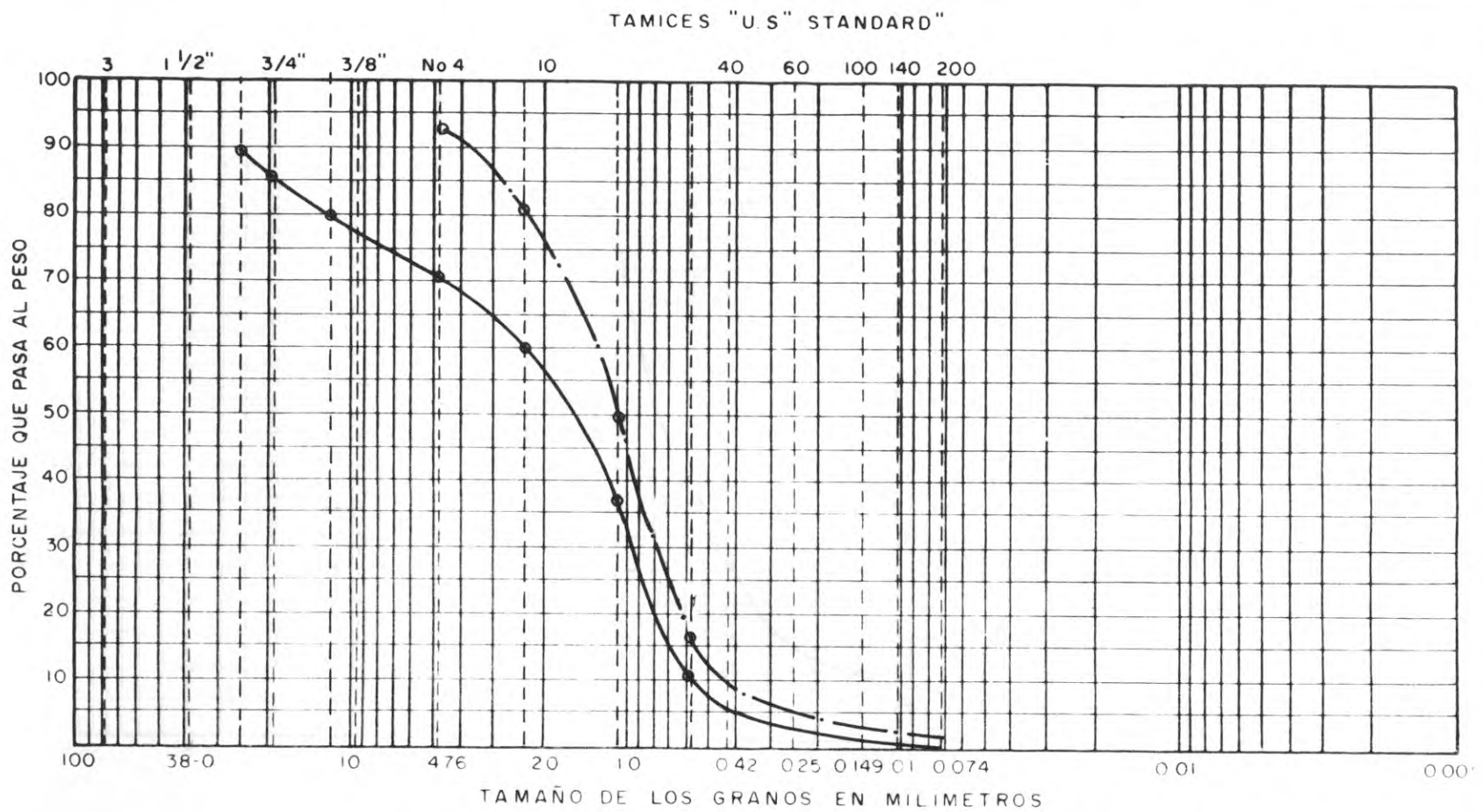
FECHA Nov. 15/78

(1) - Clasificación Unificada del Cuerpo de Ingenieros

CONSORCIO RIO LA MIEL

PROYECTO MIEL I

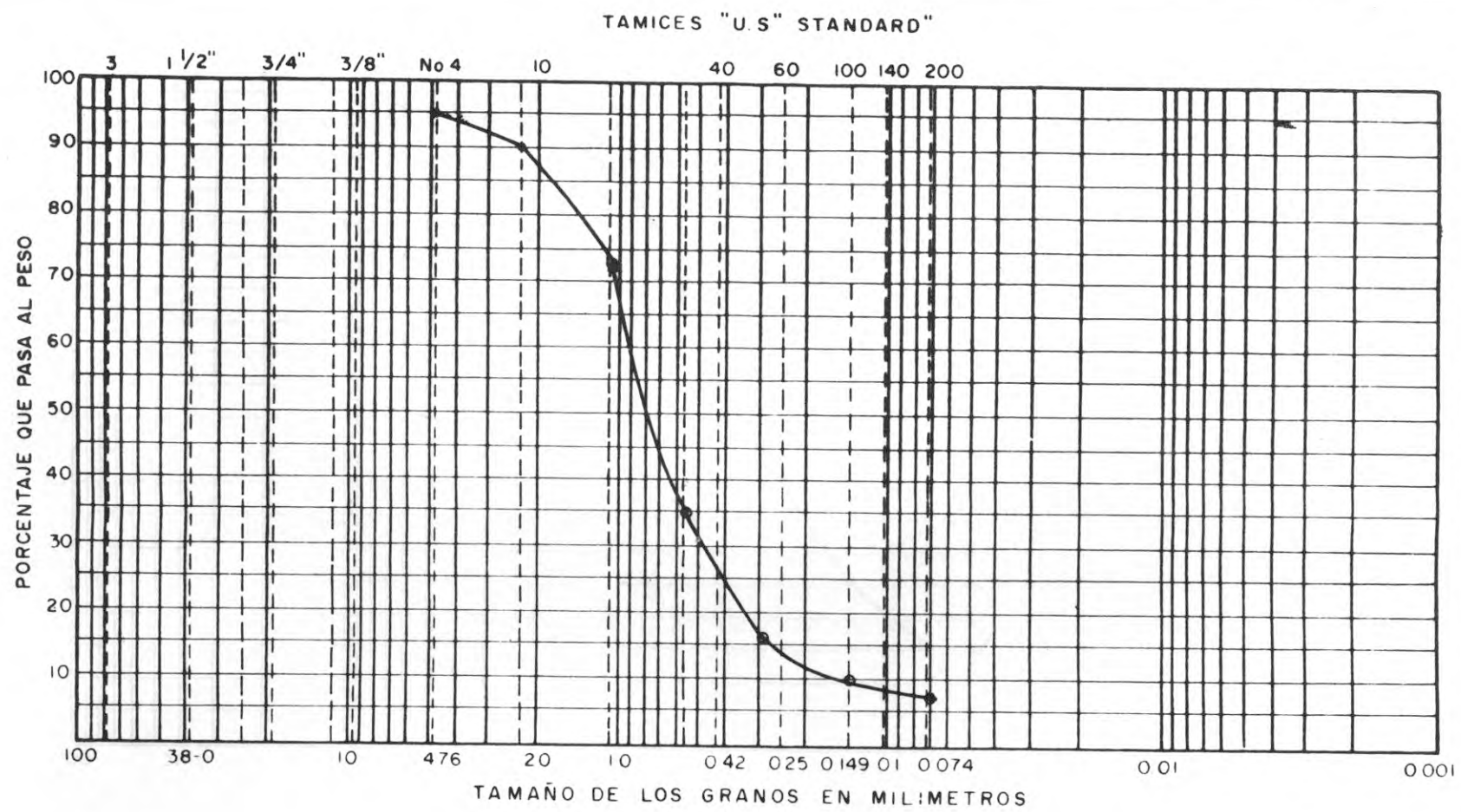
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO



LABORATORIO DE INVESTIGACIONES Y ENSAYOS DE SUELOS

PROYECTO: MIEL I
FECHA: 01/05/79

LABORATORIO DE INVESTIGACIONES Y ENSAYOS DE SUELOS



GRAVA		ARENA			LIMO O ARCILLA
Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina	

Sondeo	Muestra	Prof.	DESCRIPCION	(1)	LL	LP	IP	Observaciones
			Muestra total, no contiene grava					
ANALISIS GRANULOMETRICO								

CONSORCIO RIO LA MIEL

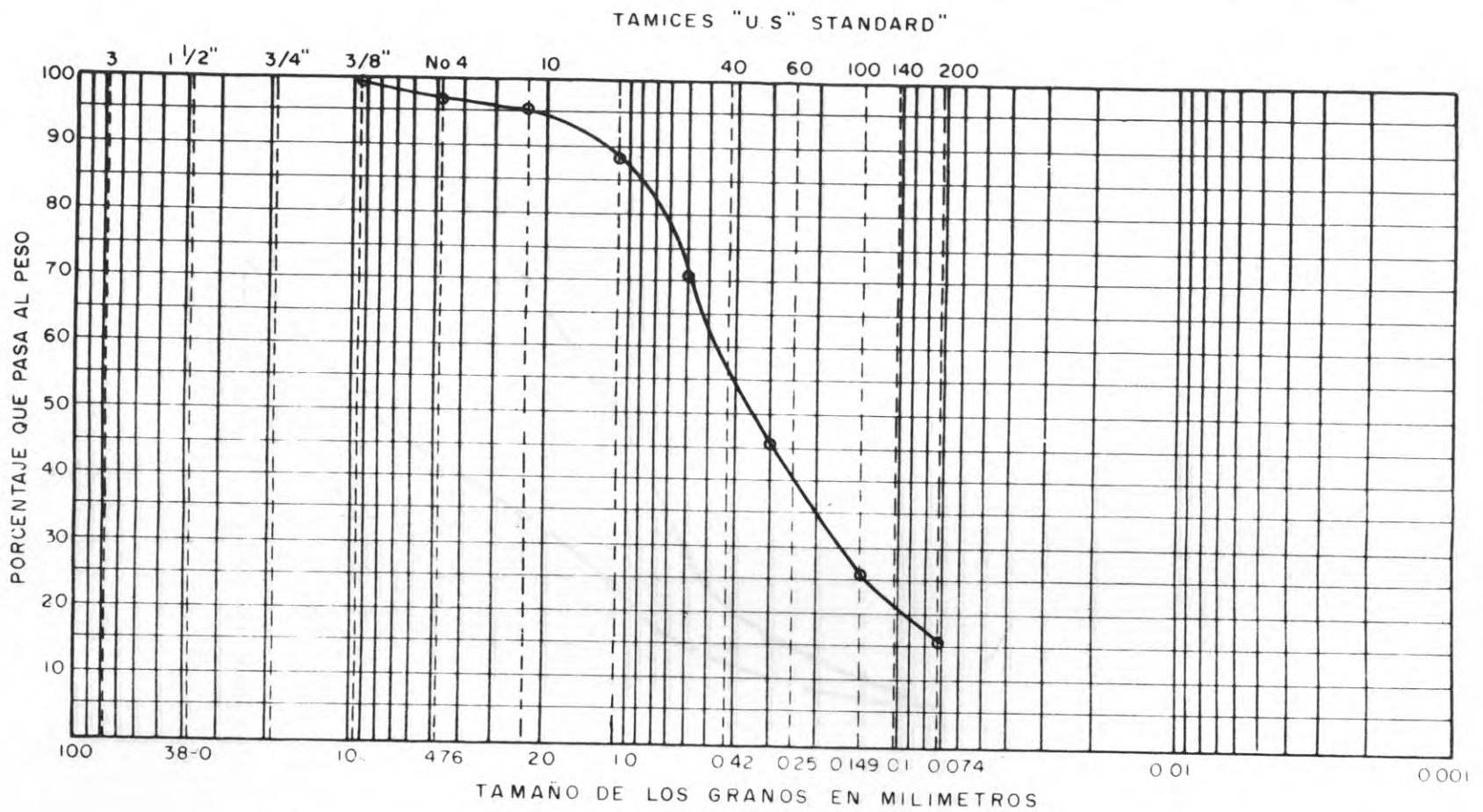
CLIENTE ICEL - CHEC

PROYECTO MIEL I

FECHA Enero 5/79

(1) - Clasificación Unificada del Cuerpo de Ingenieros

FIGURA E-55

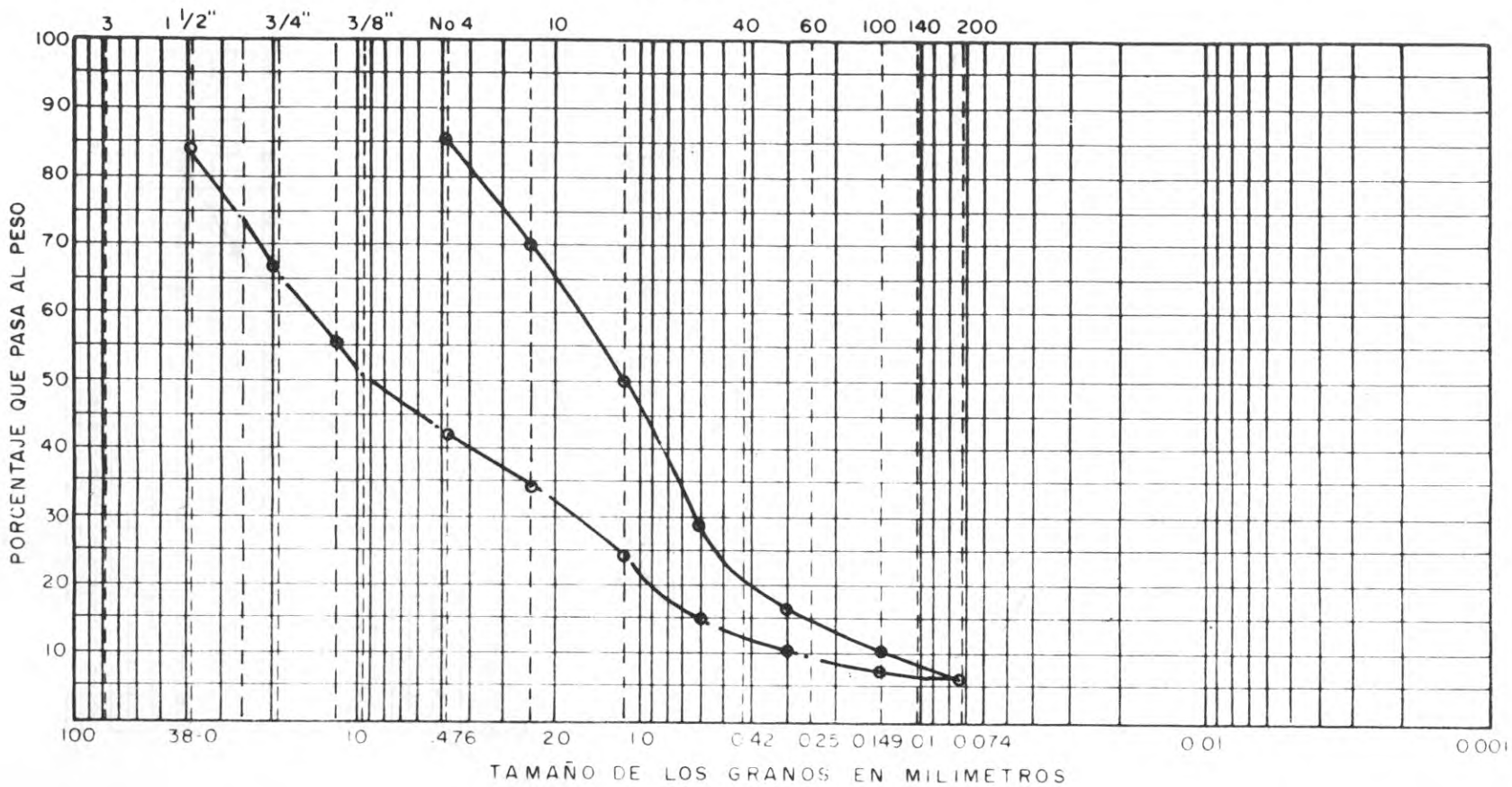


GRAVA	ARENA	
Gruesa	Gruesa Media Fina	LIMO O ARCILLA

Sondeo	Muestra	Prof	DESCRIPCION	(1)	LL	LP	IP	Observaciones
			Arena media a fina con poco limo, sin grava					
CONSORCIO RIO LA MIEL								
CLIENTE <u>ICEL - CHEC</u>								
PROYECTO <u>MIEL I</u>								
FECHA <u>Dic. 5/78</u>								
ANALISIS GRANULOMETRICO								

(1) - Clasificación Unificada del Cuerpo de Ingenieros

TAMICES "U.S" STANDARD



GRAVA		ARENA			LIMO O ARCILLA
Guesa	Fina	Guesa	Media	Fina	

Sondeo	Muestra	Prof	DESCRIPCION	(1)	LL	LP	IP	Observaciones
			Grava con arena tamaño mayor de 1 1/2"		---			
			30%					
			Material pasado por Tamiz 3/8"		---			
ANALISIS GRANULOMETRICO								

CONSORCIO RIO LA MIEL

CLIENTE ICEL-CHEC

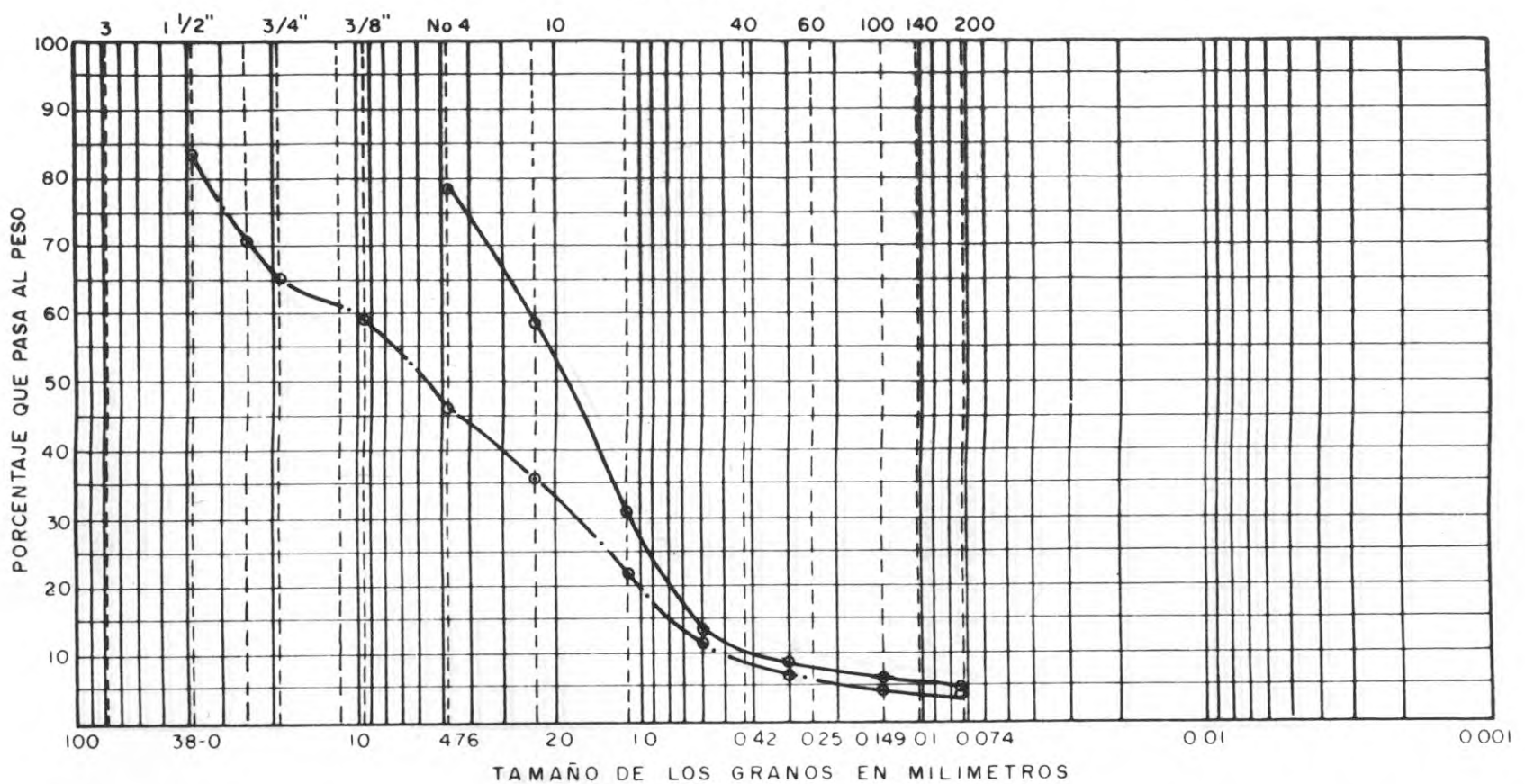
PROYECTO MIEL I

FECHA Dic. 5/78

(1) - Clasificación Unificada del Cuerpo de Ingenieros

FIGURA E-58

TAMICES "U.S" STANDARD



GRAVA		ARENA			LIMO O ARCILLA
Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina	

Sondeo	Muestra	Prof	DESCRIPCION	(1)	LL	LP	IP	Observaciones
			Gravas y arena gruesa a fina con tamaño mayor de 1 1/2" 40%		---			
			Material pasado por Tamiz 3/8"		---			
ANALISIS GRANULOMETRICO								

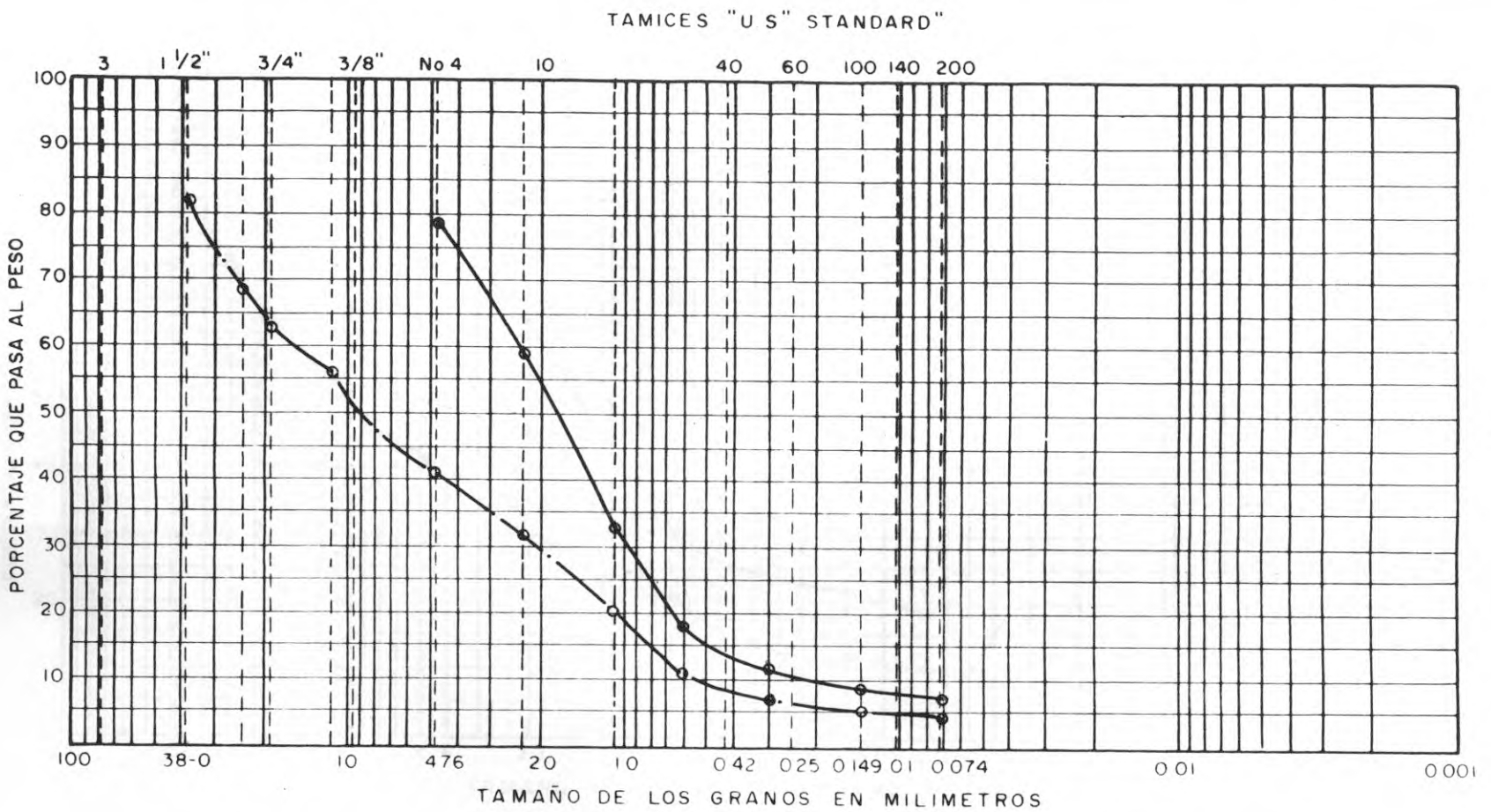
CONSORCIO RIO LA MIEL

CLIENTE ICEL-GHEC

PROYECTO MIEL I

FECHA Diciembre 5

(1) - Clasificación Unificada del Cuerpo de Ingenieros



GRAVA		ARENA			LIMO O ARCILLA
Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina	

Sondeo	Muestra	Prof.	DESCRIPCION	(1)	LL	LP	IP	Observaciones
			Grava y arena gruesa a fina con tamaño mayor de 1 1/2" 40%		---			
			Material pasado por Tamiz 3/8"		---			
ANALISIS GRANULOMETRICO								

CONSORCIO RIO LA MIEL

CLIENTE JCEL - CHEC

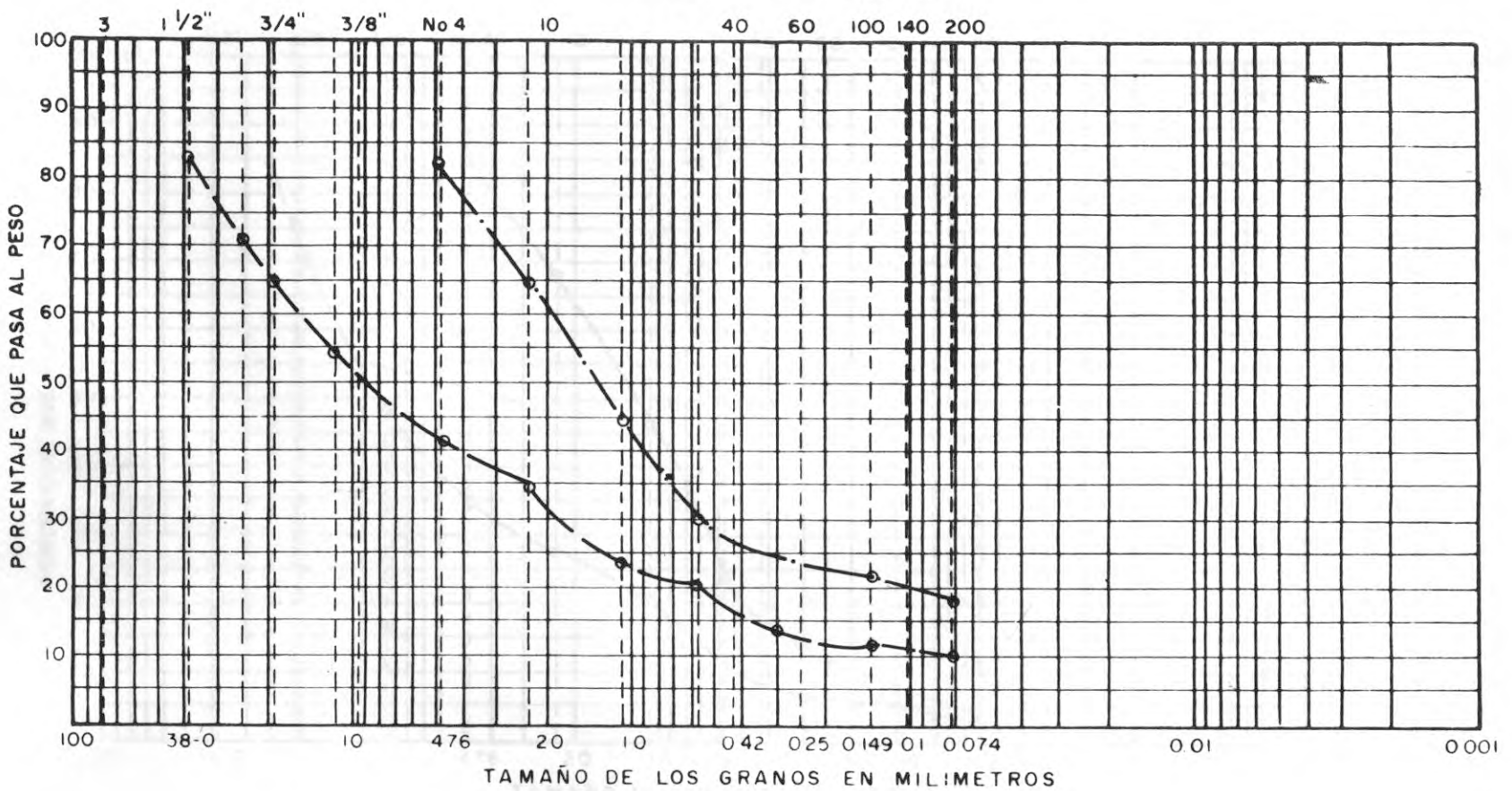
PROYECTO MIEL I

FECHA Dic. 5/78

(1) - Clasificación Unificada del Cuerpo de Ingenieros

FIGURA E-60

TAMICES "U.S" STANDARD



GRAVA		ARENA			LIMO O ARCILLA
Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina	

Sondeo	Muestra	Prof.	DESCRIPCION	(1)	LL	LP	IP	Observaciones
			Grava con arena con tamaño mayor de 1" 42 %	---				
			Material pasado por El Tamiz 3/8"	---				
ANALISIS GRANULOMETRICO								

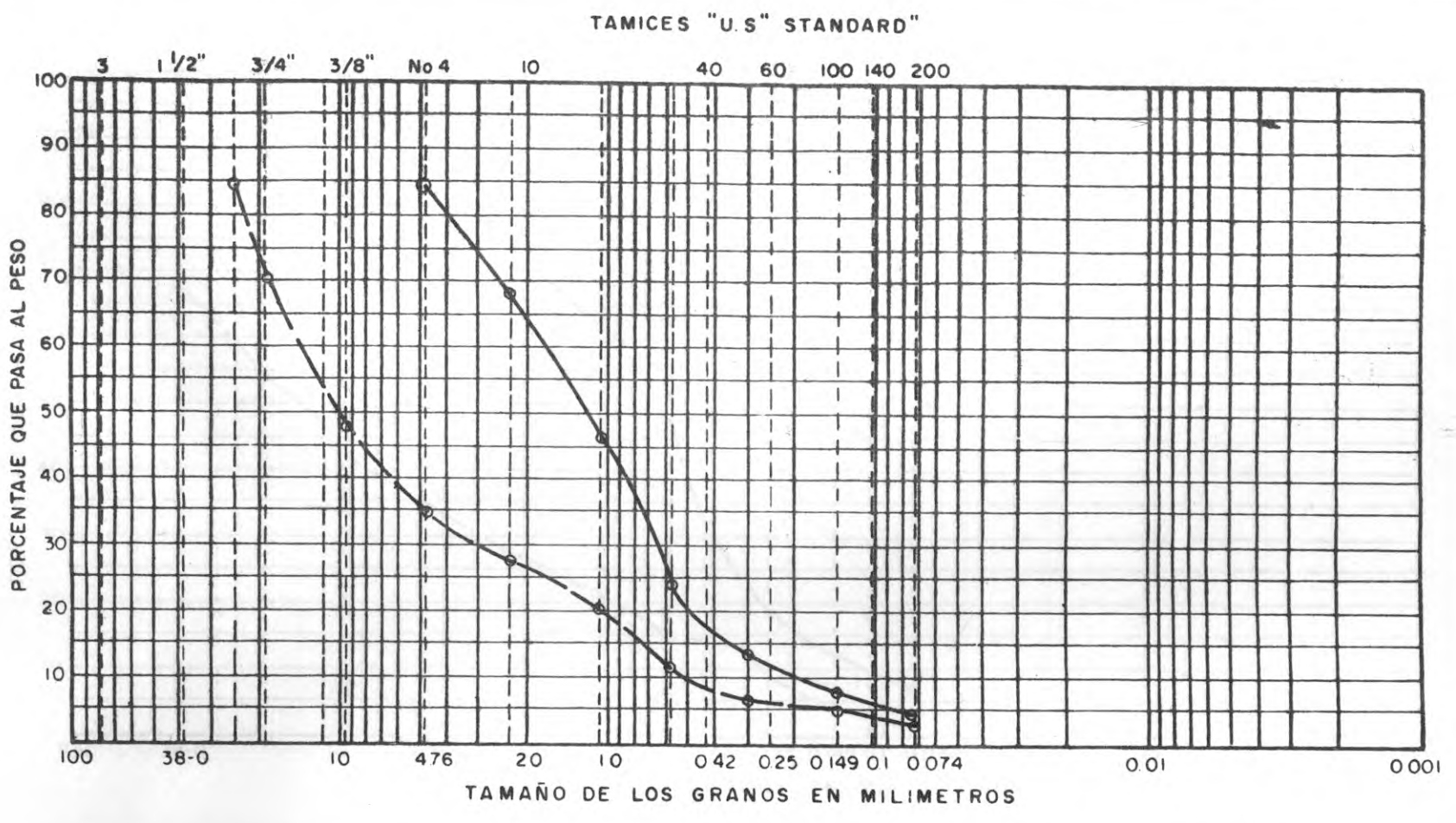
CONSORCIO RIO LA MIEL

CLIENTE ICEL - CHEC

PROYECTO MIEL I

FECHA Enero 5/79

(1) - Clasificación Unificada del Cuerpo de Ingenieros



GRAVA		ARENA			LIMO O ARCILLA
Gruesa	Fino	Gruesa	Media	Fina	

Sondeo	Muestra	Prof.	DESCRIPCION	(1)	LL	LP	IP	Observaciones
			Grava con arena	---				
			Material pasado por el Tamiz 3/8"	---				
ANALISIS GRANULOMETRICO								

CONSORCIO RIO LA MIEL

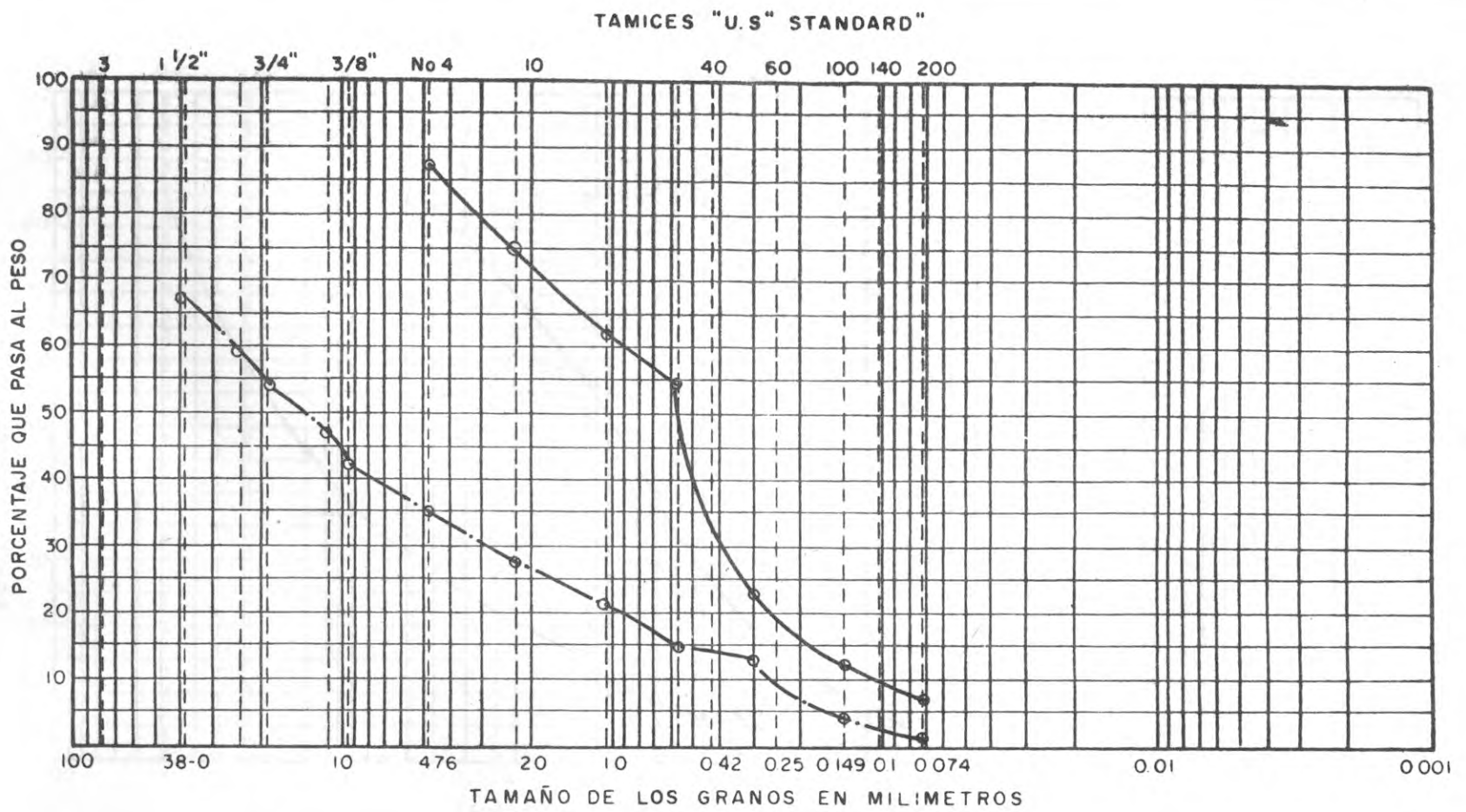
CLIENTE ICEL - CHEC

PROYECTO MIEL I

FECHA Enero 5/79

FIGURA E - 62

(1) - Clasificación Unificada del Cuerpo de Ingenieros



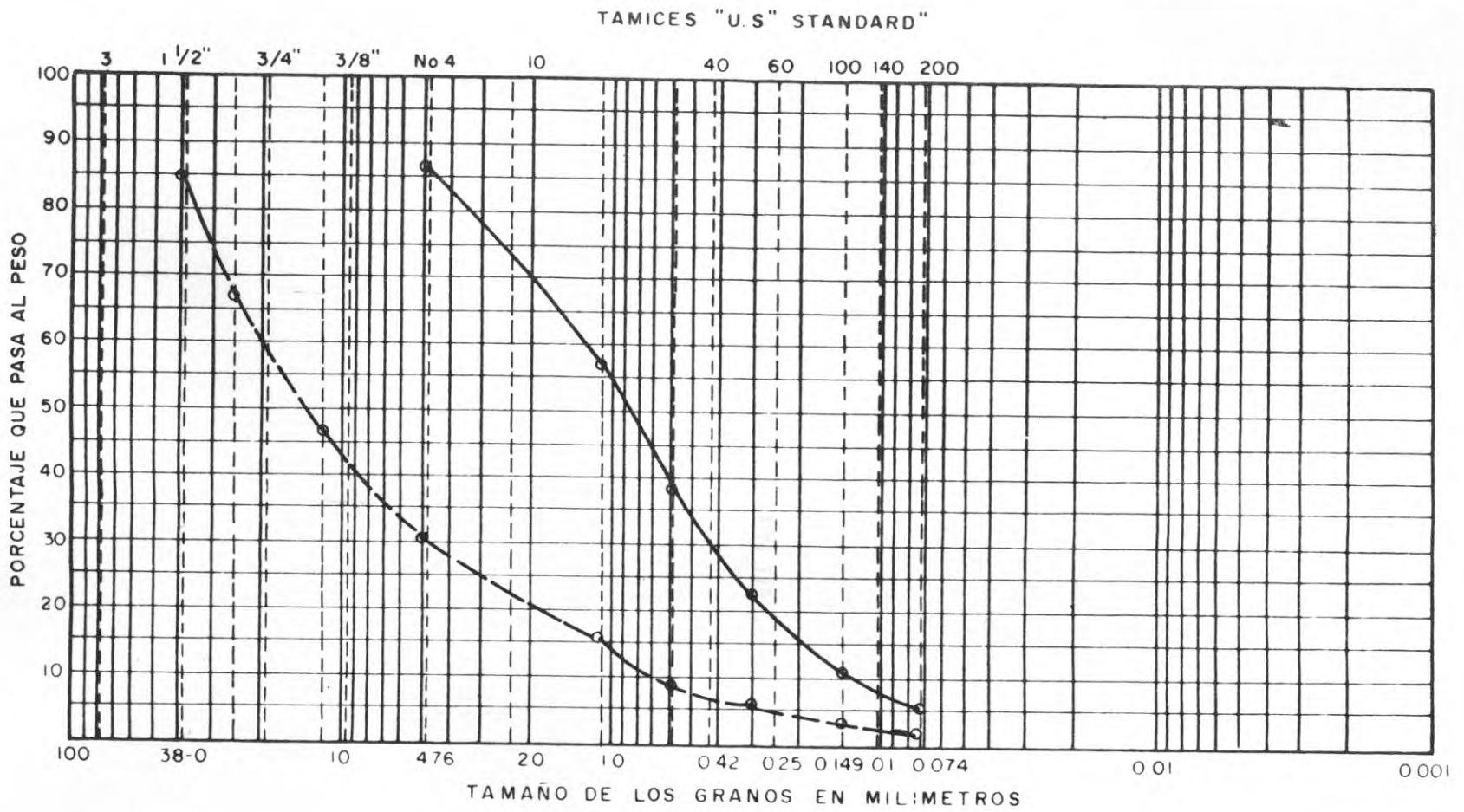
GRAVA		ARENA			LIMO O ARCILLA
Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina	

Sondeo	Muestra	Prof.	DESCRIPCION	(1)	LL	LP	IP	Observaciones
			Grava con arena	-----				
			Material pasado por el Tamiz 3/8"	————				
ANALISIS GRANULOMETRICO								

CONSORCIO RIO LA MIEL
CLIENTE <u>ICEL - CHEC</u>
PROYECTO <u>MIEL I</u>
FECHA <u>Enero 9/79</u>

(1) - Clasificación Unificada del Cuerpo de Ingenieros

FIGURA E-63



GRAVA		ARENA			LIMO O ARCILLA
Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina	

Sondeo	Muestra	Prof.	DESCRIPCION	(1)	LL	LP	IP	Observaciones
			Grava con arena	---				
			Material pasado por el Tamiz 3/8"	---				
ANALISIS GRANULOMETRICO								

CONSORCIO RIO LA MIEL

CLIENTE ICEL - CHEG

PROYECTO MIEL - I

FECHA Enero 5/79

(1) - Clasificación Unificada del Cuerpo de Ingenieros

CUADRO E-8

RESUMEN DE RESULTADOS

<u>Apique</u>	<u>Muestra</u>	<u>Profundidad</u>	<u>Módulo de Finura</u>	<u>Gs. Bulk</u>	<u>Gs. SSS</u>	<u>Gs. Aparente</u>	<u>% Absorción</u>	<u>γ Suelto gm/cm³</u>	<u>γ Apisonado gm/cm³</u>
1	2	1.0	1.32						
	3	1.5	3.48	2.50	2.55	2.63	1.90	1.50	1.71
	4	2.0	3.16	2.47	2.51	2.59	1.90	1.50	1.72
2	2		3.16	2.48	2.54	2.64	2.52	1.46	1.70
	3		3.41	2.42	2.46	2.51	1.42	1.48	1.73
3	1	4.0	2.80	2.52	2.56	2.63	1.56	1.41	1.65
4	1	2.0	1.67	2.55	2.58	2.63	2.21	1.40	1.66
	2	3.0	3.36	2.55	2.59	2.65	1.42	1.59	1.84
5	1	1.7	4.07	2.56	2.64	2.59	1.09	1.65	1.78
	2	2.8	3.90	2.58	2.65	2.60	1.05	1.62	1.83
6	1	0.7						1.45	1.70
	2	2.5	3.54	2.49	2.52	2.58	1.46	1.60	1.83
8	1	2.0	2.92	2.61	2.64	2.70	1.34	1.58	1.83
	2	3.0	3.06	2.55	2.58	2.63	1.15	1.63	1.84

NOTA : Todos los ensayos se hicieron con material que pasa el Tamíz 3/8".

0128

PROPIEDAD

Sección Documentación
y Divulgación

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA

Ministerio de Minas y Energía
BIBLIOTECA

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA



01001607

BIBLIOTECA

Desarrollo hidroeléctrico del Río La Miel :
informe de factibilidad técnica /Consortio
Río La Miel ; Instituto Colombiano de
Energía Eléctrica, Central Hidroeléctrica de
Caldas

333.9109861 C755des V.3 Ej.2