



instituto colombiano de energía eléctrica



central hidroeléctrica de caldas

desarrollo hidroeléctrico
del río la miel
informe de factibilidad técnica
proyecto miel II

volumen I

informe

consorcio río la miel

interdiseños-suelos y fundaciones-geocolombia

bogotá, febrero 1980

financiado por el fondo nacional de proyectos de desarrollo (fonade)



039



333.9109861
C755des
V. 1
E. 1
instituto colombiano de energía eléctrica



central hidroeléctrica de caldas

desarrollo hidroeléctrico
del río la miel
informe de factibilidad técnica
AAR
proyecto miel II

volumen I

informe

consorcio río la miel

interdiseños-suelos y fundaciones-geocolombia

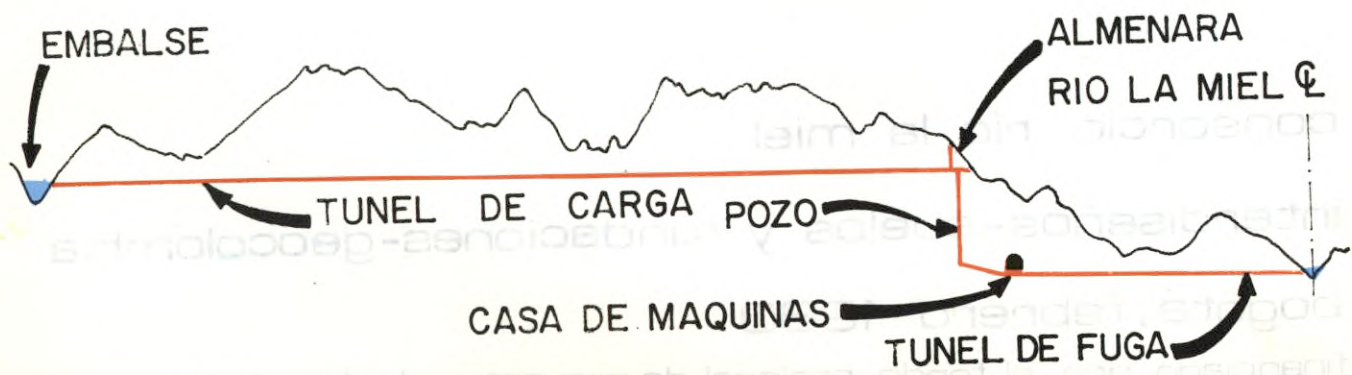
bogotá, febrero 1980

financiado por el fondo nacional de proyectos de desarrollo (fonade)

PROYECTO MIEL II



PLANTA



PERFIL

PROYECTO MIEL II

CARACTERISTICAS PRINCIPALES

(Nivel máximo de embalse : 1045 Fp =0.5)

DATOS GENERALES	Caudal de diseño 73.8 m ³ /s. Salto bruto máximo 569.00 m. Capacidad instalada 351 mw. Energía firme: 1354 gwh/año.
DATOS HIDROLOGICOS	Area de la hoya hidrográfica: 363 km ² . Precipitación media: 4000 mm. Caudal medio del río La Miel en el sitio de Presa: 29.5m ³ /seg. Caudal medio del río Guarino en el sitio de captación: 20.7 m ³ /seg.
EMBALSE	Area 2.35 km ² . Volumen total: 114.5 Mm ³ . Volumen útil: 75.3 Mm ³ . Nivel máximo: cota 1045. Nivel mínimo : cota 1000.
DESVIACION	Capacidad : 610 m ³ /seg. Longitud del túnel: 760 m. Diámetro: 8.4 m. Altura de la atagüfa 30 m.
DESVIACION DEL RIO GUARINO Y SANTO DOMINGO	Capacidad : 25 m ³ /seg. Longitud del túnel : 14.300 m. Diámetro: 3.60 m. Altura Presa: 7.0 m. Tipo de Presa: "Presa India". Presa río Santo Domingo. Altura: 3.0 m. Pozo vertical, diámetro: 2.0 m. Longitud del Pozo: 57.0 m.
REBOSADERO	Capacidad: 3300 m ³ /seg. Tipo: Un canal rectangular, 32.5 m ancho inicial y 25.0 m de ancho en la salida. Compuertas: 3 de 15.0 mH x 8.5 m L.
PRESA	Tipo: enrocado con cara de concreto. Altura: 170 m. Volumen: 5.4 Mm ³
CONDUCTOS DE CARGA	Uno. Longitud túnel superior: 8390 m. Altura del pozo: 430 m. Longitud túnel inferior: 392 m. Diámetro del sector revestido: 5.5 m. Diámetro del sector blindado: 3.5 m.
ALMENARA	Pozo elevador: Diámetro 5.0 m. Pozo superior: Diámetro 14.0 m. Altura: 102.0 m. Nivel máximo cota 1063.1. Nivel mínimo cota 970.2
CASA DE MAQUINAS	Tipo: Subterránea. Pérdida máxima de carga: 45 m. Tres turbinas tipo Pelton de eje vertical y Tres generadores de 117 mw.
TUNEL DE FUGA	Longitud: 2750 m. Diámetro: 6.0 m. Sección en herradura.
COSTO DEL PROYECTO	US\$ 242.5 millones

CONSORCIO RIO LA MIEL

CALLE 60 No. 5-53 - TELEFONOS: 499954 - 496356
BOGOTÁ - COLOMBIA

INTERDISEÑOS
SUELOS Y FUNDACIONES
GEOCOLOMBIA
CHAS. T. MAIN INTERNATIONAL INC.

Bogotá, D.E., Febrero 28 de 1980

Señor Doctor
CARLOS RODADO NORIEGA
Gerente
INSTITUTO COLOMBIANO DE
ENERGIA ELECTRICA, ICEL
La Ciudad

Estimado doctor Rodado :

Nos es grato entregar a usted el Informe de Factibilidad de Miel II en su e
dición preliminar, dando cumplimiento así a nuestros compromisos y al
plazo estipulado en el Contrato 3200-A y, posteriormente, a su ampliación
3200-B.

El Informe de Factibilidad consta de cinco volúmenes en donde se ha com-
pediado toda la información y estudios de ingeniería ejecutados durante el
desarrollo del Contrato :

Volumen I	Informe
Volumen II	Apéndice A - Hidrología Apéndice B - Estudios de Potencia y Energía
Volumen III	Apéndice C - Geología Apéndice D - Sismología Apéndice E - Materiales de Construcción
Volumen IV	Apéndice F - Esquemas del Proyecto Apéndice G - Costos, Presupuestos y Programa de Cons <u>tr</u> ucción
Volumen V	Apéndice H - Estudios Ecológicos y Socioeconómicos

De acuerdo con los resultados del estudio, el Proyecto Miel II es factible técnicamente y puede generar un bloque anual de energía firme de 1350 GWH con una capacidad instalada de 351 MW (3 unidades) con un factor de carga de 0.5. El costo aproximado del Proyecto es de US\$ 243 millones, de tal manera que el costo del kilovatio instalado es de US\$ 690 . Los anteriores datos incluyen la desviación del río Guarinó que fue encontrada indispensable para hacer atractivo el Proyecto Miel II. Uno de los beneficios importantes del Proyecto es el aumento, del orden del 25%, de la capacidad de generación de la Planta Miel I, aguas abajo.

Agradecemos el interés personal que usted ha dedicado a este Proyecto y la colaboración y valiosas sugerencias que hemos recibido de los funcionarios, tanto de ICEL como de la CHEC durante el desarrollo de los trabajos de campo y la elaboración del informe.

Con sentimientos de consideración y aprecio, quedamos de usted,

Atentos Servidores,

CONSORCIO RIO LA MIEL

RICARDO CAJIAO NAVARRO
Director

c.c. : Dr. Humberto Arango Escobar, Gerente CHEC

Anexo : Lo anunciado

RCN/adec

INDICE DE VOLUMENES

VOLUMEN I	INFORME
VOLUMEN II	APENDICE A - Hidrología APENDICE B - Estudios de Potencia y Energía
VOLUMEN III	APENDICE C - Geología APENDICE D - Sismología APENDICE E - Materiales de Construcción
VOLUMEN IV	APENDICE F - Esquemas del Proyecto APENDICE G - Costos, Presupuestos y Programas de Construcción
VOLUMEN V	APENDICE H - Estudios Ecológicos y Socio-Económicos

V O L U M E N I

INDICE GENERAL

DATOS BASICOS

CARTA REMISORIA

INDICE DE VOLUMENES

INDICE DETALLADO DEL VOLUMEN

INDICE DE CUADROS

INDICE DE FIGURAS

ABREVIATURAS

DEFINICIONES

INFORME

FIGURAS

1-0
1-1
1-2
1-3
1-4
1-5
1-6
1-7
1-8
1-9
2-0
2-1
2-2
2-3
2-4
2-5
2-6
2-7
2-8
2-9
3-0
3-1
3-2
3-3
3-4
3-5
3-6
3-7
3-8
3-9
4-0
4-1
4-2
4-3
4-4
4-5
4-6
4-7
4-8
4-9
5-0
5-1
5-2
5-3
5-4
5-5
5-6
5-7
5-8
5-9
6-0
6-1
6-2
6-3
6-4
6-5
6-6
6-7
6-8
6-9
7-0
7-1
7-2
7-3
7-4
7-5
7-6
7-7
7-8
7-9
8-0
8-1
8-2
8-3
8-4
8-5
8-6
8-7
8-8
8-9
9-0
9-1
9-2
9-3
9-4
9-5
9-6
9-7
9-8
9-9

I N D I C E

CAPITULO		PAGINA
1	INTRODUCCION	
	1.1 Generalidades	1-1
	1.2 Antecedentes	1-1
	1.3 Alcance de los Trabajos	1-3
	1.4 Estudios Anteriores	1-3
	1.5 Colaboración de Asesores Extranjeros	1-4
	1.6 Reconocimiento	1-5
2	DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO	
	2.1 Introducción	2-1
	2.2 Alternativas de Desarrollo Estudiadas	2-1
	2.3 Localización	2-2
	2.4 Características del Sitio	2-3
	2.5 Accesos	2-4
	2.6 Hidrología	2-4
	2.7 Geología y Sismología	2-6
	2.8 Minería	2-7
	2.9 Descripción del Proyecto	2-7
	2.10 Potencia y Energía	2-9
3	DESCRIPCION DE LAS OBRAS	
	3.1 Introducción	3-1
	3.2 Desviación del Río Guarinó	3-1
	3.2.1 Captación del Río Guarinó	3-2
	3.2.2 Captación del Río Santo Domingo	3-3
	3.2.3 Conducción	3-3
	3.3 Presa	3-4
	3.3.1 Descripción del Sitio	3-4
	3.3.2 Tipo de Presa	3-4
	3.3.3 Alturas de Presa Estudiadas	3-5
	3.3.4 Zonificación de la Presa	3-5

CAPITULO

PAGINA

3.3.5	Materiales de Construcción	3-7
3.3.6	Cortina de Inyecciones y Drenaje	3-7
3.4	Desviación y Descarga de Fondo	3-8
3.5	Rebosadero	3-8
3.6	Embalse	3-9
3.7	Captación y Conducción	3-9
3.7.1	Bocatoma	3-9
3.7.2	Conducción	3-9
3.8	Central	3-10
3.8.1	Descripción de las Obras	3-10
3.8.2	Equipos	3-11
3.8.3	Ventilación	3-12
3.8.4	Patio de Conexiones	3-12
3.9	Sistema de Potencia y Diagrama Unifilar	3-12
3.10	Líneas de Transmisión	3-13
3.11	Energía para la Construcción	3-13
3.12	Carreteras	3-13
3.13	Campamentos	3-14

4

ESTUDIOS HIDROLOGICOS

4.1	Generalidades	4-1
4.2	Climatología	4-1
4.2.1	Clima	4-1
4.2.2	Precipitación	4-2
4.2.3	Evaporación	4-2
4.3	Caudales	4-2
4.3.1	Registros de Caudales	4-2
4.3.2	Caudales para Estudios de Generación	4-3
4.4	Creciente de Diseño del Rebosadero	4-4

ESTUDIOS HIDROLOGICOS

4.1 Generalidades 4-1

4.2 Climatología 4-2

4.2.1 Clima 4-2

4.2.2 Precipitación 4-2

4.2.3 Evaporación 4-2

4.3 Caudales 4-3

4.3.1 Registros de Caudales 4-3

4.3.2 Caudales para Instalación de Embalse 4-3

4.4 Elementos de Diseño del Reservorio 4-4

3.13 Campamentos 3-13

3.12 Carreteras 3-12

3.11 Energía para la Construcción 3-11

3.10 Líneas de Transmisión 3-10

3.9 Uñalar 3-9

3.8 Sistema de Potencia y Distribución 3-8

3.5.4 Panto de Construcción 3-5

3.5 Ventilación 3-5

3.4 Espaldas 3-4

3.3 Descripción de las Obras 3-3

3 Central 3-3

2.1.1 Reservoiros 2-1

2.1.2 Construcción 2-1

2.1.3 Instalación de Obras 2-1

2.1.4 Instalación de Obras 2-1

2.1.5 Instalación de Obras 2-1

2.1.6 Instalación de Obras 2-1

2.1.7 Instalación de Obras 2-1

2.1.8 Instalación de Obras 2-1

2.1.9 Instalación de Obras 2-1

2.1.10 Instalación de Obras 2-1

2.1.11 Instalación de Obras 2-1

2.1.12 Instalación de Obras 2-1

2.1.13 Instalación de Obras 2-1

2.1.14 Instalación de Obras 2-1

2.1.15 Instalación de Obras 2-1

2.1.16 Instalación de Obras 2-1

2.1.17 Instalación de Obras 2-1

2.1.18 Instalación de Obras 2-1

2.1.19 Instalación de Obras 2-1

2.1.20 Instalación de Obras 2-1

4.5 Creciente de Desviación 4-4

4.6 Niveles de Agua de Fuga 4-4

4.7 Sedimentación en el Embalse 4-5

5 GEOLOGIA

5.1 Introducción 5-1

5.2 Geología General 5-1

5.2.1 Orogénesis 5-3

5.2.2 Litología 5-3

5.2.3 Tectónica 5-4

5.2.4 Minería 5-5

5.3 Ingeniería Geológica 5-5

5.3.1 Sitio de Presa 5-6

5.3.2 Rebosadero 5-7

5.3.3 Casa de Máquinas 5-7

5.3.4 Alineamiento de los Túneles 5-8

5.3.4.1 Túnel de Aducción Río Guarinó-Río La Miel 5-8

5.3.4.2 Túnel de Desviación del Río La Miel 5-10

5.3.4.3 Túneles de Carga y Fuga 5-11

5.3.4.4 Túnel de Acceso a Casa de Máquinas 5-12

5.3.5 Area de Embalse 5-12

5.4 Sismología 5-13

5.5 Investigaciones del Subsuelo 5-14

5.6 Ensayos de Agua a Presión 5-14

5.7 Materiales de Construcción 5-15

5.7.1 Materiales Impermeables 5-15

5.7.2 Materiales para Enrocamiento 5-16

5.7.3 Materiales para Concreto 5-17

5.7.4 Materiales de Construcción - Desviación del Río Guarinó 5-19

5.7.5 Materiales para Filtros 5-19

1-1	1.1.1	1.1.1.1	1.1.1.2	1.1.1.3
1-2	1.1.2	1.1.2.1	1.1.2.2	1.1.2.3
1-3	1.1.3	1.1.3.1	1.1.3.2	1.1.3.3
1-4	1.1.4	1.1.4.1	1.1.4.2	1.1.4.3
1-5	1.1.5	1.1.5.1	1.1.5.2	1.1.5.3
1-6	1.1.6	1.1.6.1	1.1.6.2	1.1.6.3
1-7	1.1.7	1.1.7.1	1.1.7.2	1.1.7.3
1-8	1.1.8	1.1.8.1	1.1.8.2	1.1.8.3
1-9	1.1.9	1.1.9.1	1.1.9.2	1.1.9.3
1-10	1.1.10	1.1.10.1	1.1.10.2	1.1.10.3
1-11	1.1.11	1.1.11.1	1.1.11.2	1.1.11.3
1-12	1.1.12	1.1.12.1	1.1.12.2	1.1.12.3
1-13	1.1.13	1.1.13.1	1.1.13.2	1.1.13.3
1-14	1.1.14	1.1.14.1	1.1.14.2	1.1.14.3
1-15	1.1.15	1.1.15.1	1.1.15.2	1.1.15.3
1-16	1.1.16	1.1.16.1	1.1.16.2	1.1.16.3
1-17	1.1.17	1.1.17.1	1.1.17.2	1.1.17.3
1-18	1.1.18	1.1.18.1	1.1.18.2	1.1.18.3
1-19	1.1.19	1.1.19.1	1.1.19.2	1.1.19.3
1-20	1.1.20	1.1.20.1	1.1.20.2	1.1.20.3
1-21	1.1.21	1.1.21.1	1.1.21.2	1.1.21.3
1-22	1.1.22	1.1.22.1	1.1.22.2	1.1.22.3
1-23	1.1.23	1.1.23.1	1.1.23.2	1.1.23.3
1-24	1.1.24	1.1.24.1	1.1.24.2	1.1.24.3
1-25	1.1.25	1.1.25.1	1.1.25.2	1.1.25.3
1-26	1.1.26	1.1.26.1	1.1.26.2	1.1.26.3
1-27	1.1.27	1.1.27.1	1.1.27.2	1.1.27.3
1-28	1.1.28	1.1.28.1	1.1.28.2	1.1.28.3
1-29	1.1.29	1.1.29.1	1.1.29.2	1.1.29.3
1-30	1.1.30	1.1.30.1	1.1.30.2	1.1.30.3
1-31	1.1.31	1.1.31.1	1.1.31.2	1.1.31.3
1-32	1.1.32	1.1.32.1	1.1.32.2	1.1.32.3
1-33	1.1.33	1.1.33.1	1.1.33.2	1.1.33.3
1-34	1.1.34	1.1.34.1	1.1.34.2	1.1.34.3
1-35	1.1.35	1.1.35.1	1.1.35.2	1.1.35.3
1-36	1.1.36	1.1.36.1	1.1.36.2	1.1.36.3
1-37	1.1.37	1.1.37.1	1.1.37.2	1.1.37.3
1-38	1.1.38	1.1.38.1	1.1.38.2	1.1.38.3
1-39	1.1.39	1.1.39.1	1.1.39.2	1.1.39.3
1-40	1.1.40	1.1.40.1	1.1.40.2	1.1.40.3
1-41	1.1.41	1.1.41.1	1.1.41.2	1.1.41.3
1-42	1.1.42	1.1.42.1	1.1.42.2	1.1.42.3
1-43	1.1.43	1.1.43.1	1.1.43.2	1.1.43.3
1-44	1.1.44	1.1.44.1	1.1.44.2	1.1.44.3
1-45	1.1.45	1.1.45.1	1.1.45.2	1.1.45.3
1-46	1.1.46	1.1.46.1	1.1.46.2	1.1.46.3
1-47	1.1.47	1.1.47.1	1.1.47.2	1.1.47.3
1-48	1.1.48	1.1.48.1	1.1.48.2	1.1.48.3
1-49	1.1.49	1.1.49.1	1.1.49.2	1.1.49.3
1-50	1.1.50	1.1.50.1	1.1.50.2	1.1.50.3
1-51	1.1.51	1.1.51.1	1.1.51.2	1.1.51.3
1-52	1.1.52	1.1.52.1	1.1.52.2	1.1.52.3
1-53	1.1.53	1.1.53.1	1.1.53.2	1.1.53.3
1-54	1.1.54	1.1.54.1	1.1.54.2	1.1.54.3
1-55	1.1.55	1.1.55.1	1.1.55.2	1.1.55.3
1-56	1.1.56	1.1.56.1	1.1.56.2	1.1.56.3
1-57	1.1.57	1.1.57.1	1.1.57.2	1.1.57.3
1-58	1.1.58	1.1.58.1	1.1.58.2	1.1.58.3
1-59	1.1.59	1.1.59.1	1.1.59.2	1.1.59.3
1-60	1.1.60	1.1.60.1	1.1.60.2	1.1.60.3
1-61	1.1.61	1.1.61.1	1.1.61.2	1.1.61.3
1-62	1.1.62	1.1.62.1	1.1.62.2	1.1.62.3
1-63	1.1.63	1.1.63.1	1.1.63.2	1.1.63.3
1-64	1.1.64	1.1.64.1	1.1.64.2	1.1.64.3
1-65	1.1.65	1.1.65.1	1.1.65.2	1.1.65.3
1-66	1.1.66	1.1.66.1	1.1.66.2	1.1.66.3
1-67	1.1.67	1.1.67.1	1.1.67.2	1.1.67.3
1-68	1.1.68	1.1.68.1	1.1.68.2	1.1.68.3
1-69	1.1.69	1.1.69.1	1.1.69.2	1.1.69.3
1-70	1.1.70	1.1.70.1	1.1.70.2	1.1.70.3
1-71	1.1.71	1.1.71.1	1.1.71.2	1.1.71.3
1-72	1.1.72	1.1.72.1	1.1.72.2	1.1.72.3
1-73	1.1.73	1.1.73.1	1.1.73.2	1.1.73.3
1-74	1.1.74	1.1.74.1	1.1.74.2	1.1.74.3
1-75	1.1.75	1.1.75.1	1.1.75.2	1.1.75.3
1-76	1.1.76	1.1.76.1	1.1.76.2	1.1.76.3
1-77	1.1.77	1.1.77.1	1.1.77.2	1.1.77.3
1-78	1.1.78	1.1.78.1	1.1.78.2	1.1.78.3
1-79	1.1.79	1.1.79.1	1.1.79.2	1.1.79.3
1-80	1.1.80	1.1.80.1	1.1.80.2	1.1.80.3
1-81	1.1.81	1.1.81.1	1.1.81.2	1.1.81.3
1-82	1.1.82	1.1.82.1	1.1.82.2	1.1.82.3
1-83	1.1.83	1.1.83.1	1.1.83.2	1.1.83.3
1-84	1.1.84	1.1.84.1	1.1.84.2	1.1.84.3
1-85	1.1.85	1.1.85.1	1.1.85.2	1.1.85.3
1-86	1.1.86	1.1.86.1	1.1.86.2	1.1.86.3
1-87	1.1.87	1.1.87.1	1.1.87.2	1.1.87.3
1-88	1.1.88	1.1.88.1	1.1.88.2	1.1.88.3
1-89	1.1.89	1.1.89.1	1.1.89.2	1.1.89.3
1-90	1.1.90	1.1.90.1	1.1.90.2	1.1.90.3
1-91	1.1.91	1.1.91.1	1.1.91.2	1.1.91.3
1-92	1.1.92	1.1.92.1	1.1.92.2	1.1.92.3
1-93	1.1.93	1.1.93.1	1.1.93.2	1.1.93.3
1-94	1.1.94	1.1.94.1	1.1.94.2	1.1.94.3
1-95	1.1.95	1.1.95.1	1.1.95.2	1.1.95.3
1-96	1.1.96	1.1.96.1	1.1.96.2	1.1.96.3
1-97	1.1.97	1.1.97.1	1.1.97.2	1.1.97.3
1-98	1.1.98	1.1.98.1	1.1.98.2	1.1.98.3
1-99	1.1.99	1.1.99.1	1.1.99.2	1.1.99.3
1-100	1.1.100	1.1.100.1	1.1.100.2	1.1.100.3

6	COSTOS, PRESUPUESTOS Y PROGRAMAS DE CONSTRUCCION	
6.1	Generalidades	6-1
6.2	Precios Unitarios	6-1
6.2.1	Deducción de Precios Unitarios	6-1
6.2.2	Adopción de Precios Unitarios	6-2
6.2.3	Componente en Moneda Local y Moneda Extranjera	6-2
6.3	Presupuestos de Construcción	6-3
6.4	Programa de Construcción y Fabricación de Equipos	6-3
6.5	Programa de Desembolsos	6-4
6.6	Costos Anuales de Operación y Mantenimiento	6-4
7	ESTUDIOS DE POTENCIA Y ENERGIA	
7.1	Introducción	7-1
7.2	Alternativas Estudiadas	7-1
7.3	Operación del Embalse	7-2
7.3.1	Generalidades	7-2
7.3.2	Modelo de Simulación	7-2
7.3.3	Desembalse Optimo	7-2
7.3.4	Características de Operación	7-2
7.4	Potencia Continua	7-3
7.5	Capacidad Instalada	7-3
7.6	Energía Firme y Energía Promedio	7-3
7.7	Efecto sobre el Proyecto Miel I	7-4
7.8	Costos de Energía Firme, Energía Promedio y Capacidad Instalada	7-4
8	ESTUDIOS ECOLOGICOS Y SOCIO-ECONOMICOS	
8.1	Generalidades	8-1
8.2	Aspectos Ecológicos	8-1
8.3	Aspectos Socioeconómicos	8-2

1-1	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	1-7	1-8	1-9	1-10	1-11	1-12	1-13	1-14	1-15	1-16	1-17	1-18	1-19	1-20	1-21	1-22	1-23	1-24	1-25	1-26	1-27	1-28	1-29	1-30	1-31	1-32	1-33	1-34	1-35	1-36	1-37	1-38	1-39	1-40	1-41	1-42	1-43	1-44	1-45	1-46	1-47	1-48	1-49	1-50	1-51	1-52	1-53	1-54	1-55	1-56	1-57	1-58	1-59	1-60	1-61	1-62	1-63	1-64	1-65	1-66	1-67	1-68	1-69	1-70	1-71	1-72	1-73	1-74	1-75	1-76	1-77	1-78	1-79	1-80	1-81	1-82	1-83	1-84	1-85	1-86	1-87	1-88	1-89	1-90	1-91	1-92	1-93	1-94	1-95	1-96	1-97	1-98	1-99	1-100
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	-------

9	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
9.1	Conclusiones	9-1
9.2	Recomendaciones	9-3

V O L U M E N I

INDICE DE CUADROS

CAPITULO		PAGINA
2-1	Potencia, Energía y Costos	2-11
3-1	Información Básica	3-15
6-1	Presupuesto Nivel de Embalse 1045 $f_p = 0.5$	6-6
6-2	Programa de Inversiones Nivel de Embalse 1045 - $f_p = 0.5$	6-12
6-3	Costos Anuales de Operacion y Mantenimiento Nivel de Embalse 1045	6-13
7-1	Potencia y Energía - Proyecto Miel II	7-5
7-2	Potencia y Energía Operación Conjunta Miel I y Miel II	7-6
7-3	Costos de Energía y Capacidad Instalada	7-7

V O L U M E N I

INDICE DE FIGURAS

1. Localización General del Proyecto
2. Isoyetas Medias Anuales e Información Hidrológica
3. Disposición General de las Obras
4. Embalse
5. Mapa Geológico General
6. Geología de la Zona de Embalse
7. Geología de la Zona de Presa
8. Geología del Túnel de Carga
9. Mapa Geológico de las Alternativas A y B del Túnel de Aducción del Río Guarínó
10. Cortes Geológicos a lo largo de las Alternativas A y B del Túnel de Aducción del Río Guarínó
11. Presa y Obras Anexas Planta General
12. Presa, Cortes y Detalles
13. Inyecciones y Galerías de Drenaje
14. Rebosadero, Planta y Cortes
15. Túnel de Desviación y Descarga de Fondo, Cortes-Detalles
16. Conducción Localización Planta - Perfil

17. Bocatoma Conducción y Almenara, Cortes y Detalles
18. Desviación Río Guarinó Alternativas Estudiadas Planta-Perfil-Cortes
19. Captación Río Guarinó Planta - Cortes - Detalles
20. Captación Río Santo Domingo Planta - Cortes - Detalles
21. Central - Localización General
22. Casa de Máquinas Planta y Cortes
23. Diagrama Unifilar
24. Programa de Construcción
25. Variación de la Energía Firme y la Energía Promedio Proyecto Miel II sin la Desviación del Río Guarinó
26. Variación de la Energía Firme y la Energía Promedio Proyecto Miel II con la Desviación del Río Guarinó
27. Variación de Costos de Energía Firme y Capacidad Instalada

ABREVIATURAS Y UNIDADES

	Pesos Colombianos	\$
	Dólares Americanos	US\$
	Milésimas de US\$	Mils
	Metro	m
	Metro cuadrado	m ²
	Milímetro	mm
	Kilómetro	km
	Kilómetro cuadrado	km ²
	Hectárea	ha
	Metro cúbico	m ³
	Millón de metros cúbicos	Mm ³
	Metro cúbico por segundo	m ³ /s
	Kilogramo	kg
	tonelada métrica	ton
	Kilovoltio	kV
	Kilovoltio amperio	kVA
	Kilovatio	kW
	Kilovatio-hora	kWh
	Megavatio	MW
	Megavoltio amperio	MVA
	Gigavatio hora	GWh
	Caballos de fuerza	hp
	Suma Global	S.G.
	Partes por millón	ppm
	Grado centígrado	°C
	Revoluciones por minuto	rpm
	Factor de planta	fp
	Litros por segundo	l/s

DEFINICIONES

Período Hidrológico Crítico	El tiempo durante el cual el caudal tiene una probabilidad del 94% de ser excedido.
Período Hidroeléctrico Crítico	Período durante el cual las limitaciones de suministro de potencia hidroeléctrica, debida a deficiencia de agua son críticas con respecto a las cargas del sistema.
Potencia Continua	Potencia hidroeléctrica continuamente disponible en las condiciones hidrológicas más adversas.
Capacidad Confiable	Capacidad de producción de una planta a la cota mínima del embalse.
Capacidad Instalada	La capacidad continua a plena carga de los generadores u otro equipo eléctrico bajo condiciones fijadas por el fabricante. Se indica generalmente en una placa adjunta al equipo.
Capacidad de Pico	Máxima potencia que puede producir una planta durante un intervalo de tiempo determinado y bajo ciertas condiciones de operación de sus componentes.
Capacidad Nominal	Límites impuestos a las condiciones de operación de una máquina, aparato o equipo con base en sus características de diseño.
Potencia o Capacidad	Producción o demanda instantánea medida en kilovatios o megavatios.
Potencia Firme en el año Crítico	Potencia disponible el 100% del tiempo en el año de suministro adverso de agua.

Energía

Efecto de la potencia que actúa durante un período de tiempo. Se mide en kilovoltios-hora o gigavatios-hora.

Energía Firme en el año Crítico

Es producción continua de energía que podría obtenerse de un sistema durante un período de caudales mínimos.

Cap

Se define también como la energía disponible en el año de suministro adverso de agua.

Energía Secundaria

Es la energía en exceso de la firme, únicamente en condiciones hidrológicas favorables, y que de no ser generada se verterá.

Cap

Tran

Energía Promedio

Promedio de energía en el período considerado.

Factor de Planta

Relación que existe entre la carga promedia de la planta; para el período considerado, y la capacidad nominal de los generadores instalados en la planta.

Cap

Caudal

Factor de Potencia

Relación que existe entre kilovatios y kilovoltio-amperios. También se define como el coseno del ángulo de fase entre el voltaje y la corriente.

Salto

Factor de Carga

Relación de la carga promedio que ocurre en el período considerado y la carga pico en el mismo período.

Demanda

Carga en los terminales de una instalación o sistema, promediada durante un intervalo específico de tiempo (intervalo de demanda).

Carga Base

La carga mínima de un período determinado.

Generación Neta

Generación total menos la utilizada en la planta.

Carga Pico

La carga máxima consumida o producida por la planta o unidad en un período determinado.

Planta de Pico

Planta que se opera para obtener el pico de la carga.

Caudal Regulado

La descarga regulada del embalse durante un período específico.

Reserva del Sistema

La capacidad del sistema adicional en exceso de la requerida para absorber la carga pico.

Capacidad de la Línea de Transmisión

Máxima capacidad nominal continua de una línea de transmisión. Puede estar limitada por consideraciones térmicas, capacidad del equipo complementario, regulación del voltaje estabilidad del sistema u otros factores.

Cota

Elevación, expresada en metros, referenciada a nivel del mar.

Caudal Nominal

Caudal de diseño de las turbinas.

Salto Neto Nominal

Salto cabeza de diseño de las turbinas.

capítulo 1

introducción

CAPITULO I

INTRODUCCION

1.1 GENERALIDADES

Los estudios de factibilidad técnica del Proyecto Hidroeléctrico La Miel II se ejecutaron en cumplimiento del Contrato 3200-A y su ampliación 3200-B, celebrado entre el Instituto Colombiano de Energía Eléctrica, ICEL, y un Consorcio formado por las firmas Interdiseños Ltda.-Suelos y Fundaciones Ltda. y Geocolombia Ltda. firmados el 19 de febrero de 1978 y el 15 de octubre de 1979 respectivamente. Estos contratos modificaron el contrato principal 3200 del 19 de enero de 1976 cuyo objeto era la ejecución de estudios de prefactibilidad y factibilidad de los posibles aprovechamientos hidroeléctricos dentro de la hoya del río La Miel y hoyas vecinas.

La financiación de los estudios provienen de los préstamos FO-178 y FO-178A otorgados por el Fondo Nacional de Proyectos de Desarrollo, FONADE, al Instituto Colombiano de Energía Eléctrica, ICEL y a la Central Hidroeléctrica de Caldas, S. A., CHEC, y de apropiaciones presupuestales de estos organismos.

1.2 ANTECEDENTES

Mediante el Contrato 3200 el ICEL y la CHEC encargaron al Consorcio Colombiano y a la firma asesora extranjera Chas T. Main International, la ejecución de los estudios e investigaciones necesarias para evaluar el potencial hidroeléctrico de las hoyas de los ríos La Miel, Manso y Samaná Sur, en el Departamento de Caldas, e identificar los sitios para posibles desarrollos. Este contrato contempla la ejecución de los estudios en tres etapas a saber: Etapa A, Reconocimiento y Estudios Preliminares; Etapa B, Estudios de Prefactibilidad Técnica de los Aprovechamientos Seleccionados en la Etapa A; y Etapa C, Estudio de Factibilidad Técnica de los Aprovechamientos Hidroeléctricos Seleccionados en la Etapa B.

En desarrollo de la Etapa A, el Consorcio ejecutó los reconocimientos de campo y estudios preliminares respectivos, mediante los cuales se identificaron en la hoya 15 posibles aprovechamientos hidroeléctricos, de los cuales cuatro proyectos mayores son económicamente atractivos; dos en la hoya del río La Miel y denominados Miel I y Miel II y dos en la hoya del río Samaná Sur. Los resultados, conclusiones y recomendaciones de los trabajos de la Etapa A, se presentaron al ICEL y la CHEC en el informe titulado "Identificación y Evaluación de posibles Aprovechamientos Hidroeléctricos del río La Miel y Hoyas Vecinas", de enero de 1977.

De acuerdo con los resultados de ese informe y según las recomendaciones de FONADE, fué necesario modificar el alcance de las etapas B y C a fin de estudiar en la Etapa B la factibilidad técnica del Proyecto Miel I en un lapso de 12 meses y la pre factibilidad y factibilidad técnicas unidas del Proyecto Miel II y Guarinó en 18 meses. Por otra parte, por razones de índole fiscal, la firma asesora Chas T. Main International se retiró de los estudios, por lo cual ICEL-CHEC encomendaron a las firmas colombianas la continuación de los estudios.

En cumplimiento de la Etapa B modificada, el Consorcio, con la asesoría de destacados consultores extranjeros individuales, ejecutó todas las investigaciones de campo y oficina necesarias para determinar la factibilidad técnica del Proyecto Miel I. Los resultados de estos estudios se presentaron a ICEL-CHEC en el informe "Factibilidad Técnica, Proyecto Miel I" en febrero de 1979, cumpliendo en esta forma las obligaciones y plazos contractuales.

Debido a circunstancias de fuerza mayor ajenas al control del Consorcio, causadas por condiciones meteorológicas desfavorables para la toma de fotografías aéreas con destino a la cartografía, y previa aprobación del ICEL, fué necesario modificar el Contrato 3200-A para extender el plazo de los trabajos hasta el 28 de febrero de 1980 sin modificar el monto de los mismos mediante el contrato 3200B del 15 de octubre de 1979.

En cumplimiento del Contrato 3200-A y su ampliación 3200-B y de conformidad con el alcance de la Etapa B modificada, se

presentan en este informe al ICEL y a la CHEC los resultados de los estudios de factibilidad técnica del Proyecto Miel II.

1.3 ALCANCE DE LOS TRABAJOS

Según lo establecido en los Términos de Referencia del Contrato 3200 y sus modificaciones 3200-A y 3200-B, el alcance de los trabajos de la Etapa B modificada es el siguiente:

- Estudios de hidrometeorología y sedimentos.
- Trabajos de topografía, cartografía y geodesia.
- Estudios de geología, sismología, suelos y materiales de construcción.
- Determinación de precios unitarios.
- Esquemas de proyecto, alternativas y presupuestos.
- Estudios de generación y potencia.
- Estudios ecológicos y socio-económicos.
- Vías de comunicación.
- Programas de construcción.
- Programas de desembolsos.

De conformidad con lo anterior, los estudios se limitaron a de terminar la factibilidad técnica del proyecto sin hacer la evalua ción económica de sus beneficios ni el análisis económico del mismo.

1.4 ESTUDIOS ANTERIORES

Los posibles aprovechamientos hidroeléctricos de las hoyas de los ríos La Miel y Samaná Sur han sido materia de estudio desde 1960 por parte de la Central Hidroeléctrica de Caldas, CHEC. Toda la información obtenida desde esa fecha ha quedado consig nada en los siguientes informes:

- Proyecto de Tres Ríos y Risaralda - Informe Preliminar SYNDIBEL, 1977.
- Posibles Fuentes de Energía Hidroeléctrica en el Antiguo Departamento de Caldas, CHEC, mayo de 1971.
- Proyecto La Miel - Informe Preliminar - SINDIBEL, 1971
- Desarrollo Hidroeléctrico del Río La Miel, trabajos ejecutados por la CHEC y Programa General de Estudios, CHEC diciembre de 1973.
- Desarrollo Hidroeléctrico del Río La Miel y sus Afluentes, Informe General, CHEC, diciembre de 1974.
- Estudio de Sistema Eléctrico, Mejía Villegas Ltda., 1976.
- Desarrollo Hidroeléctrico del Río La Miel y Hoyas Vecinas, Informe sobre Identificación y Evaluación de Posibles Aprovechamientos Hidroeléctricos. Interdiseños-Suelos y Fundaciones-Geocolombia y Chas T. Main International Inc., enero de 1977.
- Desarrollo Hidroeléctrico del Río La Miel - Informe de Factibilidad Técnica, Proyecto Miel I. Interdiseños-Suelos y Fundaciones-Geocolombia, junio de 1979.

1.5 COLABORACION DE ASESORES EXTRANJEROS

Para la ejecución de los estudios el ICEL, la CHEC y el Consorcio Colombiano, consideraron conveniente la vinculación de consultores extranjeros de reconocida capacidad y **experiencia** profesional en cada uno de sus campos de especialización. En consecuencia, durante la Etapa B modificada, participaron en los estudios los siguientes asesores:

- Hidrología y Meteorología:
Mr. Phillip Light, consultor independiente. Sain Louis, Missouri, USA.
- Modelos Matemáticos:
Dr. Guillermo Owen Salazar, Ph.D de la Universidad de Princeton, quien es actualmente asesor del Instituto SER de Investigación en Bogotá.

- Geología:
Dr. Richard E. Goodman, profesor de la Universidad de California, Berkeley, USA.
- Presas y Esquemas Básicos:
Dr. Raúl J. Marsal, profesor de la Universidad Nacional Autónoma de México e investigador del Instituto de Ingeniería de esa universidad y diseñador de numerosas presas y centrales hidroeléctricas en México.

1.6 RECONOCIMIENTO

El Consorcio Colombiano quiere reconocer y agradecer la colaboración que en todo momento durante la ejecución de los estudios, recibió de los ingenieros de ICEL y la CHEC y las valiosas observaciones y sugerencias que formularon estos profesionales en beneficio de los estudios.

capítulo 2

descripción general

del proyecto

El presente capítulo describe el proyecto de construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Bogotá, D.C. El proyecto tiene como objetivo principal mejorar la calidad del agua que se vierte en el río Bogotá, y así contribuir a la protección del medio ambiente y la salud pública.

El proyecto se divide en tres etapas principales: la construcción de la planta de tratamiento, la instalación de los equipos y la puesta en marcha. La planta de tratamiento tendrá una capacidad de 10 millones de litros por día y estará ubicada en el barrio de Chaparral, en la ciudad de Bogotá.

El sistema de tratamiento de aguas residuales que se propone en este proyecto está basado en el método de lodos activados, el cual es uno de los más utilizados en el mundo. Este método consiste en la oxidación biológica de la materia orgánica presente en el agua residual, mediante la acción de bacterias y otros microorganismos. El agua tratada se puede reutilizar para riego o para otros fines, lo que contribuye a la conservación de los recursos hídricos.

El costo estimado del proyecto es de \$1.5 millones de dólares, los cuales serán financiados por el gobierno de Bogotá y el gobierno nacional. Se espera que el proyecto sea concluido en un plazo de 18 meses.

DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO

2.1 INTRODUCCION

En este capítulo se describen las características generales del proyecto y las distintas alternativas estudiadas; se presenta además una información breve y general sobre la hidrología, la geología, las características sísmicas de la zona y las distintas obras que componen el proyecto.

En capítulos posteriores de este mismo volumen se amplía la información relacionada con las obras, y en los apéndices se presenta en detalle los estudios y trabajos efectuados junto con los resultados obtenidos que sirvieron para la elaboración de los esquemas y especialmente para el proyecto básico que se presenta en este informe.

2.2 ALTERNATIVAS DE DESARROLLO ESTUDIADAS

El Proyecto Miel II se estudió como proyecto único, aprovechando solamente los caudales del río La Miel en el sitio de confluencia con el río Pensilvania y como proyecto integrado, con la desviación del río Guarinó para aprovechar el aporte de caudales de esa hoya y los del río Santo Domingo. En el Capítulo 7, Estudios de Potencia y Energía, se presenta un análisis de las alternativas de generación del Proyecto Miel II para los dos casos citados. Los resultados de los estudios demostraron que la desviación del río Guarinó significa para todas las alternativas de presa consideradas, aumentos importantes en la producción de energía firme y reducción considerable en los costos de generación y de la capacidad instalada. Por ejemplo, para la alternativa con nivel máximo normal de embalse a la cota 1045 y factor de planta de 0.5, la desviación del río Guarinó representa un incremento del orden del 50% en la producción de energía firme, con respecto a la que se obtendría en este mismo proyecto sin la desviación.

El proyecto se encuentra ubicado sobre el flanco oriental de la Cordillera Central a unos 30 km aguas arriba de Proyecto Miel I. Esta información se resume en los cuadros presentados en los Capítulos 6 y 7 de este informe.

El río La Miel tiene un salto total de 435 metros entre el sitio de presa de Miel II a la cota 880 y el embalse de Miel I a la cota 445, pues la mayor parte del salto, unos 300 metros aproximadamente, ocurre en un primer tramo donde existe una gran curva y el río tiene mayor pendiente. Esta característica especial motivó que se estudiara el aprovechamiento de únicamente ese salto parcial, por medio de un túnel relativamente corto, de unos cuatro kilómetros de longitud, pero los análisis económicos demostraron que es necesario desarrollar la caída total del río entre los puntos descritos anteriormente. De acuerdo con este criterio, se estudiaron varias alternativas para la localización del portal de salida del túnel de fuga, como se explica en el Apéndice F. El proyecto más conveniente se definió por medio de una evaluación económica de las varias alternativas, con la cual se demostraron también las ventajas que ofrece la desviación del Guarínó, ya que los parámetros económicos del proyecto se mejoran notablemente al aprovechar un mayor salto con caudales mayores.

Para optimizar el esquema de desarrollo del salto total se estudiaron también varias alturas de presa. Aunque con presas más altas se logra una mayor regulación del caudal, existe un punto en la curva de regulación, más alto del cual no resulta conveniente subir la presa, ya que los incrementos de altura son muy pequeños comparados con el salto total y por lo tanto no son significativos económicamente. Por otra parte, la presa más baja tampoco es la más económica, pues no permite una regulación adecuada del caudal.

Las distintas características de las alternativas estudiadas se presentan en detalle en el Apéndice F.

La decisión final sobre el esquema definitivo deberá basarse en un análisis económico detallado del proyecto. Aunque todas las alternativas estudiadas son técnicamente factibles, el esquema presentado en este informe se ha seleccionado como el más atractivo porque además de su factibilidad técnica, presenta ventajas de costo respecto a los otros, con base en los estudios ejecutados.

2.3

LOCALIZACION

El proyecto se encuentra localizado sobre el flanco oriental de la Cordillera Central a unos 30 km aguas arriba del Proyecto Miel I,

y a unos 60 km de la desembocadura en el río Magdalena, al oriente del Departamento de Caldas en una región comprendida por los municipios de La Victoria, Marquetalia y Samaná. Geográficamente el área está comprendida entre 74°50' y 75°25' de longitud oeste y entre 5°15' y 5°30' de latitud norte.

El desarrollo del proyecto seleccionado se inicia inmediatamente aguas abajo de la confluencia de los ríos Pensilvania y La Miel. La presa se encuentra localizada unos 500 m aguas abajo de dicha confluencia a la altura de la cota 880, la casa de máquinas subterránea se encuentra a la cota 469 en la margen izquierda del río, aguas arriba de la confluencia de la Quebrada Tasajos y la descarga del túnel de fuga se hace inmediatamente aguas arriba del embalse de Miel II a la cota 462.

En la Figura 1 se muestra la localización general del proyecto. Es importante destacar su localización privilegiada con respecto a los grandes centros de consumo de energía eléctrica del país, Bogotá, Cali y Medellín de una parte y por otra al Centro de Despacho Nacional del Sistema interconectado en la Esmeralda.

2.4

CARACTERISTICAS DEL SITIO

En el sitio del proyecto se aprovechan además del caudal del río La Miel los aportes de los ríos Tenerife y Pensilvania ya que, inmediatamente aguas abajo de su confluencia, se ha localizado el sitio de presa, en un cañón en V, estrecho y simétrico con pendientes transversales de 47°.

El río en el sitio de presa está a la cota 880 y hasta unos cinco kilómetros aguas abajo mantiene una pendiente promedio de 4%; de ahí en adelante continúa con 1.6% de pendiente y en los últimos cinco kilómetros hasta la salida del túnel de fuga a la cota 460, la pendiente se reduce al 0.8%.

El valle que forma el río La Miel, por la margen derecha alcanza la cota 1600 que delimita la divisoria de aguas entre los ríos La Miel y Guarinó; por la margen izquierda alcanza la cota 1900 en la divisoria de aguas de los ríos Tenerife y Moro.

La Planta aprovechará además de la altura de la presa, el salto

natural del río de 418 m entre las cotas 880 y 462 correspondientes al sitio de presa y descarga del túnel de fuga respectivamente.

2.5 ACCESOS

La zona del Proyecto Miel II y el sitio mismo de las obras cuentan con una red de vías y medios de comunicación que permiten el acceso terrestre, fluvial y aéreo, como puede apreciarse en la Figura 1.

Desde la capital de la República se llega a la zona del proyecto por la carretera Bogotá-Honda-La Victoria-Marquetalia cuyo recorrido es de 210 km de los cuales 185 están pavimentados. En el sitio de Cañaveral, a siete kilómetros de La Victoria, se desprende el ramal hacia la población de Samaná, desde el cual y a 1.5 km de Cañaveral, será necesario construir 10.1 km de carretera para llegar al sitio de campamentos, casa de máquinas e instalaciones administrativas, obra que incluye un puente sobre la quebrada Tassajos. Para llegar al sitio de presa se construirá una carretera que arranca en el kilómetro 7, de la vía Marquetalia-Bolivia, sobre un trayecto de 4.5 km incluyendo un puente sobre el río La Miel. La distancia desde Manizales a la zona por la vía de Mariquita es de 210 km, de los cuales 170 están pavimentados, también existe la ruta por Petaqueros-Manzanares para llegar al proyecto del Guarinó. Los proyectos Miel I y Miel II quedarían conectados por la nueva carretera Cañaveral-La Pradera-Miel I cuya longitud es de 29 km.

Para la comunicación de la zona del proyecto con la costa norte existen además la vía fluvial del río Magdalena de La Dorada a Barranquilla y el ferrocarril de La Dorada a Santa Marta, vías que serán de vital importancia durante la construcción de las obras.

No existe transporte aéreo desde el sitio del proyecto con las ciudades de Bogotá y Manizales, pero el aeropuerto de Mariquita adecuado para pequeños aviones; está convenientemente ubicado para servir de estación entre estas capitales y la red de carreteras locales descrita.

2.6 HIDROLOGIA

Los aspectos de hidrología, meteorología y sedimentos se presen

tan en detalle en el Capítulo 4. A continuación se hace un resumen de las principales características hidrológicas del Proyecto Miel II.

La hoya hidrográfica cubre una superficie de 929 km², de los cuales 363 km² corresponden al río La Miel, en el sitio de presa de Miel II, y 566 km² al río Guarinó, en el sitio de las obras de captación.

Las variaciones orográficas originan varios pisos térmicos entre los cuales se destacan el de clima templado cuyas elevaciones fluctúan entre 800 y 1500 metros sobre el nivel del mar, con temperaturas promedio de 17.5° a 23°C y el clima frío entre los 1500 y 3400 metros sobre el nivel del mar y temperaturas promedio de 10° a 17°C.

La precipitación ocurre en dos estaciones lluviosas que corresponden a los meses de abril a mayo y de octubre a noviembre, con un período seco en julio.

La precipitación media anual es de 4000 mm al año, con variaciones entre 2500 mm a 6000 mm. Las mayores lluvias ocurren hacia la confluencia de los ríos Pensilvania y La Miel, donde se presentan tormentas de corta duración en las cuales el 80% de la lluvia cae en las primeras cinco horas.

Los caudales medios del proyecto son de 29.5 m³/seg para el río La Miel en el sitio de presa y de 20.7 m³/seg para el Guarinó en el sitio de captación.

La creciente máxima probable que se determinó para diseño del rebosadero de La Miel II tiene un pico de 4000 m³/s y la creciente de desviación para un período de retorno de 25 años, tiene un pico de 610 m³/seg. Para la creciente máxima probable de la captación del Guarinó se calculó un pico de 4200 m³/seg. La sedimentación en el embalse de La Miel II ocurrirá a una tasa estimada de 366.000 m³/año, para un total de 18.2 millones de metros cúbicos, durante los 50 años de vida útil del proyecto.

El Proyecto Miel II está localizado en la parte baja del plano oriental de la Cordillera Central de Colombia, donde se distinguen dos sistemas geológicos principales:

- Un complejo metamórfico de edad Paleozoica Inferior intruido por rocas plutónicas del Cretáceo y Terciario. Este complejo constituyó la penillanura del flanco oriental de la Cordillera Central.
- Estratos litificados del Terciario y depósitos Cuaternarios no consolidados, que yacen discordantemente sobre el complejo metamórfico. El espesor tanto del Terciario como del Cuaternario aluvial aumentan en dirección al este hacia el valle del río Magdalena.

El estilo tectónico de la región lo definen los cinturones metamórficos replegados, cuyos ejes se desarrollan en una dirección principal sur-norte y que quedan limitados por fallas direccionales de rumbo similar o sureste-noroeste. El principal fenómeno tectónico que afecta la región está constituido por la Falla Palestina y sus fallas satélites.

La zona de embalse está constituida por varias unidades del complejo metamórfico, cubiertos en parte por depósitos cuaternarios de origen diverso. El embalse presenta buenas condiciones de impermeabilidad, tanto por la composición de las rocas metamórficas como por la ausencia de horizontes calcáreos en el área inundada.

Los principales cuerpos plutónicos de la zona estudiada son el complejo ígneo de Samaná; el intrusivo de La Miel, el stock de La Bella y el intrusivo de El Silencio.

Los estudios de sismicidad determinaron que para la zona de las obras se pueden esperar aceleraciones del orden de 0.25 g horizontal y 0.15 g vertical.

2.8

MINERIA

No existe explotación minera en el área inundada por el Proyecto Miel II. En sus cercanías, sin embargo existen manifestaciones y/o explotaciones abandonadas de oro, plata y sulfuros.

2.9

DESCRIPCION DEL PROYECTO

A continuación se hace una breve descripción de las obras del proyecto para la alternativa con nivel máximo normal de embalse a la cota 1045 y factor de planta de 0.5, cuyas características principales se muestran en las Figuras 11 a 22.

La presa será de enrocado con cara de concreto, con su cresta a la cota 1050, altura máxima de 170 metros y un volumen de relleno de 5.4 millones de metros cúbicos. El embalse creado tendrá una capacidad total de 120.7 millones de metros cúbicos, de los cuales 75.3 millones corresponden al embalse útil entre las cotas 1045 y 1000. El área inundada será de 2.35 km².

Las obras de desviación se diseñaron para manejar una creciente de 610 m³/s con un período de retorno de 25 años. Estas obras consisten en una ataguía de 30 m de altura y un túnel de desviación por la margen izquierda de 760 m de longitud, sección en herradura modificada de 8.40 x 8.40 m y pendiente del 3.7%. El túnel tendrá revestimiento de concreto únicamente en la solera.

Terminadas las obras se colocará una válvula Howell-Bunger de 72" en el tapón del túnel la desviación, cuya finalidad es permitir el desembalse completo para inspección y eventuales reparaciones en la cara de concreto de la presa.

El rebosadero está situado en el estribo izquierdo y se diseñó para un caudal máximo de 3300 m³/s. Consiste en un canal de aducción a la cota 1027, una estructura de control con tres compuertas radiales de 15 m de altura por 8.5 m de ancho y un canal de descarga rectangular que termina en un salto de esquí. La sección del canal tiene un ancho variable que es de 35 m en su extremo superior y se reduce a 25 m a la salida. La longitud del canal de descarga es de 125 m.

Las obras de conducción hasta la central constan de los siguientes elementos: una bocatoma situada en el estribo izquierdo a la cota 980; un túnel de carga superior de 8390 m de longitud y sección en herradura modificada de 2.75 x 2.75 m, revestido en concreto neumático y con solera de concreto; una almenara de sección circular de 14 m de diámetro, revestida en concreto y situada en la abscisa K 8 + 320 y a la cota 945; un pozo vertical de carga de sección circular de 5.5 m de diámetro también revestido en concreto que va de la cota 945 a la 515; y finalmente un túnel inferior de carga, de sección circular de 5.5 m de diámetro, cuya longitud de 492 m tendrá revestimiento de concreto en los primeros 392 m y blindaje de acero en los últimos 100 metros.

La casa de máquinas es subterránea y está situada en la margen izquierda del río, a la cota 469. Los equipos de generación constan de tres unidades de 117 mw cada una, movidas por ruedas Pelton, para una capacidad instalada de 351 mw con factor de planta de 0.5. Esta central operará bajo una cabeza neta nominal de 557.2 m y para un caudal de diseño de 73.8 m³/s. La central estará conectada por líneas de transmisión a 230 kv con el Proyecto Miel I y con la subestación de La Enea en Manizales.

El túnel de fuga funcionará a flujo libre, tiene una longitud de 2.750 metros y su sección es en herradura modificada de 3.0 x 3.0 m, revestido en concreto neumático únicamente en los tramos en que las condiciones geológicas lo exijan. La pendiente del túnel es de 0.3% y descargará en el río La Miel a la cota 462.

Se contemplan así mismo las obras de desviación del río Guarinó al embalse, las cuales constan esencialmente de estructuras de captación en los ríos Guarinó y Santo Domingo y de un túnel de conducción que descarga en el embalse. La captación del Guarinó se localizó a 3.5 km aguas arriba de la confluencia del río Santo Domingo y es una presa derivadora del tipo "india" situada en la cota 1098.5. Las obras de toma están sobre la margen izquierda y constan de un canal de aducción y su estructura de toma, que tiene una compuerta de control y tablonés de cierre. Para la evacuación de los sedimentos se construirá un canal lateral controlado por compuertas y diseñado para una velocidad de arrastre de 10 m/s.

La captación del río Santo Domingo constará de una presa derivadora de tipo similar a la del Guarinó, ubicada un kilómetro aguas

arriba de la confluencia de la quebrada Las Palomas, a la cota 1151. La estructura de toma tiene un canal de aducción horizontal y un pozo vertical de 2 m de diámetro y 57 m de profundidad que descarga en el túnel de conducción que va de la captación del Guarinó al embalse de Miel II.

El túnel de conducción del Guarinó que funcionará a flujo libre, tiene 14.3 km de largo, una pendiente del 2.4 por mil y sección de 3.60 m de diámetro. El caudal máximo de diseño es de 25 m³/s y el caudal medio combinado, proveniente de ambos ríos, se estimó en 19.4 m³/s. El túnel descarga en el embalse de Miel II a la cota 1062, a unos 300 metros aguas arriba del extremo superior del vaso.

2.10 POTENCIA Y ENERGIA

Para evaluar la energía firme, la energía promedio, la potencia continua y la capacidad instalada del proyecto se estudiaron cuatro alternativas de altura de presa para las cuales se consideró el aprovechamiento del río La Miel, únicamente y además con la desviación del río Guarinó. Se evaluaron así mismo los efectos que sobre el proyecto Miel I tendría cada una de las alternativas mencionadas. En el Apéndice B se presenta en forma detallada los resultados de estos estudios, así como la metodología y los criterios básicos para su desarrollo.

La operación de los embalses se simuló utilizando para ello series hidrológicas estocásticas de 500 años obtenidas para Miel II, Miel I y el río Guarinó; con base en esta operación se determinaron los valores de la potencia continua, la energía firme, la energía promedio y la capacidad instalada.

Para la alternativa de altura de presa seleccionada, con nivel de embalse a la cota 1045 la capacidad instalada es de 351 mw, la energía firme de 1350 gwh/año y la energía promedio de 1920 gwh/año.

En el Cuadro 2-1 se muestran los resultados obtenidos para los niveles de embalse estudiados.

Cabe destacar la importancia que reviste la desviación del río Gua

rinó pues representa incrementos en la producción de energía firme de 55% y 26% en Miel II y Miel I respectivamente. Por otra parte, del análisis de los resultados de la operación a largo plazo de los dos embalses, se puede concluir que el embalse del Proyecto Miel II no tiene ningún efecto sobre la producción de energía en el Proyecto Miel I.

1-5 010703

CUADRO 2-1

POTENCIA, ENERGIA Y COSTOS

Nivel Máximo de Embalse msnm	Factor de Planta	Energía Firme gwh	Energía Promedio gwh	Capacidad Instalada mw	Energía Firme* US Mils/kwh	Energía Promedio* US Mils/kwh	Capacidad Instalada US/kw	Costos Totales de Construcción Millones US
1005	0.6	929	1730	190	23.7	12.7	945	180
1005	0.5	929	1730	228	24.8	13.3	821	187
1005	0.4	929	1730	285	26.2	14.1	695	198
1025	0.6	1155	1861	243	22.3	13.9	867	211
1025	0.5	1155	1861	291	23.3	14.5	755	220
1025	0.4	1155	1861	364	25.3	15.7	637	232
1045	0.6	1354	1919	292	21.1	14.9	792	233
1045	0.5	1354	1919	351	22.0	15.5	691	243
1045	0.4	1354	1919	439	23.7	16.7	593	260
1065	0.6	1519	1987	336	20.9	16.0	771	259
1065	0.5	1519	1987	403	22.0	16.8	675	272
1065	0.4	1519	1987	504	23.6	18.0	578	291

* Incluye intereses durante la construcción.

capítulo 3

descripción de las
obras

CAPITULO 3

DESCRIPCION DE LAS OBRAS

3.1 INTRODUCCION

Dentro del estudio de factibilidad del Proyecto Miel II se analizaron dos esquemas de desarrollo y cuatro alternativas de altura de presa con niveles máximos de embalse a las cotas 1005, 1025, 1045 y 1065, y en cada una se consideraron factores de planta de 0.4, 0.5 y 0.6. Los resultados de estos análisis se presentan en detalle en el Apéndice F.

Con base en los estudios de generación y análisis de costos se seleccionó como la alternativa más favorable, el esquema del proyecto para un nivel máximo de operación a la cota 1045 y que incluye la desviación del río Guarinó. En este capítulo se describe este esquema de proyecto para un factor de planta de 0.5 y una capacidad instalada de 351 mw.

En el Apéndice B se presentan los costos unitarios de potencia y energía de las alternativas estudiadas y en el Apéndice G los presupuestos detallados, de cada una de ellas.

En la Figura 3 se muestra la disposición general de las obras del esquema adoptado y en las Figuras 4 a 22 las diferentes componentes del proyecto con sus detalles respectivos. En el Cuadro 3-1 se presenta la información básica.

3.2 DESVIACION DEL RIO GUARINO

Para aprovechar el caudal del río Guarinó, localizado sobre la vertiente oriental, contigua al río La Miel, se ha previsto dos alternativas para su desviación al embalse de Miel II. La primera de las cuales (Alternativa A) se inicia a la cota 1098.5 en la margen izquierda con una dirección de N9°O en una longitud de dos kilómetros luego en dirección N19°E en una longitud de 10.1 km y el último tramo de 2.2 km con dirección N28°E. El portal de salida sobre la margen derecha del río La Miel está ubicado a la cota 1062 aguas arriba del embalse.

La segunda alternativa (Alternativa B) con una longitud total de 15.2 km se inicia en la cota 1170 sobre la margen derecha del río con una dirección S35°E en una longitud de 900 metros para continuar luego con una dirección general norte-este hacia el embalse donde termina en la margen derecha de la quebrada Saínos en la cota 1045. Se contempla, en esta alternativa, un sifón, a la altura de la abscisa K9+000 de 930 m de longitud para cruzar el río Guarínó. Teniendo en cuenta las características geológicas de las dos rutas las cuales se explican detalladamente en el Apéndice C y con base en los estudios económicos se seleccionó la alternativa A.

En la desviación del río Guarínó se consideró la captación del río Santo Domingo por medio de una estructura que lo comunica con el túnel de conducción aproximadamente en la abscisa K 1+000.

A continuación se describen las características principales de las obras.

3.2.1 Captación del Río Guarínó

Las obras de captación se han localizado a unos 3.5 km aguas arriba de la confluencia de los ríos Guarínó y Santo Domingo a la altura de la cota 1098. Figuras 19 y 20.

Para las obras de captación se consideró una presa **vertedora** del tipo "Presa india" que se adapta muy bien a las características del río, es sencilla y de muy fácil construcción. Una presa convencional con rebosadero lateral o una presa derivadora de concreto tendría costos muy superiores.

La presa consiste en un muro vertedor de concreto de siete metros de altura medidos desde el nivel de fundación, confinado con espaldones de enrocado. El espaldón de aguas arriba será de enrocado colocado, con un talud de 3.0H a 1.0V y el de aguas abajo tendrá un talud de 12.0H a 1.0V con una protección superficial de enrocado reforzado con malla de acero de 3/8" soldada al tope. La estructura de captación, localizada sobre la margen izquierda, comprende un canal de aducción y la toma controlada por una compuerta y tabloncillos de cierre. Para la eva

cuación de los sedimentos se proyectó un canal lateral controlado por compuertas, con velocidades de arrastre de 10 m /s que garantiza la correcta captación en la entrada del túnel.

En la Figura 19 se presentan las características y detalles de la captación.

3.2.2 Captación del Río Santo Domingo

La captación del río Santo Domingo está localizada aproximadamente a un kilómetro aguas arriba de la desembocadura de la quebrada Las Palomas en la cota 1151.

Las obras de captación comprenden una presa derivadora de tres metros de altura de iguales características a las descritas para el río Guarinó.

La estructura de toma y la conducción hacia el túnel de desviación del río Guarinó consiste en un canal de aducción horizontal de sección rectangular y un pozo vertical de dos metros de diámetro y 57 metros de profundidad. En la Figura 20 se presentan la planta, cortes y detalles de estas obras.

3.2.3 Conducción

El caudal derivado de los ríos Guarinó y Santo Domingo, se conducirá al embalse mediante un túnel de sección en herradura de 3.60 m de diámetro y pendiente de 2.4 por mil, con una longitud de 14.3 km diseñado para trabajar a flujo libre, con un caudal máximo de 25 m³/s. El caudal medio desviado de los dos ríos se ha estimado en 19.4 metros cúbicos por segundo. La descarga en el río La Miel se hará en la cota 1062 a unos 300 m aguas arriba del final del embalse.

El túnel de desviación atravesará en el primer sector la zona de influencia cataclástica de la falla de Palestina y posteriormente una secuencia de esquistos grises y verdes, cuyas características se describen en detalle en el Apéndice C. De acuerdo a la calidad de la roca se preve que el túnel requerirá soportes de acero y pernos sistemáticos en un 20% de su longitud y concreto neumático en el 54% de la misma. Con base en la interpretación de las pocas perforaciones efectuadas y en la geología superficial, se estima que el túnel no requerirá revestimiento de concreto ya que no está diseñado para trabajar a presión, y que solamente la solera sometida a flujo continuo se revestirá con pavimento de concreto. En la Figura

18 se muestran las secciones transversales para los distintos tramos del túnel.

3.3 PRESA

3.3.1 Descripción del Sitio

El sitio seleccionado para la presa está localizado inmediatamente aguas abajo de la confluencia de los ríos La Miel y Pensilvania; el cañón en este sitio tiene forma de V, es estrecho y simétrico con pendientes transversales de 47°. El emplazamiento del eje es aquel donde se obtiene el menor volumen de terraplén.

3.3.2 Tipo de Presa

Se consideraron tres alternativas de presa para el proyecto Miel II; presa de arco-bóveda, presa de enrocado con núcleo de arcilla y enrocado con cara de concreto. La presa de arco-bóveda fué descartada principalmente por las características geológicas desfavorables del sitio para este tipo de estructura y por las condiciones de alta sismicidad de la región donde se presentan aceleraciones horizontales que sobrepasan los límites aconsejables para el comportamiento seguro de una presa de este tipo.

La alternativa de construir una presa de enrocamiento con núcleo fué descartada debido a que en la zona no se encontraron materiales impermeables de características adecuadas para el núcleo de la presa. Los suelos finos predominantes en la región son limos residuales de muy baja plasticidad, susceptibles a erosión interna y de difícil colocación y compactación a las humedades óptimas en una zona de muy alta pluviosidad. Además los parámetros de resistencia de este tipo de suelos son en general bajos por lo cual el núcleo crea una zona de debilidad de la presa con los problemas inherentes de estabilidad.

La alternativa más atractiva y que finalmente fué adoptada, es la presa de enrocamiento con cara de concreto, por las ventajas que ofrece sobre las anteriores desde el punto de vista de estabilidad, facilidad de construcción y disponibilidad de materiales adecuados en las cercanías del sitio.

En el Apéndice F se discute en mayor detalle la escogencia del tipo de presa.

3.3.3 Alturas de Presa Estudiadas

Se estudiaron presas de enrocado con cara de concreto con altura de 130, 150, 170 y 190 metros, de las cuales la última sobrepasa en 40 metros la altura de las presas más altas de este tipo construídas actualmente en el mundo. No se estima conveniente en este momento, analizar presas de este tipo de mayor altura pues se sobrepasaría considerablemente los precedentes y se desconoce por lo tanto su comportamiento. La decisión final sobre la altura óptima de la presa dentro de los límites estudiados dependerá del análisis económico del proyecto dentro del sistema eléctrico que vaya a servir.

3.3.4 Zonificación de la Presa

Para la presa de enrocado con cara de concreto se han tomado en cuenta los nuevos aspectos de diseño actual que han incluido nuevos criterios e innovaciones basados en la experiencia y en el comportamiento de las presas de este tipo construídas hasta el momento.

Las principales características del diseño adoptado para la presa se describen a continuación:

- Teniendo en cuenta la altura de la presa (170 m) y las características de las rocas investigadas como fuentes de materiales para el enrocado se han adoptado pendientes de 1.5 H:1.0 V tanto para el talud de aguas arriba como para el de aguas abajo.

El enrocado que conforma el cuerpo principal de la presa se ha dividido en tres zonas de diferentes condiciones granulométricas. La zona 1 de enrocado triturado debajo de la cara de concreto de un ancho de cinco metros, con máximos tamaños de 4" a 6" y con una gradación tal que sirva como una barrera semipermeable y que se compactarían con rodillos vibratorios en el sentido de la pendiente, siempre hacia arriba. La zona 2 que comprende el mayor volumen de la presa y con tamaño de rocas mayores, hasta 30" que serían compactadas en capas del orden de 0.80 m de espesor con rodillos vibratorios pesados. Se ha previsto además, la construcción de un pedraplén de tamaños mayores con una ber

ma a la cota 960 (Zona 3) que tendrá como función principal pro
teger el pié del talud de la presa durante descargas del rebosadero.

Para la cara de concreto se ha previsto un espesor variable de 0.3 metros más 0.003 veces la cabeza hidrostática, espesor semejante al que se ha adoptado para las presas más altas cons
truídas últimamente con los nuevos criterios de diseño. En el contorno de la cara de concreto y de acuerdo a diseño tradicio
nal se ha proyectado una losa perimetral de ancho variable apo
yada en los estribos.

Los estribos y la fundación de la presa están constituidas por rocas metamórficas que consisten en una sucesión de esquistos grises y verdes de estructura néisica. En el Apéndice C se des
criben en detalle las características geológicas del sitio de pre
sa.

Las rocas del sitio presentan características excelentes para la fun
dación y emplazamiento de la presa; estas características fueron de
terminadas mediante perforaciones, galerías y reconocimientos geo
lógicos.

Con el objeto de lograr un buen contacto entre la presa y la roca de fundación se ha previsto la excavación del aluvión del fondo del río para construir directamente la presa sobre el lecho de roca. También se excavarán los estribos a lo largo del contacto con la cara de concreto para el empotramiento de la losa perimetral.

Como tratamiento de la fundación y los estribos se ha previsto una cortina de inyecciones en el contacto de la cara de concreto; las ca
racterísticas de esta cortina se describen más adelante.

En las Figuras 11 y 12 se muestra la planta de la presa, sus cortes y detalles.

La ataguía de aguas arriba de 30 metros de altura para la desviación del río estará conformada por un enrocado con pendientes de 0.5H:1.0 V tanto en el talud de aguas arriba como en el de aguas abajo. El miem
bro impermeable de la ataguía consistirá en una capa de concreto neu
mático de espesor variable entre 15 cm y 25 cm.

Aguas arriba en el contacto con la cara de concreto y a partir de la

cota 930, se ha previsto una zona de transición (Zona 4A) seguida de una zona de material impermeable con el objeto de evitar filtraciones en la parte inferior del talud por eventuales grietas que se puedan presentar en la cara de concreto. En el espacio libre entre las zonas antes mencionadas y la ataguía se construirá una berma (2 a 5 m) con material sin seleccionar que contribuirá a la estabilidad.

3.3.5 Materiales de Construcción

Los materiales para la construcción de la presa procederán de las cuarzo-dioritas de grano grueso duras y masivas que afloran inmediatamente aguas abajo del sitio de presa y que se han clasificado dentro de lo que se ha denominado el Stock de La Bella.

Además existe la posibilidad de utilizar para enrocado de la presa los esquistos procedentes de la excavación del rebosadero y los esquistos verdes que afloran en la confluencia de los ríos La Miel y Tenerife a unos 400 m aguas arriba del sitio de presa. Una descripción de las características de las rocas investigadas para la construcción de la presa se presenta en el Apéndice E.

3.3.6 Cortina de Inyecciones y Drenaje

Para el control de filtraciones a través de los estribos y la fundación de la presa se ha previsto la construcción de una cortina de inyecciones a todo lo largo del contacto de la cara de concreto con los estribos y el lecho del río. Se ha previsto además, que la cortina se extienda en ambos estribos mediante galerías de inyección que también servirán como drenaje. En el estribo izquierdo se proyectaron dos galerías de inyección y drenaje a diferentes niveles; una superior bajo la gola del rebosadero y una inferior 50 metros más baja desplazada 40 metros hacia aguas arriba formando una pantalla que empata con la cortina de la presa. Para aliviar subpresiones bajo la losa del rebosadero se ha previsto la construcción de dos galerías; una conectada con la galería superior de inyección y otra bajo el deflector desde las cuales se perforarán huecos de drenaje cubriendo el área bajo el fondo del canal del rebosadero. En el estribo derecho se proyectaron igualmente dos galerías a los mismos niveles de los del estribo izquierdo y desde los cuales se construirá la prolongación de la cortina de inyecciones de la presa. Estas galerías también servirán como drenaje.

En la Figura 13 se muestra la cortina de inyecciones de la presa

y las galerías de inyección y drenaje de ambos estribos.

3.4 DESVIACION Y DESCARGA DE FONDO

Durante la construcción de la presa se ha previsto la desviación del río por medio de un túnel localizado en la margen izquierda con una longitud de 760 m con pendiente del 3.7% y sección en herradura modificada de 8.40 x 8.40 m con capacidad de evacuar un caudal de 610 m³/s, correspondiente a una creciente con un período de retorno de una vez en 25 años.

El túnel de desviación será excavado en esquistos grises y verdes en su mayor parte; los últimos 200 metros serán excavados en cuarzodioritas del Stock de La Bella. Se ha previsto un túnel sin revestimiento con solo una solera de concreto.

La ataguía de 30 m de altura se ha localizado inmediatamente aguas abajo de la confluencia de los ríos La Miel y Tenerife a una distancia del pié del talud de la presa que permita ejecutar los trabajos de excavación y limpieza del cauce del río.

Terminadas las obras de la presa se colocará una válvula Howell-Bunger de 72" de diámetro dentro del túnel de desviación, instalada a continuación del tapón de concreto, para evacuar el embalse y permitir la inspección y posible reparación de la cara de concreto. Los detalles de estas obras se muestra en la Figura 15.

3.5 REBOSADERO

El filo delgado del estribo izquierdo de la presa constituido por secuencias de esquistos grises y verdes es apropiado para la construcción de un rebosadero del tipo canal abierto, además tiene un alineamiento favorable con la dirección general del río aprovechando la curva que éste presenta inmediatamente aguas abajo de la presa.

La estructura del rebosadero comprende un canal de aducción en la cota 1027 y una estructura de control a la cota 1030 con tres compuertas radiales de 15.0 m de altura por 8.5 de ancho que permitirá la evacuación de una creciente de 3300 m³/s. Inmediatamente después de la estructura de control la descarga se hará por medio de un canal rectangular de 32.5 m de ancho inicialmente y 25 m en la salida, con un deflector de 30° en la cota 980 que permitirá la descarga al río en salto de esquí. La longitud del canal es de 125 m y pendiente de 35% con taludes laterales de 1H:12V que

aseguran la estabilidad de la excavación, como se explica en mayor detalle en el Capítulo 5 del presente informe. En la Figura 14 se muestra la planta, cortes y detalles del rebosadero.

3.6 EMBALSE

El embalse creado por la presa tendrá una longitud de 5 km y cubrirá un área de 2.35 km². La capacidad total del embalse, a la cota máxima extraordinaria de 1047.5, será de 120.7 millones de metros cúbicos. El volumen útil está fijado por el desembalse óptimo de 45 m determinado en los estudios de operación y es de 75.3 millones de metros cúbicos. El volumen de acumulación de sedimentos en 50 años es de 18.2 millones de metros cúbicos incluyendo el aporte del río Guarinó y corresponde a la cota 970 que está por debajo del nivel del canal de aducción de la bocatoma.

3.7 CAPTACION Y CONDUCCION

3.7.1 Bocatoma

La bocatoma está situada sobre la margen izquierda del río a unos 560 m aguas arriba del eje de la presa.

Esta estructura consiste en un patio de aducción a la cota 980 y una rampa inclinada de concreto con rejas metálicas; estará provista de una compuerta deslizante de 12 m de alto por 7.50 de ancho con su correspondiente compuerta de emergencia y además tablonces de cierre para permitir la inspección de las guías y de las compuertas sin desocupar el embalse. En la Figura 17 se muestra los cortes y detalles de la bocatoma.

3.7.2 Conducción

Estas obras comprenden: un túnel superior de conducción, un pozo de carga, un túnel inferior de presión, una almenara y el túnel de fuga cuyas características principales se describen a continuación y cuya localización y alineamiento se presenta en la Figura 16.

El túnel superior de conducción es una estructura con sección de herradura modificada con paredes verticales de 2.75 m y la bóveda de 2.75 m de radio. Tendrá en toda su longitud solera revestida y tendrá recubrimiento en concreto neumático y pernos de an

claje donde las características geológicas así lo requieran. La longitud de este túnel es de 8.390 m con la entrada a la cota 980 y una pendiente del 4.1‰, la cota al final del túnel sea la inicio del pozo de carga será 945. Al final del túnel superior la conducción continúa con un pozo de carga de sección circular de 5.5 metros de diámetro, revestido en concreto de 50 cm de espesor, según las condiciones geológicas y una longitud de 430 m comprendida entre las cotas 945 y 515.

El túnel inferior hasta la caverna de casa de máquinas se ha dividido en dos sectores, el primero hasta la cortina de inyecciones, con una longitud de 392 m una pendiente de 10% y de sección circular de 5.5 m de diámetro, revestida de concreto. El segundo desde la cortina de inyecciones hasta la casa de máquinas con una longitud de 100 m, de sección circular de 3.5 m de diámetro y blindada en acero.

La almenara se ha localizado en la abcisa K8+320, a la cota 945, inmediatamente aguas arriba del pozo de carga y consiste en un pozo circular de 14 m de diámetro revestido en concreto de 102 metros de altura, comunicado con el túnel de conducción por medio de un pozo elevador, también revestido en concreto con un diámetro de cinco metros y una altura de 13 metros. Los detalles de la almenara se presentan en la Figura 17.

En el diseño de la almenara se consideraron la apertura brusca y el cierre brusco de las válvulas y para estas condiciones se determinó el nivel máximo a la cota 1063 y el mínimo en la cota 970.2.

El túnel de fuga que reintegrará el caudal aprovechado por la planta nuevamente al río La Miel descargará a la cota 462, y fué diseñado para trabajar a flujo libre; tendrá una longitud de 2.750 m y 3‰ de pendiente, de sección en herradura modificada con paredes verticales de 3.0 m de altura y bóveda de 3.0 m de radio; la sección no será revestida y únicamente donde las características geológicas lo exijan tendrá revestimiento de concreto neumático.

3.8 CENTRAL

3.8.1 Descripción de las Obras

Las obras de la central comprenden un túnel de acceso, la caverna que alojará las tres unidades previstas y otra caverna para transformadores, la galería de cables y el patio exterior de cone

xiones. La central está localizada en la margen izquierda del río La Miel aguas arriba de su confluencia con la quebrada Tasajos. La orientación de los ejes de las cavernas de casa de máquinas y de transformadores, se determinó con base en las características geotécnicas de la roca y la dirección principal de sistemas de diaclasamiento.

La caverna de máquinas tendrá una longitud de 81.5 m, un ancho de 18 m y una altura máxima en los pozos de turbinas de 34.30 m; en ésta se alojarán tres grupos de generación y contará con un espacio libre para zona de montaje y sala de control.

El nivel del piso de montaje estará a la cota 484.30 y el nivel inferior de los pozos de turbinas a la cota 469.20.

Adyacente a la caverna de máquinas se construirá una caverna para alojar los transformadores, con piso al nivel 484.30, la cual tendrá una altura de 14 m. Esta caverna se comunicará con la superficie, cerca de la cota 750 por medio de una galería con 52° de pendiente, por la cual se sacarán las líneas de 230 kv que irán al patio de conexiones; la sección transversal de esta galería es en herradura de 4.50 m, de alto por 4.50 m de ancho. Las barras entre los generadores y los transformadores se llevarán por galerías horizontales, una para cada grupo, de 22 m de longitud, 4 m de ancho y 4 m de altura.

El acceso a la casa de máquinas se hará por un túnel de 772 m de longitud, con una sección útil en herradura de 6.50 de alta por 6.50 de ancho y una pendiente de 6.8%. Las dimensiones se fijaron teniendo en cuenta el tamaño de los equipos. El túnel llevará un pavimento de concreto y será parcialmente revestido con concreto neumático, donde las condiciones geológicas lo requieran. En las Figuras 21 y 22 se presenta la localización general de la planta, secciones y detalles de la central subterránea.

3.8.2 Equipos

La central tendrá tres grupos de generadores de 117 mw cada uno, que fué el número seleccionado teniendo en cuenta criterios de estabilidad, economía y flexibilidad de operación.

Las turbinas serán del tipo Pelton, de seis chorros, de eje vertical, 450 rpm y una eficiencia máxima del 92%.

El caudal de diseño por unidad será de $24.6 \text{ m}^3/\text{s}$ y la cabeza neta nominal de 557.2 m.

Los generadores serán sincrónicos de polos salientes y voltaje de 13.8 Kv y con enfriamiento convencional por aire y agua.

Los transformadores de potencia serán monofásicos, aislados con aceite y con enfriamiento FOW. Por cada generador habrá un banco de tres transformadores y se dispondrá de una unidad monofásica para suplencia.

3.8.3 Ventilación

La ventilación se hará a través del pozo de cables y del túnel de acceso. El aire entrará por la galería de cables a una planta de ventilación y enfriamiento situada en la galería de transformadores de donde se distribuirá por medio de ductos, a los transformadores y a los diferentes niveles de la caverna de máquinas, donde será evacuado finalmente por el túnel de acceso.

3.8.4 Patio de Conexiones

El patio de conexiones estará localizado en la margen izquierda del río La Miel, en la divisoria de aguas de las quebradas Tasajos y El Pital, 200 metros al sur de la caverna de casa de máquinas. Tendrá un área de 120 metros de largo por 90 metros de ancho.

3.9 SISTEMA DE POTENCIA Y DIAGRAMA UNIFILAR

Se estudió el sistema de potencia para todo el desarrollo de Miel I-Miel II incluyendo el sistema del río Samaná Sur. La estabilidad transitoria del sistema se verificó utilizando el programa digital de la BPA facilitado por el Departamento de Sistemas de ICEL. En el estudio se consideraron casos extremos como la salida de todo el sistema Miel, los resultados fueron altamente satisfactorios, pues no existe inestabilidad transitoria del sistema. En la Figura 23 se muestra un diagrama unifilar del proyecto.

Se eligió como tipo de subestación la de "barraje principal" con barraje de transferencia; otros tipos de disposición como el llamado doble barraje o interruptor y medio podrían estudiarse durante los diseños definitivos. Además de los módulos de generación, se tienen dos módulos a 230 kv para interconectar Miel I con Miel II, dos

módulos a 230 kv hacia la subestación "La Enea" en Manizales y el módulo de transferencia. Se completó el esquema con un módulo de 115 kv desde La Victoria; dicha línea se puede utilizar para suministrar energía al proyecto durante el período de construcción. Para los transformadores de potencia que elevan el voltaje de generación al voltaje de transmisión se seleccionaron monofásicos teniendo en cuenta las facilidades del transporte y la economía que se obtienen desde el punto de vista de Reservas. El Grupo de Conexión será en triángulo o delta en 13.8 kv y estrella con neutro sólidamente conectado a tierra en 230 kv.

3.10 LINEAS DE TRANSMISION

Una línea de doble circuito transportará la energía del proyecto, desde Miel I a Miel II y desde allí a la subestación de "La Enea". Se utilizarán estructuras metálicas autosoportables con doble hilo de guarda y cable de aluminio-acero (ACSR) para los conductores principales. La capacidad natural de la línea se estima alrededor de 260 mw que corresponde a un pico de aproximadamente 650 mw. El dimensionamiento de los conductores en función de la capacidad térmica, regulación, pérdidas por corona, etc. se deberán hacer durante los diseños definitivos.

3.11 ENERGIA PARA LA CONSTRUCCION

La energía para la construcción del proyecto se obtendrá de la subestación "La Victoria", 115/34.5/13.8 kv. Como se dijo anteriormente, debido a la corta distancia entre La Victoria y el sitio del proyecto, se recomienda diseñar y construir en forma definitiva la línea 115 kv independientemente que para efectos de construcción se alimenta a 34.5 kv. Se estima alrededor de 5 mw las necesidades de energía durante el período de construcción.

3.12 CARRETERAS

A la zona general del proyecto se llega por la carretera Honda-Victoria-Marquetalia. En el sitio de Cañaverál, situado a 7 kilómetros de La Victoria se desprende la carretera que conduce a Samaná, desde la cual será necesario construir una carretera de 10 kilómetros de longitud que dará acceso a los campamentos e instalaciones administrativas del proyecto y la casa de máquinas, patio de conexiones y almenara. Esta obra incluirá un puente sobre la Quebrada Tasajos, aguas arriba de su confluencia con La Miel.

Para el acceso a la presa y campamento de construcción de la misma, se construirá una carretera que arranca aproximadamente en el kilómetro 7 de la vía Marquetalia-Bolivia y que pasará por la cresta para unir a la primera de ellas con Samaná. La longitud de esta nueva vía de acceso será de 4.5 km. Además será necesario relocalizar un tramo de unos dos kilómetros de la carretera Marquetalia-Bolivia que quedará por debajo de la cota de inundación, obra que incluirá además un puente sobre el río La Miel.

En las Figuras 1 y 3 se muestra la localización de las vías existentes, los nuevos accesos y los tramos de carreteras que será necesario relocalizar.

3.13 CAMPAMENTOS

El campamento de construcción para la presa y el tramo superior del túnel de carga se localizará sobre la margen izquierda del río La Miel y en una zona a la cota 1500 aproximadamente. El acceso a este sitio será desde la carretera Marquetalia-Samaná, ya que el campamento se encuentra prácticamente a orillas de la misma.

Los campamentos para la construcción de la casa de máquinas, patio de conexiones, almenara y túnel de fuga se encontrarán en la zona situada en la margen izquierda del río La Miel, a la cota 500 aproximadamente. Estos campamentos se programaron para que sirvieran después como oficinas administrativas y operación de la central. Su acceso es por medio de la carretera que se construirá para llegar a estas fuentes de trabajo, como se describió en el párrafo sobre vías de acceso.

Los costos de los campamentos incluyen no solamente su costo de construcción sino el de los servicios auxiliares, instalaciones administrativas, de recreación y educación, energía eléctrica, etc.

PROYECTO MIEL II

INFORMACION BASICA

1.	POTENCIA Y ENERGIA	
	Potencia continua	154.6 mw
	Capacidad Instalada (F.P. 0.5)	351.0 mw
	Energía Firme	1.354.0 gwh/año
2.	NIVELES PRINCIPALES	
	<u>Presa</u>	
	Parapeto	1051.0 m
	Cresta	1050.0 m
	Fondo del Río	880.0 m
	Cresta Ataguía	918.0 m
	<u>Embalse</u>	
	N.A. Máximo extraordinario	1047.5 m
	N.A. Máximo normal	1045.0 m
	N.A. Mínimo	1000.0 m
	<u>Eje de Turbinas</u>	476.0 m
3.	SALTOS APROVECHADOS	
	Salto bruto máximo	569.0 m
	Salto bruto mínimo	524.0 m
	Saldo de diseño	557.2 m
4.	CAUDALES	
	Caudal Medio Río La Miel	29.5 m ³ /s
	Caudal Medio Río Guarínó	20.7 m ³ /s
	Caudal Regulado	33 m ³ /s
	Caudal de Diseño	73.8 m ³ /s
	Caudal para desviación	610 m ³ /s
	Creciente Máxima probable	4000 m ³ /s
	Caudal de Diseño Rebosadero	3300 m ³ /s

5.	EMBALSE	
	Volumen Máximo Normal	114.5 Mm ³
	Volumen Util	75.3 Mm ³
	Volumen Muerto	39.2 Mm ³
	Volumen para Amortiguación	18.3 Mm ³
	Area	2.35 km ²
	Nivel Máximo Normal	1045.0 m
	Nivel Mínimo	1000.0 m
	Nivel Máximo Extraordinario	1047.5 m
6.	PRESA	
	Tipo	Enrocado con cara de concreto
	Altura	170.0 m
	Volumen Total	5.6 Mm ³
	Talud Aguas Abajo	1.5H : 1.0V
	Talud Aguas Arriba	1.5H : 1.0V
	Cota de Cresta	1050 m
	Ancho de la Cresta	11 m
	Borde Libre	2.4 m
	Longitud de la Cresta	280 m
7.	DESVIACION Y DESCARGA DE FONDO	
7.1	<u>Túnel</u>	
	Longitud Total	760 m
	Sección	Herradura 8.40x8.40 m
	Capacidad	610 m ³ /s
7.2	<u>Ataguía</u>	
	Altura	30 m
	Tipo	Enrocado con cara de concreto neumático
7.3	<u>Descarga de Fondo</u>	
	Localización	Túnel de Desviación
	Tipo	Válvula Howell-Bunger y Válvula Mariposa
	Diámetro	1.83 m
	Capacidad	107 m ³ /s

8.	REBOSADERO	
	Tipo	Canal Abierto
	Longitud	125.0 m
	Cota de la Gola	1030.0 m
	Sección	Rectangular
	<u>Compuertas</u>	
	Tipo	Radial
	Número	3
	Dimensiones	15x8.50 m
	Caudal de la Creciente Máxima	4000 m ³ /s
	Caudal de Diseño	3300 m ³ /s
	Estructura de Salida	Deflector
9.	DESVIACION DEL RIO GUARINO	
9.1	<u>Captación del Río Guarinó</u>	
	Cota	1098.50 m
	Tipo de Presa	Enrocado y muro vertedor
	Altura de Presa	7.0 m
9.2	<u>Captación del Río Santo Domingo</u>	
	Cota	1151.0 m
	Tipo de Presa	Enrocado y muro vertedor
	Altura de Presa	3.0 m
	Diámetro del Pozo	2.0 m
	Altura del Pozo	57.0 m
9.3	<u>Conducción</u>	
	Capacidad Máxima	25 m ³ /s
	Sección	Herradura 3.60x3.60 m
	Longitud	14.3 km
	Revestimiento	Concreto neumático, pernos y soportes donde se requiera

10. CAPTACION Y CONDUCCION

10.1 Bocatoma

Tipo Inclclinada
Cota 980

Compuertas

Tipo Deslizante
Número 1
Dimensiones 12.0 x 7.50 m

10.2 Conductos de Carga

Número 1

Túnel Superior

Sección Herradura 5.50x5.50 m
Longitud 8390.0 m
Revestimiento Solera revestida, con
creto neumático donde
se requiera

Pozo de Carga

Sección Circular, Diámetro
5.50 m
Longitud 430 m
Revestimiento Concreto, Espesor
0.50 m

Túnel Inferior

Sección Circular, Diámetro
5.50 m
Longitud 392.0 m
Revestimiento Concreto, Espesor
0.50 m

Almenara

Sección Circular, Diámetro
14.0 m

Altura	102.0 m
Revestimiento	Concreto, Espesor 0.50 m

Blindaje

Sección	Circular, Diámetro 3.50 m
Longitud	100.0 m
Espesor	0.05 m

11. CASA DE MAQUINAS

Tipo	Caverna Subterránea
Longitud	81.5 m
Anchura	18.0 m
Altura Máxima	34.3 m

Turbinas

Tipo	Pelton, eje vertical
Número	3
Cota Eje de Turbina	476.0
Caudal de Diseño	24.6 m ³ /s
Velocidad Nominal	450 rpm
Eficiencia Máxima	0.92
Potencia Nominal por Unidad	117 mw
Cabeza Máxima de Operación	569.0 m
Cabeza Mínima de Operación	524.0 m
Cabeza Nominal	557.2 m

Generadores

Tipo	Eje Vertical
Número de Unidades	3
Velocidad Nominal	450 rpm
Frecuencia	60 Hz
Voltaje	13.8 kv
Eficiencia máxima	0.98
Potencia Nominal por Unidad	117 mw
Número de Polos	16

Transformadores

Tipo	Monofásico
------	------------

	Número	10
	Enfriamiento	FOW
	Voltajes	13.8/230 kv
12.	TUNEL DE FUGA	
	Sección	Herradura 6.00x6.00 m
	Longitud	2750.0 m
	Revestimiento	Solera revestida y con creto neumático donde se requiera
13.	PATIO DE CONEXIONES	
	Localización	Margen izquierda del río
	Módulos de Generación	3
	Módulos de Línea	5
14.	LINEAS DE TRANSMISION	
	Tipo	Doble Circuito
	Longitud	80 km
	Voltaje	230 kv
15.	VIAS DE ACCESO	
	Carreteras	16.7 km
	Puentes	2

Ministerio de Minas y Energía
BIBLIOTECA

Ministerio de Minas y Energía
BIBLIOTECA

capítulo 4

estudios hidrológicos

ESTUDIOS HIDROLOGICOS

4.1 GENERALIDADES

En la zona del proyecto existe una red de estaciones hidrométricas y meteorológicas cuya localización se muestra en la Figura 2, en general el período de registro es de ocho años. Con base en estos datos se efectuaron los estudios hidrológicos para determinar la secuencia crítica de caudales bajos, las crecientes de diseño de rebosadero y de desviación, la sedimentación en el embalse y los demás parámetros hidrológicos empleados en los diseños preliminares.

La red hidrométrica y meteorológica puede ampliarse mediante la instalación de estaciones climatológicas; dotadas de pluviómetro, pluviógrafo, termohidrógrafo y tanque evaporímetro clase A; en las localidades de Bolivia, Marquetalia, Manzanares y El Crucero. De esta forma quedará cubierta toda el área del interés para el proyecto Miel II y la desviación del río Guarinó.

Las hoyas hidrográficas de los ríos La Miel y Guarinó tienen una extensión total de 929 km² de las cuales corresponden 363 km² al río La Miel y 566 km² al río Guarinó.

4.2 CLIMATOLOGIA

4.2.1 Clima

Las variaciones orográficas en la zona dan lugar a diferentes pisos térmicos, dentro de los cuales sobresalen el clima templado con elevaciones entre 800 y 1500 msnm y temperaturas medias de 17° a 23°C en un 60% del área de la cuenca, y el clima frío con elevaciones entre 1500 y 3400 msnm y temperaturas medias entre 10° y 17°C en un 40% de la misma.

Los factores meteorológicos que ocasionan el régimen de las lluvias se deben a perturbaciones que se presentan entre la zona intertropical de convergencia (ITC) de los vientos alisios y a la as

censión de masas de aire cuando la convección, por efecto del ca lentamiento de la tierra, es máxima.

4.2.2 Precipitación

Los valores máximos de precipitación de la hoya del río La Miel se distribuyen en dos estaciones lluviosas que corresponden a los meses de abril a mayo y de octubre a noviembre. El valor míni mo de precipitación se presenta en el mes de julio.

La precipitación media anual es de 4000 mm pero presenta varia ciones entre 2500 y 6000 mm como se muestra en el mapa de iso yetas de la Figura 2. La mayor precipitación ocurre hacia la con fluencia de los ríos Pensilvania y La Miel siendo frecuentes las tormentas de corta duración, con el 80% del total precipitado du rante las primeras cinco horas. La máxima precipitación diaria registrada en la hoya fué de 269 mm en Cañaverál, el 9 de noviem bre de 1969.

4.2.3 Evaporación

Debido a la carencia de datos, la evaporación en la zona del pro yecto se determinó por medio del estudio que ejecutó C.W. Thorntwaite, en el cual el autor da valores de evaporación carac terísticos para varias ciudades del país; de estas se selecciona ron: Sonsón, Manizales, Salamina, Puente Linda, Mariquita, Bu tantán y Honda, con elevación sobre el nivel del mar superior e inferior al sitio del proyecto y relativamente cerca al mismo. Con base en los datos de evaporación media de estas ciudades se tra zó la curva presentada en la Figura A-20, Vol II, donde al locali zar el sitio del proyecto Miel II se determinó la evaporación para el embalse en 1200 mm anuales.

4.3 CAUDALES

4.3.1 Registros de Caudales

Los registros de caudales para el Proyecto Miel II y Guarinó pro vienen de una red de estacion nes de medición que es la siguiente :

<u>Río</u>	<u>Estación</u>	<u>Ubicación</u>	<u>Años de Registro</u>
La Miel	4-154	La Tebaida	8
	4-156	Sitio Presa Miel II	1
Pensilvania	4-155	Aguas arriba de la confluencia con el río La Miel	8
Guarinó	4-918	El Crucero	13
	4-922	Las Playas	2
Santo Domingo	4-919	Aguas arriba de la confluencia con el río Guarinó	13

Con los datos de las estaciones citadas se procedió a determinar mediante un programa de computador, una serie de parámetros consistente en caudales medios diarios, máximos y mínimos instantáneos y medios mensuales.

Los caudales medios mensuales se sometieron al análisis de dobles masas y a correlaciones de tipo lineal y exponencial a fin de verificar la consistencia de los datos, dado el corto período de registro de los mismos. Las curvas de calibración se revisaron y se extrapolaron por el método de Stevens, para cubrir toda la gama de caudales necesaria en los estudios.

Como resultado de estos trabajos se obtuvieron los caudales medios del proyecto así: sitio de presa de Miel II, 29.5 m³/s y en la bocatoma del Guarinó, 20.7 m³/s. Los caudales máximos y mínimos registrados en estos sitios son, respectivamente, 53.2 y 14.4 m³/s para Miel II y 44.5 y 7.1 m³/s para el Guarinó.

4.3.2 Caudales para Estudios de Generación

La serie histórica de caudales medios mensuales de Miel II es de masiado corta para los estudios de generación, puesto que el período de registro abarca ocho años solamente. En consecuencia, para generar una serie sobre un período mucho más largo, se implementó un modelo matemático que permitió estudiar y descubrir el comportamiento del río durante ese período. Este modelo se basó en el concepto de regresión lineal en el cual, mediante la ecuación de regresión se obtiene una parte determinística y el error

standard que está fijado por una componente aleatoria. La parte aleatoria de la serie esta formada por los parámetros estadísticos de los datos y esto introduce el error standard en los datos generados. En el Apéndice A se explica en detalle el modelo y se dan las ecuaciones respectivas.

4.4 CRECIENTE DE DISEÑO DEL REBOSADERO

La creciente de diseño del rebosadero se determinó por el método de la Precipitación Máxima Probable, PMP, calculada según Hershfield para la hoya del proyecto, la cual se aplicó al hidrograma unitario que se dedujo teniendo en cuenta las características de la zona. El resultado de estos estudios es la Creciente Máxima Probable, CMP, para la hoya en el sitio de la presa, la cual se transitó por el embalse para la condición del nivel máximo extraordinario del mismo.

Los resultados de estos estudios fueron los siguientes para Miel II: caudal máximo del hidrograma: $4000 \text{ m}^3/\text{s}$; amortiguación del pico para la cota de embalse: $1047.6, 700 \text{ m}^3/\text{s}$; caudal de diseño del rebosadero: $3300 \text{ m}^3/\text{s}$. Se estudió en forma análoga la CMP para la captación del río Guarinó, cuyo pico se determinó en $4200 \text{ m}^3/\text{s}$, y no tiene amortiguación por embalse.

4.5 CRECIENTE DE DESVIACION

Para estimar la creciente de desviación se seleccionaron las mayores crecientes de cada año, las cuales se analizaron siguiendo los procedimientos de Gumbel, Log-Pearson Tipo III y Log-Pearson Tipo III con desviación standard modificada, encontrándose que este último presentaba un mejor ajuste, motivo por el cual a partir del mismo se determinó para la creciente de desviación un caudal de $610 \text{ m}^3/\text{s}$, con un período de retorno de 25 años.

4.6 NIVELES DE AGUA DE FUGA

Una vez escogido el lugar de salida del túnel de fuga, se procedió a determinar de la curva de probabilidad del caudal (Figura A-13, Vol. II) el caudal correspondiente a un período de retorno de 1 a 100 años en la estación 4-156; para el cual se determinó la altura de lámina en el río. Conocida esta profundidad, los caudales de o

peración de la central y la variación topográfica, se determinó que la solera del portal de salida debe estar a la cota 462, garantizando así el flujo libre en la conducción.

4.7 SEDIMENTACION EN EL EMBALSE

Los cálculos de sedimentación en el embalse se basaron en las mediciones de sedimentos en suspensión llevadas a cabo en las diferentes estaciones de aforos ubicadas en la zona del proyecto. Las muestras obtenidas fueron analizadas en el laboratorio para obtener la granulometría y los pesos específicos de los materiales. Siguiendo el procedimiento de Colby, en el que se considera el arrastre de material no medido en la capa junto al lecho del río, se estimó que el volumen de sedimentos en el embalse sería de 252.000 m³/año, el cual corresponde al 12.5 Mm³ en 50 años causados por el río La Miel. Igualmente al considerar la desviación del río Guarinó, se determinó un incremento en el volumen de sedimentos de 114.000 m³/año para 5.7 Mm³ en 50 años. De esta forma el aporte total de sedimentos al embalse de Miel II es de 18.2 Mm³ menor que el correspondiente volumen del embalse muerto y por consiguiente sin repercusión para el funcionamiento de la central.

capítulo 5

geología

CAPITULO 5

G E O L O G I A

5.1 INTRODUCCION

La etapa de factibilidad del Proyecto Miel II contempló la ejecución de un programa de investigación geológica en el área de localización de las obras, de los corredores de los túneles de aducción, desviación, carga y fuga y obras complementarias del proyecto.

El programa de geología comprendió cuatro puntos principales:

- Trabajos geológicos de campo.
- Investigación del subsuelo con perforaciones y una galería.
- Transcripción e interpretación geológica de los datos de campo.
- Investigación micropetrográfica.

Los resultados parciales de los items anteriores se consignan en informes de progreso y registros de perforación, elaborados periódicamente.

En el Apéndice C se presenta un resumen de los resultados de los estudios.

5.2 GEOLOGIA GENERAL

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 5). El Complejo Metamórfico presenta rocas con facies de

metamorfismo moderado a alto, intruídas por cuerpos plutónicos tales como el complejo ígneo de Samaná-La Miel-Mariquita y el batolito de El Hatillo-La Bella-El Silencio, que a manera de cadena de apófisis son la posible manifestación de uno o varios cuerpos magmáticos relativamente cercanos a la superficie. Tanto los cuerpos metamórficos como los ígneos tienen ejes de desarrollo longitudinal de dirección sur-norte o suroeste-noreste.

En el área del proyecto las estructuras que conforman las rocas metamórficas presentan características muy marcadas: al occidente y centro del área los pliegues estructurales son amplios; hacia el oriente las estructuras son más comprimidas. 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 falla Palestina al occidente del área generó un cinturón de rocas cataclásticas con un espesor que varía desde 150 metros al sur del área hasta 650 metros al norte y cuya longitud se ha determinado en 300 kms, con un conjunto de fallas satélites que conforman una estructura en "espina de pescado". La presencia de fallas normales que afectan las rocas ígneas y metamórficas y los depósitos cuaternarios no consolidados revela movimientos de asentamiento, característicos de la etapa distensiva en la emergencia de la cordillera, indicio que el área ha sufrido actividad tectónica hasta el Reciente.

Las diaclasas constituyen la discontinuidad tectónica más frecuente que afecta tanto al Complejo Metamórfico como a las rocas ígneas. Se ha registrado varios sistemas, siendo el más importante el que tiene rumbo general $N80^{\circ}E$ y buzamiento al sureste, aproximadamente perpendicular al rumbo general de la falla Palestina. Este sistema tiende a producir diaclasas maestras, muy notorias en el cañón del río La Miel. Otros sistemas son los que producen direcciones de $N25^{\circ}E$ con buzamientos al noroeste y $N25^{\circ}W$ con buzamientos al noreste. La mayor parte del área está cubierta por depósitos Cuaternarios de diversos tipos.

5.2.1 Orogénesis

Se han podido establecer varios eventos en la región estudiada que influyeron ampliamente en la formación de la Cordillera Central. La secuencia reconstruída es como sigue:

- Metamorfismo de los estratos precámbricos y paleozoicos inferiores durante el episodio orinoquense de la orogenia - transzónica.
- Peneplanación y depositación Devoniana-Permiana.
- Orogenia Hercínica (Migmatitas de La Quebra).
- Depositación Cretácea media a superior.
- Peneplanación e invasión marina cretácea.
- Orogenia Alpina (Activación de la falla Palestina).
- Erosión y peneplanación Cretácea tardía.
- Depositación Terciaria continental.
- Orogenia Andina e iniciación de la formación del Graben del Magdalena.
- Elevación final de la parte central de la cordillera durante el volcanismo reciente.
- Erosión de los depósitos terciarios y sus rocas subyacentes al profundizarse el nivel base de la región, ocasionado por hundimientos del Graben del Magdalena.

La descripción general de la orogénesis de la Cordillera Central aquí expuesta no comprende, muy probablemente, todos los acontecimientos de levantamiento de la Cordillera Central, pero sí dan un cuadro general de los hitos más significativos de su formación.

5.2.2 Litología

El área estudiada está constituída por rocas metamórficas de edad

Paleozoica, rocas ígneas-intrusivas y metamórficas del Cretáceo y Terciario, sedimentarias del Terciario y depósitos del Cuaternario (ver Figuras 6 a 10). La zona de interés se encuentra ubicada geológicamente dentro del complejo correspondiente al grupo Ayurá-Montebello, grupo Valdivia o serie Cajamarca.

Para propósitos del presente informe se distinguieron las siguientes unidades litológicas en el área del proyecto: anfibolita (unidad a), esquisto gris (unidad esg), esquisto verde (unidad ev), cuarcita (unidad nq), mármol (unidad m), ígneos intrusivos cuarzodioríticos de Samaná, La Miel, La Bella y El Silencio (unidades Kds, Kcdm, Tcdb y Tcdsi respectivamente), diques aplíticos, micrograníticos, dioríticos, pórfido-dacíticos, dacíticos y andesíticos (Unidades Tda, Tdmg, Tddr, Tdpd, Tdd y Tdan respectivamente), esquisto hornfésico de las aureolas de contacto del Stock de La Bella y el intrusivo de El Silencio (unidades ehb y ehsl), grupo Honda (unidad Tsh), cuaternarios no consolidados (unidades Qqg, Qto, Qsr, Qal y Qdp) y cataclastitas de las zonas de posible influencia de posible influencia cataclástica de las Fallas Palestina, Saínos, et. (ZPICP, ZPICS).

5.2.3 Tectónica

Por la variedad de las 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 y cataclástico (temperaturas entre 450° y 1000°K y presiones entre 1 y 10 Kbars). Los procesos de metamorfismo de la Cordillera Central afectaron las rocas sedimentarias paleozoicas a fines de esa era, transformándolas inicialmente en paraesquistos y paranéises. Posteriormente, las intrusiones plutónicas y la actividad tectónica produjeron metamorfismo térmico y cataclástico en los paraesquistos y paranéises, 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.

El metamorfismo regional de bajo grado pertenece a las facies de esquisto verde (esquistos clorítico-actinolíticos y clorítico-grafitos) que conforman la mayor parte de la misma. El metamorfismo regional de alto grado con metamorfismo térmico sobrepuesto ha producido migmatitas, anfibolitas y neises. El metamorfismo térmico presenta carácter local en las aureolas de contacto de los intrusivos y diques. El metamorfismo dinámico está bastante bien representado en la región y cubre zonas considerables, ante todo en

la zona de falla Palestina y fallas satélites, formando zonas de filonita, milonita y brechas; en las unidades menos metamorfizadas crea planos secundarios de esquistosidad y clivaje.

La estructura de la región es muy compleja. En términos generales, sin embargo, está controlada por tres sistemas de fallas de dirección general norte-sur: (a) el que partiendo de las fallas Mulato y Jetudo al norte del área se extiende por debajo de los sedimentos terciarios y cuaternarios hacia el sur, limitando el valle del río Magdalena de las estribaciones orientales de la Cordillera Central; (b) la falla Palestina con sus fallas satélites, que partiendo del río Guarínó al sur, pasa por las inmediaciones de la población de Marquetalia y cruza el río Samaná Sur al norte del área y (c) el grupo de fallas que partiendo de las cercanías de la población de Pensilvania sigue hacia el norte por las cercanías del río Hondo.

La foliación deja entrever que existen estructuras intensamente plegadas en la parte central de la zona, con plegamientos más suaves al occidente (W de la falla Palestina), y oriente (E de las migmatitas de La Quebrada). (ver Figuras 1, 4, 5 y 6).

5.2.4 Minería

En el área de las obras y del embalse de Miel II no existe explotación minera de ningún tipo; sin embargo, se conocen indicios de minerales metálicos que no presentan interés económico en la actualidad.

5.3 INGENIERIA GEOLOGICA

El sitio de las obras a construir está localizado en una zona de rasgos geológicos contratados, lo cual conlleva a analizar un cuadro de condiciones geotécnicas considerablemente variado. La investigación de las condiciones geotécnicas, para propósitos del presente informe, se ha dividido en: sitio de presa, rebosadero, sitio de casa de máquinas, alineamiento de los túneles de aducción (del río Guarínó, Alternativas A y B), desviación (del río La Miel), carga (y ventana de construcción) y fuga, acceso a casa de máquinas, almenara y pozo de carga, y área de embalse.

5.3.1 Sitio de Presa

El sitio escogido para la construcción de la presa (Ver Figura 7), es un cañón que conforma el río La Miel inmediatamente aguas abajo de su confluencia con el río Pensilvania. El cañón es de unos 1000 metros de longitud, cuyos flancos han sido labrados por el río en roca metamórfica e ígnea. Los taludes dentro del área que cubrirá la presa tienen pendientes que oscilan entre 35° y 75° presentando sectores cubiertos por depósitos de pendientes y suelo residual, cuyo espesor se estima menor a los cinco metros. La zona de meteorización, es moderada y alcanza 50-60 metros de descompresión litostótica.

La disposición general de la foliación es favorable para la construcción de la presa, ya que los esquistos y el contacto ígneo-metamórfico buzcan al oeste, en dirección hacia aguas arriba, con valores comprendidos entre 35° y 80°. La estructura geológica de los dos estribos es similar, aunque los replegamientos son más notorios en el estribo izquierdo.

Las condiciones geotécnicas de la masa rocosa bajo la superficie en el sitio de presa se investigaron con cinco perforaciones y una galería de exploración de 40 metros de longitud. Los resultados indican que los estribos de la presa están conformados por roca bastante sana, fresca, muy replegada, poco fracturada, competente, de alta resistencia.

Los sistemas de diaclasamiento más notorios son tres (N80°E/65°S, N25°E/50°W y N45°W/45°NE). En general el módulo de diaclasamiento en el sitio de presa está comprendido entre 0,01 y 0,16 metros. En general las diaclasas son continuas, lisas, abiertas y oxidadas. Las rocas del sitio de presa son esencialmente de muy buena a aceptable. La roca de mala a muy mal se restringe a corredores que irradian de la zona de contacto ígneo-metamórfico, desde el cauce del río La Miel, y/o corresponden a zonas de falla o de contacto ígneo-metamórfico. Estos corredores están constituidos por una zona diaclasada (cuyo espesor no supera los 30 metros) que contiene zonas más angostas (menores a los cinco metros) en las cuales está compuesto por brecha y milonita.

En general, el sitio de presa posee condiciones geológicas y litológicas favorables para el emplazamiento de una presa de la magnitud proyectada. La brecha detectada en el río La Miel requiere un "tratamiento dental" a fin de lograr una base homogénea y resistente para cimentar el núcleo de la presa. La zona de decompresión de la roca necesitará una cortina de inyecciones para impermeabilizar los estribos donde se cimente la presa.

5.3.2 Rebosadero

El rebosadero (ver Figura 7), diseñado en canal abierto, es una excavación que se localiza en el estribo izquierdo (cuchilla La Divisa) y tiene una longitud de 160 metros y un rumbo de N85°E. La perforación MS-1 indica que la masa rocosa donde se excavará el canal del rebosadero está constituido por una secuencia de esquisto gris y esquisto verde con textura de neisoso a migmatítico y zonas con diaclasas abiertas a ligeramente cerradas, muy oxidadas, e intensa permeabilidad. Al final de la perforación, la roca metamórfica se presenta intruída por diques de composición intermedia. El canal se excavará en rocas de calidad aceptable a muy buenas (85% del trayecto), y rocas de mala a muy mala (15% del trayecto).

Goodman (1979b), con base en las características del diaclasamiento y la esquistosidad establece la seguridad en general de una excavación para rebosadero con pendientes de 50° con la horizontal para los cortes. Cualquier pendiente más plana hará aflorar las líneas de intersección y los vectores del buzamiento. Si el corte se hace con bermas, puede haber derrumbes aislados de las bermas si se caen cuñas y lajas. Sin embargo no puede haber falla grande en las pendientes".

5.3.3 Casa de Máquinas

La casa de máquinas está emplazada en la abscisa K8+900 del alineamiento de los túneles de carga y fuga (ver Figura 8). La caverna principal es una excavación de 81.5 metros de longitud, 18 m de ancho y 34 metros de altura máxima. La caverna de transformadores tiene una longitud de 64 metros, 13 m de ancho y 14 m de altura. Las dos cavernas se disponen transversalmente a las estructuras del área. El área de casa de máquinas está constituida por una alternancia de esquisto gris y esquisto verde de buena calidad, intensamente plegados, conformando pliegues profundos y asimétricos, con buzamientos de 70° a 75°. En superficie fueron observa

dos dos sistemas de diaclasamiento: $175^{\circ}/70^{\circ}$ y $40^{\circ}/60^{\circ}$, con un módulo de 1.67 metros. La zona de la quebrada La Negra es un a lineamiento de esfuerzos (compresivos, posiblemente), expresá dos en forma de superficies de fricción, generalmente a lo largo de los planos de foliación y principalmente el esquisto gris como puede observarse en la perforación MT-1. Las dimensiones de la caverna para una casa de máquinas exigen para su excavación que la roca donde se emplace sea autosoportante, pues es muy difícil proveer soporte artificial para cavernas de tal tamaño. Por lo tan to no debe considerarse ningún tipo de soporte estructural. Se de berá usar un sistema de suficientes pernos de anclaje, con mall a y gunita, como es la práctica común en estos casos, para evitar desprendimientos de roca.

A pesar de que la caverna ha sido desplazada para alejarse de la zona de esfuerzos, no existen conocimientos suficientes para de terminar el comportamiento de la roca en su nueva localidad.

El ajuste final sobre la orientación de la caverna de máquinas de berá tomarse durante construcción, una vez se haya excavado el túnel de acceso y se haga una investigación geotécnica detallada in situ.

5.3.4 Alineamiento de los Túneles

Los túneles proyectados en su generalidad atravesarán roca meta mórfica, afectada en ciertos tramos por zonas de influencia cata clástica de fallas y zonas de esfuerzo. Las rocas ígneas solamente serán interceptadas por el túnel de carga en el área de la quebrada Santa Rita. La longitud total estudiada de túneles (con alternativas) es aproximadamente de 45 km; alcanzando los mayores techos de roca en las alternativas del túnel de aducción del río Guarinó, con techo hasta de 700 metros.

5.3.4.1 Túnel de Aducción Río Guarinó-Río La Miel

La alternativa seleccionada tiene una longitud total de 14.3 km y se iniciará a la cota 1098.50 m quedando el portal de salida a la cota de 1062 m, en el río La Miel.

La excavación del túnel Alternativa A se hará en roca que varía desde condiciones buenas hasta malas (en zonas de fracturación y/o fallas). Como se observa en las Figuras 9 y 10, el túnel cruzará cuarcita, esquistos verde y esquisto gris, roca de muy buena a aceptable. Se estima que los porcentajes de roca que atravesará el túnel serán de muy buena (46%), buena (33%), aceptable (11%), mala (3%) y muy mala (7%).

La disposición predominante de las estructuras que conforman las unidades metamórficas conservan un rumbo general NS con buzamiento predominante hacia el W, conformando posiblemente una estructura de tipo regional dentro del complejo metamórfico. Desviaciones locales del rumbo regional corresponden a las zonas de fallamiento o repliegues, consecuencia de la competencia y/o carácter de la roca misma. El alineamiento del túnel corta el rumbo de las unidades en ángulo que varía de 0° a 25° al E y W aproximadamente. Del análisis del diaclasamiento, se deduce la presencia de tres sistemas conjugados (Polos I, II y III) de los cuales I y II son transversales y III subparalelo al alineamiento del túnel. Además se reconoce un polo de diaclasas IV con tendencia a horizontal o de buzamiento menor de 10° .

Como se ha indicado el alineamiento cruzará fallas o zonas que presentan roca con fracturación intensa; para las zonas de fallas será necesario efectuar una excavación escalonada, cuando se presente flujo moderado a grande de material triturado. En esos casos se debe aplicar gunita en un tiempo menor que el de autosopORTE. En el caso de la zona de influencia de la falla Palestina es posible encontrar un trayecto de estas condiciones. La roca muy buena posiblemente no requiera ningún tipo de soporte; sin embargo, en zonas de contacto con rocas de menor calidad es posible que pueda requerir soportes para rocas buenas, el tiempo de autosopORTE es amplio, pero posiblemente requiera refuerzos en zonas restringidas. Para rocas de aceptables a malas, se necesitará aplicar pernos de roca anclados con resina.

Debido al paralelismo que posiblemente se presentará entre el túnel y la dirección de la foliación y/o planos de diaclasas, en tramos relativamente cortos pueden generarse desprendimientos de bloques lo cual deberá ser controlado mediante la ubicación sistemática de pernos. En donde se excaven esquistos fisibles (Categoría C.), que poseen bajo ángulo de fricción ($\phi = 16^\circ - 17^\circ$ en seco y de 12° húmedo) y que por lo tanto generan progresivamente presio

nes laterales altas, con un factor de erodabilidad/alteración grande, será necesario aplicar refuerzos estructurales, tales como pernos de roca de expansión y concreto neumático. El anclaje de pernos de roca se debe disponer perpendicular a la foliación con el fin de evitar deformación e inestabilidad en la base de la pared y en la corona.

Es posible encontrar esfuerzos tectónicos residuales que produzcan deformaciones en la roca en tiempo corto, luego de la excavación, para lo cual se sugiere que un aumento de la longitud en el anclaje es suficiente, sin necesidad de alterar el espesor de concreto neumático.

5.3.4.2 Túnel de Desviación del Río La Miel

El túnel de desviación se sitúa por la margen izquierda del río La Miel y tendrá una longitud de 760 metros, con un diámetro en herradura de 8.4 metros. Su portal de entrada se localiza a unos 100 metros aguas abajo de la confluencia del río Pensilvania. En sus primeros 50-70 metros el túnel tiene un rumbo de N15°W que coincide con el de foliación y contacto de esquisto gris y verde; el siguiente tramo, de 150 metros cruzará transversalmente una alteración irregular de esquisto gris y verde. Allí su rumbo es N55°E. El trayecto restante, con dirección S80°E corta la foliación transversalmente; los últimos 200 metros serán excavados en cuarzodiorita biotítica del Stock de La Bella.

En el área del sitio de presa (Ver Figura 7) existen tres sistemas fundamentales de diaclasamiento. El sistema principal se extiende de paralelo o subparalelo al túnel y los otros dos transversales. Tanto el esquisto como la cuarzodiorita poseen alta competencia, son rocas generalmente sanas, masivas, afectadas por diaclasas abiertas y cerradas, generalmente soldadas por calcita, pirita y clorita. Las anteriores características permiten concluir que el túnel de desviación no requiere revestimiento en zonas amplias y que sus portales de entrada y salida van a excavarse en roca fracturada y meteorizada en no más de unos 30 a 40 metros de longitud. Las zonas esporádicas de esfuerzos y clivaje, en roca metamórfica, se pueden tratar con concreto neumático, malla y pernos no tensionados; las posibles zonas de brecha requiere un tratamiento adecuado, tal vez arcos de acero y concreto reforzado. Se considera que la cuarzodiorita biotítica no presentará dificultades para su excavación.

5.3.4.3 Túneles de Carga y Fuga

Las dos obras están localizadas por la margen izquierda del río La Miel en un alineamiento de aproximadamente 11.5 kilómetros de longitud, con un rumbo general N75°E. El túnel de carga tiene una longitud de 8782 metros y se iniciará a la cota 980 m con dirección N47°E.

La bocatoma y los primeros 850 metros cruzarán esquistos gris, verde y hornfésico, cuyas condiciones serán muy semejantes a las del túnel de desviación del río La Miel. Los siguientes 1500 metros se excavarán en cuarzodiorita biotítica, sin alteración y por lo tanto se espera que no habrá sobreexcavación en este sector. Infiltraciones de agua a presión por sistemas de diaclasamiento son de esperarse, ante todo en las zonas de contacto ígneo-metamórfico, diques y parte central del stock. En general se puede considerar que la roca a excavar es de muy buena a buena, exceptuando las zonas de contacto ígneo-metamórfico y posibles zonas esporádicas de fracturación, esfuerzos y meteorización del portal de entrada del túnel. Se espera una zona reducida de influencia cataclástica en las fallas de Las Animas, y aún más su zona de brechamiento y milonitización, roca que se clasifica como de mala a muy mala. Hasta esta longitud el túnel interceptará las estructuras en forma oblicua a normal, lo cual es un factor favorable para la excavación del mismo; el siguiente sector del túnel, comprendido entre el km 4+600 m; hasta el lugar de excavación del pozo, atravesará la misma sucesión litológica de roca metamórfica, más intensamente plegada y frecuentemente intruída por diques de composición intermedia, duros, masivos, de grano fino a fuertemente empinados.

Se espera encontrar una masa rocosa de un 73% con buenas condiciones y un 17% de roca aceptable. Las zonas intensamente afectadas, formarán posiblemente menos de un 10% de la roca a excavar.

El túnel de fuga tiene una longitud de 2.750 metros y sección en herradura de seis metros de diámetro. Cruzará roca metamórfica (generalmente refoliada en el tramo final); las estructuras están dispuestas favorablemente para su excavación. En la parte inicial del túnel se presenta una zona de esfuerzos con frecuentes superficies de fricción y un alineamiento (posiblemente una falla). Son de esperar flujos de agua a presión a la profundidad del túnel.

La roca a excavar tendrá un 85% de muy buena a buena, 5% de roca aceptable y 10% cruzará zonas de esfuerzo y fallamiento. Los tramos donde los túneles de carga y fuga encuentren esquisto gris, especialmente de grafitico homogéneo van a ser los más propicios para la sobreexcavación y desprendimiento de masa rocosa, pues su tiempo de autoporte es bajo. Es probable que sea necesario soportar con arcos de acero y concreto reforzado los tramos con zonas de esfuerzo y fallas.

5.3.4.4 Túnel de Acceso a Casa de Máquinas

Tiene una longitud de 770 metros con dirección S45°W. Se inicia aproximadamente en la cota 550 m hasta descender a la casa de máquinas. El túnel atravesará esquisto gris y verde. Se espera que en su mayoría sea roca sana. El alineamiento del túnel interceptará, tal vez, la zona de esfuerzos cerca a casa de máquinas, en un 10% de su recorrido; el 90% restante es roca de aceptable a muy buena.

La ventana de construcción tendrá condiciones semejantes al túnel de carga en su trayecto final. Se espera que el 90% de su trayecto sea de roca buena a muy buena y el resto cruce una zona de meteorización. El 76% de la almenara será autoportable el 24% una zona de suelos residuales y meteorización.

El pozo con longitud de 430 m y diámetro circular de 5.5 m, tendrá zonas de esfuerzos en un trayecto aproximado de unos 40 metros (9% de su longitud). El trayecto restante cruzará roca de buena a regular calidad.

5.3.5 Area de Embalse

Comprende los cañones de los ríos La Miel, Pensilvania y Tenerife, y sus afluentes por debajo de la cota 1045 metros sobre el nivel del mar (ver Figura 6). El embalse cubre un área total de 2.35 km², conteniendo un volumen de agua de 114.5 millones de metros cúbicos. Los cañones de los ríos mencionados arriba son de gradientes relativamente suaves. Meandros poco notorios se localiza en la zona de falla Palestina.

El estudio geológico muestra afloramientos de roca metamórfica fresca, ante todo en los cañones de los cauces de ríos y quebradas. La roca metamórfica está constituida por una secuencia de esquistos grises y verdes con cuarcitas en los conjuntos medio y superior. Estas rocas presentan buena impermeabilidad pues sus texturas son masivas, compactas y de muy baja porosidad.

El rumbo general de la foliación de los paquetes litológicos es N15° E, con oscilaciones locales a N45°E y buzamientos hacia la falla Palestina, localizada en la parte superior del embalse. En el área de embalse se observan fallas paralelas y transversales al rumbo general de la estructura fundamental. Las zonas de influencia cataclástica de las fallas transversales no son tan extensas, pero pueden en casos especiales llegar a 50-100 metros; algunas de las fallas de este tipo pueden ser tectónicamente activas. Por lo general las laderas de los valles están cubiertas por depósitos cuaternarios no consolidados. Estos suelos son en su gran mayoría estables en las condiciones actuales de saturación. Sin embargo, los depósitos de pendiente de la quebrada La Soledad, la vereda El Encanto, son susceptibles de deslizarse cuando su parte más baja quede cubierta por las aguas del embalse. La zona circundante del embalse se encuentra cubierta por vegetación, cultivos o bosque natural y actualmente no presenta aspectos de erosión. Existe una zona de derrumbe activo, de tamaño considerable, al norte de la vereda Circasia, por la carretera que conduce a Samaná, encima de la cota del embalse, el cual deberá ser controlado.

5.4 SISMOLOGIA

El Proyecto Miel II está localizado en una de las zonas sísmicas de alta intensidad en el país, por su cercanía a las fallas activas de Romeral-Cauca y Cambao-Salinas.

Para determinar los parámetros de diseño preliminar de las obras se llevaron a cabo estudios sísmicos que consistieron 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, la 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. Estos estudios se presentan en el Apéndice D.

Del resultado de dichos estudios se concluyó que en la zona del proyecto pueden esperarse aceleraciones del orden de 0.15 g vertical y 0.25 g horizontal.

5.5 INVESTIGACIONES DEL SUBSUELO

Para investigar las condiciones del subsuelo en el sitio de presa, rebosadero, casa de máquinas y túneles se ejecutó un programa de doce perforaciones que sumaron en total 1275 m de longitud. Además en el sitio de presa se excavó una galería de exploración de 40 m (Ver Cuadro de Resumen de Perforaciones en el Apéndice C, Anexo 3).

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 las Figuras 7, 8 y 9 se muestra la localización de las perforaciones y en el Anexo 3 del Apéndice C se incluyen los registros de tallados de cada una.

5.6 ENSAYOS DE AGUA A PRESION

Para determinar la permeabilidad de los estribos y la fundación de la presa y estimar la cantidad de inyecciones requeridas se ejecutaron ensayos de agua a presión en las perforaciones efectuadas en el sitio de presa. En los ensayos se utilizaron probadores de doble empaque de 1.50 m de largo y se siguieron los procedimientos establecidos por Lugeon para ensayos de permeabilidad en roca.

El procedimiento de los ensayos, su interpretación y resultados de tallados se incluyen en el Apéndice C.

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 muestran 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 (RDQ) con respecto a la absorción de agua.

De acuerdo a los resultados (Ver Anexo 4) se puede deducir que en el estribo izquierdo existe una absorción entre menor de 1 UL hasta 5 UL en un 86.3% de recurrencia, lo cual, como se aprecia en la Figura C-12, se puede considerar en general como casos presentados en roca relativamente permeable situada por debajo del límite inferior máximo estimado como zona de descompresión de la roca (cota 1040 m en la perforación MS-1 y 965 m en la perforación MS-2). Más arriba de este límite se sitúan casos de absorción moderada, extrema y anómala: 5-10 UL, 10-50 UL y mayores de 50 UL. En esta zona son frecuentes diaclasas de ligeramente cerradas a abiertas, muy oxidadas, que coinciden con el mayor porcentaje de absorciones detectadas en las perforaciones. En el estribo derecho la situación es bastante semejante a la anterior en cuanto se refiere a la línea estimada de descompresión de la roca (cota 925 M) para la perforación MS-5 y 950 m para la MS-4. El porcentaje de recurrencia de cifras menores a 1 UL es de 58.1% y entre 1-5 UL de 34.9%. Casos extremos (de 10-50 UL) se presentaron en un 7%, lo cual indica una permeabilidad un poco menor en el estribo derecho, datos que en parte lo contradice el comportamiento del nivel freático observado (ver Figura C-12). Todas estas observaciones permiten suponer que arriba de la línea límite máxima estimada como zona de descompresión de la roca, se requerirán cantidades apreciables de inyección para lograr una buena impermeabilidad en el contacto de la cara de concreto con los estribos.

5.7 MATERIALES DE CONSTRUCCION

El estudio de los materiales de construcción de las obras comprendió la investigación de las unidades de roca más competentes para enrocamiento y para concretos y la investigación de los materiales aluviales más cercanos al sitio del proyecto para filtros y también como agregados para concreto. Incluyó además exploración de los suelos finos existentes en el área para analizar la posible alternativa de presas de tierra y enrocamiento.

5.7.1 Materiales Impermeables

Los materiales finos predominantes en la región son suelos residuales provenientes principalmente de la descomposición de esquistos. La investigación de estos materiales se llevó a cabo mediante reconocimientos geológicos y exploraciones de campo en las vías y trochas con el objeto de clasificar visualmente los suelos y localizar zonas donde se encontraran cantidades suficientes de estos materiales que ameritaran una investigación detallada.

Estos reconocimientos y exploraciones de campo demostraron en primer lugar en el área del proyecto distancias cercanas al sitio, la topografía del terreno es muy abrupta y los suelos residuales existentes en las laderas tienen poco espesor y serían difícilmente explotables. Por otra parte estos suelos residuales son idénticos y de la misma procedencia que aquellos analizados en detalle para el proyecto Miel I y que resultaron no ser satisfactorios para su empleo como material impermeable en el núcleo de la presa y que conllevó a descartar la presa de tierra y enrocamiento. Por las anteriores razones no se consideró necesario ejecutar investigaciones más detalladas de estos materiales ya que era claro que se llegaría a resultados semejantes y por tanto a descartarlos como material para el núcleo de la presa.

5.7.2 Materiales para Enrocamiento

Para la investigación de materiales de enrocamiento se seleccionaron tres fuentes potenciales de préstamo de roca cerca al sitio de presa que de acuerdo con sus características geológicas se consideraron como los más competentes existentes en el área:

- La zona 1 localizada en la confluencia de los ríos Pensilvania y La Miel, aguas arriba del sitio de presa, correspondiente a un nivel de esquisto verde, duro, masivo, con espesor de 180 metros y buzamiento entre 53° y 60° al occidente.
- La zona 2 está localizada inmediatamente aguas abajo del sitio de presa y está constituida por cuarzodiorita de dureza alta, grano grueso y que conforma el Stock de La Bella.
- La zona 3 comprende el área donde se construirá la estructura del rebosadero en el estribo izquierdo de la presa y se investigó con el objeto de determinar la adecuabilidad del material de la excavación en el relleno de la presa. La roca que aflora en este sitio es esquisto gris con intercalaciones de esquisto verde.

De cada uno de estos tipos de roca se tomaron muestras mediante voladuras y sobre estas se efectuaron pruebas de índices de solidez de granos para determinar sus características físicas, y ensayos de compresión unidimensional para conocer su compresibilidad y módulo de deformación. La información detallada y los resultados

de las pruebas que se presentan en el Apéndice E, indican que los materiales que presentan mejores características son los esquistos verdes de la Zona 1 y las cuarzodioritas de la Zona 2. Los esquistos de la zona del rebosadero, aunque son aceptables, son de inferior calidad y por esta razón, se ha previsto que se coloquen en la parte inferior del talud, aguas abajo de la presa, que es la zona de menores esfuerzos.

Los volúmenes de enrocado que pueden obtenerse de las zonas 1 y 2 superan los requeridos para la construcción de la presa; el volumen de la zona 3 está limitado a la cantidad de material de excavación que se pueda extraer del rebosadero.

5.7.3 Materiales para Concreto

El estudio de los agregados para los concretos requeridos en el proyecto Miel II, comprendió la investigación de los niveles de roca vecinos al sitio de presa, para los concretos de la losa de la presa, estructura de toma, estructura del rebosadero y revestimiento de túneles para los concretos de las obras de casa de máquinas. Se investigaron los afloramientos de las rocas más competentes existentes en la vecindad del área y los materiales aluviales procedentes de terrazas del río Guarinó y de la quebrada El Chorreadero, localizados a unos siete kilómetros de La Victoria, por la vía que conduce a Honda y Mariquita, ubicados a unos 15 km del sitio de la casa de máquinas.

Los materiales investigados para el enrocamiento de la presa se estudiaron también con la finalidad de conocer su calidad como agregados para concreto. Las pruebas de índices de solidez realizadas sobre las muestras de las Zonas 1 y 2, que también son las recomendadas para determinar la calidad de materiales para concreto, indican que tanto los esquistos verdes de la zona 1, como las cuarzodioritas de la zona 2, son adecuados como agregados. Teniendo en cuenta que a distancias económicas no se encuentran depósitos aluviales importantes de donde se puedan extraer las cantidades requeridas de arenas para agregados finos, se ha previsto que éstos se obtengan por trituración de las rocas provenientes de las zonas 1 y 2.

El estudio de los materiales para los concretos requeridos en las obras de casa de máquinas y en los túneles, comprendió la investi

gación de los niveles de esquistos que afloran en la margen izquierda de la quebrada Tasajos (zonas 5 y 6) y del cuerpo ígneo constituido por cuarzdioritas que afloran en la margen derecha del río La Miel, cerca a la confluencia con la quebrada Tasajos. En los reconocimientos geológicos previos se seleccionaron los sitios de exploración, de donde se tomaron muestras representativas de roca fresca de aproximadamente 70 kg, en cada sitio, por medio de voladuras.

Se investigaron además con este propósito las arenas aluviales de las terrazas altas del río Guarinó en el sitio denominado El Llano y las gravas de la quebrada El Chorreadero, localizadas como se mencionó antes, a unos 15 kms del sitio de casa de máquinas por la vía que de La Victoria conduce a Honda y Mariquita. La localización de cada una de estas zonas puede verse en el Apéndice E.

Los resultados de los ensayos muestran que los niveles de rocas que afloran cerca al sitio de casa de máquinas son adecuados para su uso como agregados de concreto, especialmente los esquistos verdes y las cuarzdioritas; sus propiedades índices, así como la gravedad específica y pesos unitarios, cumplen con los requisitos de las normas de materiales para concreto. Estos materiales requieren trituración para ajustarlos a las granulometrías requeridas; también es posible, mediante trituración, obtener el agregado fino. Se pueden obtener en la zona los volúmenes requeridos para la construcción de las obras de casa de máquinas.

De los materiales aluviales investigados, las gravas se encontraron de inferior calidad que las unidades de roca, por su desgaste alto, lo mismo que su porcentaje de pérdida de peso apreciable en el ensayo de intemperismo. La explotación de estos materiales es limitada y no existen terrazas que ameriten una explotación en gran escala; actualmente se explota en pequeñas cantidades el material que se acumula en el lecho de la quebrada El Chorreadero; además presentan el inconveniente de su distancia al sitio que es del orden de 15 kilómetros. Las arenas del sitio de El Llano presentan características adecuadas para su empleo como agregado fino para concreto, pero requieren un procesamiento previo para ajustar su granulometría.

5.7.4 Materiales de Construcción - Desviación del Río Guarinó

Las obras de desviación del río Guarinó comprenden esencialmente la presa de desviación, la estructura de toma y el túnel que conducirá las aguas hacia el embalse de Miel II.

La investigación de materiales para estas obras comprendió el estudio de los esquistos cuarcíticos que afloran cerca del sitio seleccionado para la presa en la margen izquierda del río Guarinó y las terrazas aluviales existentes aguas abajo del sitio, conformadas principalmente por cantos de cuarcitas, dioritas, y andesitas en una matriz de gravas y arenas. En la Figura E-4 del Apéndice E se muestra la localización de las zonas estudiadas.

Las investigaciones realizadas en las zonas seleccionadas como fuentes de materiales de construcción de las obras de desviación, indican que los materiales son adecuados para emplearlos en el pedraplén de la presa y también como agregados para concreto; existen en las cantidades requeridas. Para estos últimos se requiere trituración a fin de ajustarlos a las granulometrías de las normas y obtener tanto el agregado grueso como el agregado fino.

No se encuentran en las cercanías del sitio arenas aluviales en cantidades suficientes y de fácil explotación para agregados finos de concretos, por lo cual se preve que se tendrían que obtener por trituración.

5.7.5 Materiales para Filtros

Estos materiales se requieren en pequeñas cantidades y pueden ser obtenidos de las mismas zonas y en la misma forma que los agregados para concretos.

En el Apéndice E se presenta la información detallada del estudio de los materiales para construcción, los ensayos realizados, las conclusiones, así como también su localización.

capítulo 6

costos y programas
de construcción

COSTOS, PRESUPUESTOS Y PROGRAMAS DE CONSTRUCCION

6.1 GENERALIDADES

Para el estimativo de costos del proyecto se adoptaron los precios unitarios obtenidos por el Consorcio en el estudio de factibilidad del Proyecto Miel I. En este Capítulo se presenta una síntesis de la metodología empleada y en el estudio anteriormente mencionado, para la determinación de los precios unitarios, además para el proyecto con nivel máximo de operación de embalse a la cota 1045 se presenta el presupuesto, el programa de construcción y el programa de inversiones durante la construcción. Se incluyen además, costos anuales de operación y mantenimiento del proyecto una vez esté en funcionamiento.

6.2 PRECIOS UNITARIOS

6.2.1 Deducción de Precios Unitarios

Los precios unitarios se determinaron mediante un estudio de deducción de precios, complementado con los precios unitarios de proyectos similares realizados en el país.

Tomando como fecha marzo de 1978 se dedujeron los precios unitarios para las obras de excavación superficial, rellenos y concretos, teniendo en cuenta el valor del equipo, materiales, transporte y mano de obra para cada caso. Los costos directos obtenidos se afectaron en un 30% adicional para cubrir la utilidad, imprevistos, y gastos administrativos del contratista.

Se actualizaron los precios unitarios de los proyectos hidroeléctricos de Chivor, Chingaza, Mesitas, San Carlos, Betania y Urrá, seleccionando los que presentaban características similares al presente proyecto.

Con base en estudios de costos para excavación en túneles realizados en los Estados Unidos, se elaboraron curvas de precios unitarios

rios para excavación de túneles circulares y túneles en herradura.

Los precios unitarios de los equipos se tomaron de acuerdo a los de los proyectos mencionados y el estudio elaborado por Mejía Villegas Ltda. para el Proyecto Miel I. Los precios para las turbinas se adoptaron con base en las licitaciones de los proyectos Chivor, Mesitas y San Carlos, en los cuales se instalaron turbinas Pelton, del mismo tipo de las que se han previsto para Miel II.

Para la actualización de precios unitarios se determinó un índice de aumento de la componente en pesos cuyo valor medio anual es de 12.1%.

6.2.2 Adopción de Precios Unitarios

Los precios unitarios se adoptaron después de comparar todos los precios seleccionados de los estudios de factibilidad y proyectos de construcción, con los deducidos por el Consorcio para las condiciones específicas de éste proyecto.

En los presupuestos detallados aparecen los precios finalmente adoptados para enero de 1979, ya que esta fecha permite hacer comparaciones con la misma base que en el proyecto hidroeléctrico de La Miel I y otros en el ámbito nacional.

6.2.3 Componente en Moneda Local y Moneda Extranjera

La determinación de la composición de los precios unitarios y globales en moneda local, pesos de enero de 1979 y moneda extranjera, dólares de los Estados Unidos del mismo período, se ha basado en el posible origen de mano de obra, materiales, equipos electromecánicos y demás insumos necesarios para la ejecución del proyecto.

El equivalente de dólares americanos en pesos colombianos se tomó como US\$1,00 = Col.\$ 41.00

6.3 PRESUPUESTOS DE CONSTRUCCION

Los presupuestos de las diferentes alternativas estudiadas, incluyen partidas para la adquisición de tierras, construcción de vías de acceso, campamentos, construcción de obras civiles, desviación del río Guarinó, adquisición y montaje de equipos electro-mecánicos, líneas de transmisión y demás obras complementarias. Los estimativos de costos están basados en las cantidades de obra resultantes de los esquemas presentados.

Con el fin de subsanar cualquier omisión y aproximación en los estimativos y permitir futuros cambios en el diseño, en caso de ser necesario, se incluyó una partida para imprevistos del 15% para las obras civiles y del 10% para equipos. Posteriormente se adicionó una partida para cubrir los gastos de ingeniería previos a la construcción de las obras y los costos de interventoría y administración durante la construcción del proyecto, cuyo valor se estimó en el 10% y el 8% del costo total más imprevistos de las obras civiles y los equipos respectivamente.

En el Cuadro 6-1 se presenta el presupuesto detallado para la alternativa con nivel máximo de embalse a la cota 1045 y para un factor de planta de 0.5.

6.4 PROGRAMA DE CONSTRUCCION Y FABRICACION DE EQUIPOS

El programa de construcción se elaboró para la alternativa de presa a la cota 1050, de acuerdo a las cantidades de obra medidas y con los rendimientos que se han deducido para proyectos similares realizados en el país. Este programa se considera válido para esquemas con presa a diferentes alturas y se presenta en la Figura 24.

Para estimar los tiempos de licitación, adjudicación, fabricación, transporte e instalación de los diversos equipos, se aprovechó también la experiencia que se tiene en el país.

En la elaboración del programa de construcción se consideraron contratos independientes para las vías de acceso, las obras civiles

les del proyecto y la desviación del río Guarinó, teniendo en cuenta el tiempo estimado de ejecución de las obras, la flexibilidad en la construcción de cada una de ellas y las características de la desviación del río Guarinó que permite trabajarla como un frente independiente.

6.5 PROGRAMA DE DESEMBOLSOS

De acuerdo con el programa de construcción y de fabricación y montaje de equipos que aparece en la Figura 24 utilizándose los presupuestos elaborados para las diferentes alternativas se prepararon programas de desembolsos anuales tanto para la componente en pesos como para la componente en dólares; en la elaboración de estos programas **no se considera** escalación de precios ni intereses durante la construcción. El programa para la alternativa seleccionada se presenta en el Cuadro 6-2.

Para la elaboración del programa de desembolsos se supuso que a la firma del contrato de construcción, se entregará una partida del 20% del valor total de la obra al contratista como anticipo, dividiéndose posteriormente el 75% del valor total de las obras, proporcionalmente al porcentaje de obra ejecutada durante cada año para cada ítem. El 5% restante se retuvo como garantía de funcionamiento y éste sería pagado una vez esté en marcha el proyecto.

De igual manera, para los equipos se decidió pagar un 20% del valor de cada equipo como anticipo, el 75% de su valor una vez entregado y finalmente el 5% restante se retuvo como garantía de funcionamiento para ser reintegrado al poner en funcionamiento la central.

6.6 COSTOS ANUALES DE OPERACION Y MANTENIMIENTO

Los costos de operación y mantenimiento incluyen todos los gastos de administración y seguros en que haya de incurrir el propietario de las obras durante un año, los gastos de mano de obra, reposición de equipos y materiales necesarios para el mantenimiento de las diversas estructuras del proyecto, entre las que se pueden citar la presa, vertedero, bocatoma y túneles de carga, casa de máquinas, túnel de fuga, subestaciones, líneas de

transmisión y casa de operación. Estos gastos se calcularon de acuerdo a las recomendaciones de la Federal Power Commission debido a la carencia de índices calculados para el país y se presentan en el Cuadro 6-3.

cuadros

CUADRO 6-1

PRESUPUESTO

NIVEL DE EMBALSE 1045-CAPACIDAD INSTALADA 351 mw
 $f_p = 0.5$

(Precios de Enero de 1.979)

	<u>Cantidad</u>	<u>Unidad</u>	<u>Precio Unitario (Dólares)</u>	<u>Precio Total (Miles US\$)</u>
1. ADQUISICION DE TIERRAS	280	ha	2.500	700
2. VIAS DE ACCESO Y CAMPAMENTOS				
Carreteras	16.7	km	60.000	1.002
Puentes	2	cu	50.000	100
Campamentos		SG		675
Energía para la Construcción		SG		700
Total Item 2 :				2.477
3. DESVIACION				
<u>Excavación</u>				
En Portales	9.200	m ³	8	74
En Túnel	760	ml	2.900	2.204
<u>Concreto</u>				
Portales	720	m ³	145	104
Solera Túnel	760	ml	250	190
Concreto Neumático	925	m ³	215	199
Soportes de Acero	165	ton	1.700	281
Acero de Refuerzo	85	ton	1.100	94
Pernos	1.885	ml	19	36

	<u>Cantidad</u>	<u>Unidad</u>	<u>Precio Unitario (Dólares)</u>	<u>Precio Total (Miles US\$)</u>
<u>Ataguía</u>				
Aguas Arriba	53.000	m ³	6	318
Aguas Abajo	7.000	m ³	6	42
Manejo del Río		SG		135

<u>Descarga de Fondo</u>				
Válvulas de Mariposa	1	cu	166.000	166
Válvulas Howell-Bunger	1	cu	144.000	144
Tapón de Concreto	950	m ³	95	90
Acero de Refuerzo	115	ton	1.100	127
Galería de Acceso	220	ml	1.000	220
Inyecciones		SG		50

Total Item 3 : 4.474

4. PRESA

<u>Excavación</u>				
Fondo del Río	96.000	m ³	8	768
Cimentación	3.200	m ³	12	38

<u>Enrocado</u>				
Procedente de la				
Excavación	450.000	m ³	4	1.800
De Zonas de Préstamo	4'950.000	m ³	6	29.700
Filtros	136.000	m ³	13	1.768
Losa de Concreto	25.000	m ³	130	3.250
Acero de Refuerzo	2.500	ton	1.100	2.750
Galerías de Inyección				
y Drenaje	940	ml	500	470
Inyecciones y Drenaje	25.970	ml	150	3.896

Total Item 4 : 44.440

5. REBOSADERO

Excavación	885.000	m ³	5	4.425
------------	---------	----------------	---	-------

	<u>Cantidad</u>	<u>Unidad</u>	<u>Precio Unitario (Dólares)</u>	<u>Precio Total (Miles US\$)</u>
<u>Concreto</u>				
Gola	3.200	m ³	120	384
Pilas, Muros y Losas	13.800	m ³	160	2.208
Canal	3.400	m ³	130	442
Deflector	3.600	m ³	145	522
Acero de Refuerzo	2.660	ton	1.100	2.926
Compuertas, Guías y Malacates		SG		4.700
Pernos	1.800	ml	19	34
Total Item 5 :				15.641

6. BOCATOMA

<u>Excavación</u>				
A tajo abierto	57.000	m ³	5	285
Para Portales	21.000	m ³	8	168
Concreto	3.100	m ³	165	512
Acero de Refuerzo	310	ton	1.100	341
Compuertas, Guías y Malacates	1	cu	815.000	815
Total Item 6 :				2.121

7. DESVIACIONES AL EMBALSE

Carreteras	6.2	km	60.000	372
Puentes	1	cu	50.000	50
Presa Río Santo Domingo		SG		1.710
Presa Río Guarinó		SG		914
<u>Túnel</u>				
Excavación	14.300	ml	2.200	31.460
Solera	14.300	ml	110	1.573
Concreto Neumático	10.895	m ³	215	2.342
Soportes de Acero	1.115	ton	1.700	1.896
Pernos	25.760	ml	19	489
Compuertas		SG		1.640
Total Item 7 :				42.446

	<u>Cantidad</u>	<u>Unidad</u>	<u>Precio Unitario (Dólares)</u>	<u>Precio Total (Miles US\$)</u>
8. TUNEL DE CARGA				
<u>Excavación</u>				
Túnel Superior	227.375	m ³	72	16.371
Almenara	18.500	m ³	45	833
Pozo	14.270	m ³	129	1.841
Túnel Inferior	14.815	m ³	99	1.467
<u>Concreto</u>				
Concreto Neumático	9.285	m ³	215	1.996
Solera	8.390	ml	165	1.384
Almenara	2.500	m ³	235	588
Revestimiento y Blindaje	8.540	m ³	130	1.110
Acero de Refuerzo	1.025	ton	1.100	1.128
Soportes de Acero	785	ton	1.700	1.335
Blindaje	435	ton	2.800	1.218
Pernos	25.285	ml	19	480
Inyecciones	1.800	ml	75	135
Total Item 8 :				29.886
9. CENTRAL SUBTERRANEA				
<u>Excavación</u>				
Caverna de Máquinas	42.540	m ³	45	1.914
Caverna de Transformadores	11.765	m ³	45	529
<u>Galerías de Cables</u>				
Cable 13.8 kv	945	m ³	120	113
Cable 115 kv	10.485	m ³	120	1.258
Túnel de Acceso	770	ml	2.000	1.540
<u>Concreto</u>				
Subestructura	5.000	m ³	140	700
Superestructura	2.310	m ³	190	439
Revestimiento	430	m ³	130	56
Concreto Neumático	1.420	m ³	215	305
Solera Túnel	1.910	m ³	170	325
Acero de Refuerzo	850	ton	1.100	935
Soportes de Acero	75	ton	1.700	128

	<u>Cantidad</u>	<u>Unidad</u>	<u>Precio Unitario (Dólares)</u>	<u>Precio Total (Miles US\$)</u>
Pernos y Anclajes	11.910	ml	19	226
Acabados	16.000	m ²	20	320
Turbinas y Equipo Mecánico	3	cu	3'393.000	10.179
Generadores y Equipo Auxiliar	3	cu	3'627.000	10.881
Equipo Eléctrico		SG		3.510
Transformadores	10	cu	386.100	3.861
Puente Grúa	1	cu	649.000	649
Total Item 9 :				37.868

10. TUNEL DE FUGA

<u>Excavación</u>				
Portal de Salida	7.000	m ³	12	84
Túnel	2.750	ml	1.950	5.363
<u>Concreto</u>				
Portal	385	m ³	145	56
Solera del Túnel	2.750	ml	180	495
Concreto Neumático	1.845	m ³	215	397
Pernos	3.040	ml	19	58
Acero de Refuerzo	45	ton	1.100	50
Total Item 10 :				6.503

11. PATIO DE CONEXIONES

Obra Civil		SG		127
Equipos		SG		1.986
Total Item 11 :				2.113

	<u>Cantidad</u>	<u>Unidad</u>	<u>Precio Unidad (Dólares)</u>	<u>Precio Total (Miles US\$)</u>
12. LINEA DE TRANSMISION				
Obra Civil	80	km	21.000	1.680
Equipos	80	km	49.000	3.920
Total Item 12 :				5.600
TOTAL OBRA CIVIL				152.128
TOTAL EQUIPOS				42.141
TOTAL COSTO DIRECTO				194.269

CUADRO 6 - 2

PROYECTO MIEL II

PROGRAMA DE INVERSIONES COTA DE EMBALSE 1045

Factor de Planta 0.5 - Valores en Miles de US\$

I T E M	TOTAL	TOTALES		AÑO 1		AÑO 2		AÑO 3		AÑO 4		AÑO 5		AÑO 6	
		ML	ME	ML	ME	ML	ME	ML	ME	ML	ME	ML	ME	ML	ME
1. ADQUISICION DE ZONAS, VIAS DE ACCESO Y CAMPAMENTOS	3,177	2,431	746	1,736	603	675	129							20	14
2. DESVIACION															
Obra Civil	4,474	1,725	2,749	345	550	1,055	1,702					238	359	87	138
3. PRESA															
Obra Civil	44,440	18,694	25,746	3,739	5,149	48	80	3,507	4,815	5,898	10,231	4,568	4,183	934	1,288
4. REBOSADERO															
Obra Civil	10,941	7,035	3,906	1,407	781			4,618	2,773	558	156			352	196
Equipos	4,700	940	3,760					188	752	705	2,820			47	188
5. BOCATOMA															
Obra Civil	1,306	813	493	162	98			419	305	191	65			41	25
Equipos	815	163	652					33	130	122	489			8	33
6. DESVIACION RIO GUARINO															
Obra Civil	40,806	15,707	25,099	3,729	5,630	2,144	3,583	2,084	3,580	2,084	3,580	2,227	3,601	3,439	5,125
Equipos	1,640	328	1,312	66	262							74	295	188	755
7. TUNEL DE CARGA															
Obra Civil	29,886	11,904	17,982	2,381	3,595	1,827	3,435	2,657	4,567	3,503	4,490	941	996	595	899
8. CENTRAL SUBTERRANEA															
Obra Civil	8,788	4,449	4,339	890	869	292	478	1,056	1,784	1,433	846	556	144	222	218
Equipos	29,080	5,816	23,264					1,163	4,652			2,733	10,936	1,920	7,676
9. TUNEL DE FUGA															
Obra Civil	6,503	2,619	3,884	524	776	694	1,141	935	1,484	335	289			131	194
10. PATIO DE CONEXIONES															
Obra Civil	127	51	76	10	15									38	57
Equipos	1,966	397	1,569					79	318			298	1,192	20	79
11. LINEA DE TRANSMISION															
Obra Civil	1,680	1,440	240	288	48					154	26	926	154	72	12
Equipos	3,920	800	3,120					160	624	100	390	500	1,950	40	156
COSTO DIRECTO OBRA CIVIL	152,128	66,868	85,260	15,211	18,114	6,735	10,548	15,276	19,308	14,256	19,683	9,494	9,494	5,896	8,113
Imprevistos : 15%	22,817	10,029	12,788	2,282	2,717	1,010	1,582	2,291	2,896	2,138	2,952	1,424	1,424	884	1,217
Ing, Administración: 10%	17,495	7,690	9,805	1,748	2,083	775	1,213	1,757	2,220	1,839	2,264	1,092	1,092	678	933
TOTAL OBRA CIVIL	192,440	84,587	107,853	19,242	22,914	8,520	13,343	19,324	24,424	18,033	24,899	12,010	12,010	7,458	10,263
COSTO DIRECTO EQUIPOS	42,141	8,444	33,697	66	262			1,623	6,476	927	3,699	3,605	14,373	2,223	8,887
Imprevistos: 10%	4,215	845	3,370	7	26			162	648	93	370	361	1,437	222	889
Ing, y Administración: 8%	3,710	744	2,966	6	23			143	570	62	326	317	1,265	196	782
TOTAL EQUIPOS	50,066	10,033	40,033	79	311			1,928	7,694	1,102	4,395	4,283	17,075	2,641	10,558
COSTO TOTAL CONSTRUCCION	242,506	94,620	147,886	19,321	23,225	8,520	13,343	21,252	32,118	19,135	29,294	16,293	29,085	10,099	20,821

CUADRO 6-3

COSTOS ANUALES DE OPERACION Y MANTENIMIENTO
NIVEL DE EMBALSE 1045

(Miles de US\$)

	<u>F.p=0.4</u>	<u>F.p=0.5</u>	<u>F.p=0.6</u>
OPERACION Y MANTENIMIENTO			
Proyecto Hidroeléctrico	705	657	631
Subestaciones	471	377	314
Líneas de Transmisión	15	15	15
REPOSICION DE EQUIPOS MENORES			
Elementos del Embalse	34	34	34
Elementos de Generación de Energía	439	352	292
Subestaciones	39	31	26
Líneas de Transmisión	9	9	9
ADMINISTRACION			
Proyecto Hidroeléctrico	276	257	247
Subestaciones	152	122	101
Líneas de Transmisión	4	4	4
SEGUROS			
Elementos del Embalse	22	22	22
Elementos de Generación	219	176	146
Subestaciones	27	22	18
Líneas de Transmisión	9	9	9
TOTAL :	2.421	2.087	1.868

capítulo 7

estudios de potencia
y energía

ESTUDIOS DE POTENCIA Y ENERGIA

7.1 INTRODUCCION

Este capítulo presenta los resultados de los estudios y una síntesis de la metodología utilizada para obtener la producción de energía firme, secundaria y promedio, así como la potencia continua y la capacidad instalada de las alternativas consideradas para el Proyecto Miel II. Se contempló la alternativa de desviación del río Guarínó y se evaluaron los efectos que implica la construcción del Proyecto Miel II sobre el Proyecto Miel I, considerando, desde luego, la desviación del río Guarínó.

A continuación se describen las alternativas estudiadas y se resume la metodología de análisis seguida.

7.2 ALTERNATIVAS ESTUDIADAS

Se analizaron cuatro alturas de presa en el sitio de Miel II, a las que corresponden niveles máximos de embalse a las cotas 1005, 1025, 1045 y 1065 msnm y cada una de ellas para factores de planta de 0.4, 0.5 y 0.6. Como esquemas básicos de desarrollo se consideraron los siguientes:

- Miel II como proyecto único.
- Miel II con la desviación del río Guarínó.
- Miel II sin la desviación del río Guarínó operando con Miel I.
- Miel II con la desviación del río Guarínó operando conjuntamente con Miel I.

Para efectos de este estudio, se consideró en Miel I únicamente una altura de presa con nivel de operación máximo a la cota 445. Los resultados obtenidos se presentan en los Cuadros 7-1 y 7-2.

7.3 OPERACION DEL EMBALSE

7.3.1 Generalidades

Los estudios de operación del embalse se llevaron a cabo utilizando un modelo de simulación desarrollado por el Consorcio en los estudios correspondientes al Proyecto Miel I.

Estos estudios se realizaron a nivel mensual, para lo cual fue necesario crear series sintéticas de caudales que permitieran analizar la operación del embalse a largo plazo. El desarrollo de estas series está explicado en detalle en el Apéndice A.

7.3.2 Modelo de Simulación

Como se mencionó, el modelo de simulación empleado en este estudio fue el elaborado por el Consorcio en el desarrollo de los estudios del Proyecto Miel I. Este modelo con algunas modificaciones sirvió para estudiar la operación conjunta de los embalses de Miel II y Miel I, y la de cada uno de ellos por separado. En el Apéndice B se describen las características principales de este modelo y se hace referencia al anexo que muestra en detalle su funcionamiento.

7.3.3 Desembalse Optimo

El desembalse óptimo para cada alternativa de presa se seleccionó como aquel que maximizaba la producción de energía firme de una secuencia hidrológica anual, escogida en base a la operación a largo plazo, por ser la que producía la energía firme disponible del 94% del tiempo. Para los niveles de aguas máximas normales 1025, 1045 y 1065 se obtuvieron los desembalses óptimos de 35, 45 y 55 m respectivamente, pudiéndose determinar así los niveles mínimos de operación de las diferentes alternativas. Un recuento más detallado de este proceso se explica en el Apéndice B.

7.3.4 Características de Operación

Teniendo en cuenta que el Proyecto Miel II es de alta caída, lo cual permite una mejor operación dentro de la zona de picos de la curva de carga del sistema, no se consideró conveniente reali

zar un análisis de la operación basado en una curva de carga hipotética, por lo cual se optó realizar estudios de generación con base en el mayor caudal regulado que dadas las características hidrológicas de la cuenca y físicas del embalse, puede garantizar la operación de dicho embalse a largo plazo y la maximización de la producción de energía firme. En el Apéndice B se hace una referencia más amplia a este criterio.

7.4 POTENCIA CONTINUA

La potencia continua se tomó de la simulación para cada una de las alternativas estudiadas como la magnitud calculada de la potencia que fuera igualada o excedida al 94% del tiempo; los valores así obtenidos pueden verse en el Cuadro 7-1.

7.5 CAPACIDAD INSTALADA

La capacidad instalada se determinó a partir de la potencia continua, dividiendo dicha potencia por el factor de planta deseado y multiplicando este cociente por la relación elevada a la potencia 1.5, de la cabeza nominal y la cabeza mínima para cada alternativa.

En el Cuadro 7-1 se muestran los resultados obtenidos para instalación en las diferentes alternativas. Puede observarse que para el esquema alternativa de presa en Miel II, con nivel máximo de operación a la cota 1045 y la desviación del río Guarinó, la capacidad instalada para un factor de planta 0.5 es de 351 mw.

7.6 ENERGIA FIRME Y ENERGIA PROMEDIO

Se obtuvo de la simulación la energía firme y la energía promedio para las diferentes alternativas; los resultados se presentan en el Cuadro 7-1, donde se puede apreciar que para el mismo esquema mencionado en el numeral anterior se tiene un valor de energía firme de 1354 gwh/año y un valor de energía promedio de 1919 gwh/año.

En las figuras 25 y 26 se presentan las variaciones de la energía firme y la energía promedio con los niveles máximos y normales del embalse.

7.7 EFECTO SOBRE EL PROYECTO MIEL I

Los resultados de la operación del Proyecto Miel I para cada una de las alternativas estudiadas en Miel II se muestran en el Cuadro 7-2. Se puede observar que el Proyecto Miel II por sí solo no tiene efecto significativo alguno en cuanto a producción de energía se refiere, sobre el Proyecto Miel I. Ya considerando la desviación del río Guarinó si presenta un incremento considerable en la producción de energía firme del orden de un 26% en Miel I.

7.8 COSTOS DE ENERGIA FIRME, ENERGIA PROMEDIO Y CAPACIDAD INSTALADA

Para las diferentes alternativas estudiadas se determinaron costos unitarios de la energía firme y promedio y de la capacidad instalada. Los estimativos de costo incluyen costos de capital, intereses durante la construcción y costos de operación y mantenimiento.

Se presentan en el Cuadro 7-3 los costos obtenidos para la alternativa Miel II con cota máxima de operación 1045 y con la desviación del río Guarinó. Ver Figura 27.

En el Apéndice B hay un resumen explicativo de este análisis, en el cual se hace referencia a cuadros y figuras más detallados.

cuadros

CUADRO 7-1
 POTENCIA Y ENERGIA
 PROYECTO MIEL II

ALTERNATIVA	EMBALSE			Caudal Promedio (m ³ /s)	Caudal Regulado (m ³ /s)	CABEZA			ENERGIA		CAPACIDAD INSTALADA			
	Cota Maxima Operación (m)	Cota Mínima Operación m	Volumen Util (MM3)			Neta Nominal (m)	Neta Mínima (m)	Prme (Gwh)	Secundaria (Gwh)	Promedio (Gwh)	Potencia Continua (mw)	FP	0.4 (mw)	0.5 (mw)
MIEL II SOLO	1005	980	22.5	28.4	15.5	523.4	499.4	606	472	1078	69.2	186	148	124
	1025	990	43.6	28.4	19.0	545.0	510.0	764	372	1136	87.2	241	193	161
	1045	1000	75.3	28.4	20.7	564.2	519.3	853	323	1176	97.4	276	221	184
	1065	1010	119.7	28.4	23.0	583.0	528.2	969	246	1215	110.6	321	257	214
MIEL II CON DESVIACION DEL GUARINO	1005	980	22.5	47.8	24.0	518.2	493.9	929	801	1730	106.0	285	228	190
	1025	990	43.6	47.8	29.0	540.1	505.7	1155	706	1861	131.9	364	291	243
	1045	1000	75.3	47.8	33.0	557.2	512.2	1354	565	1919	154.6	439	351	292
	1065	1010	119.7	47.8	36.5	575.1	520.2	1519	468	1987	173.4	504	403	336

CUADRO 7-2
 POTENCIA Y ENERGIA EN MIEL I
 OPERANDO CONJUNTAMENTE CON MIEL II

ALTERNATIVA EN MIEL II	EMBALSE MIEL I			Caudal Promedio (m ³ /s)	Caudal Regulado (m ³ /s)	CABEZA		ENERGIA			Potencia Continua (mw)	CAPACIDAD INSTALADA			
	Cota Máxima Operación (m)	Cota Mínima Operación (m)	Volumen Util (MM3)			Neta Nominal (m)	Neta Mínima (m)	Firme (Gwh)	Secundaria (Gwh)	Promedio (Gwh)		FP	0.4 (mw)	0.5 (mw)	0.6 (mw)
MIEL II-1005	445	390	436.0	85.0	68.0	220.0	166.6	942	412	1354	107.6	408	326	272	
MIEL II-1025	445	390	436.0	85.0	68.0	220.0	166.5	942	413	1355	107.6	408	326	272	
MIEL II-1045	445	390	436.0	85.0	68.0	220.0	165.5	942	413	1355	107.6	408	327	272	
MIEL II-1065	445	390	436.0	85.0	68.0	220.9	166.7	950	406	1356	108.4	414	331	276	
MIEL II-1005 y GUARINO	445	390	436.0	104.3	78.0	219.7	165.3	1180	480	1660	134.7	516	412	344	
MIEL II-1025 y GUARINO	445	390	436.0	104.3	78.0	218.7	165.3	1187	472	1660	135.5	516	412	344	
MIEL II-1045 y GUARINO	445	390	436.0	104.3	78.0	218.8	165.4	1189	472	1661	135.7	516	413	344	
MIEL II-1065 y GUARINO	445	390	436.0	104.3	78.0	219.5	165.4	1195	467	1662	136.5	522	417	348	

COSTOS DE ENERGIA Y CAPACIDAD INSTALADA

PROYECTO MIEL II

CON LA DESVIACION DEL RIO GUARINO

Factor de Planta	Nivel Máximo de Embalse msnm	Energía Firme Gwh	Energía Promedio Gwh	Capacidad Instalada mw	Costos Totales US\$1000		Costos Anuales US\$1000			C o s t o s U n i t a r i o s			
					Construcción	Inversión	Operación	Amortización	Total	Energía Firme US Mills/kwh	Energía Promedio US Mills/kwh	Capacidad Instalada sin Interés US\$/kw	Capacidad Instalada con Interés US\$/kw
0.6	1005	929	1.730	190	179 519	226 630	1 335	10 675	22 010	23.7	12.7	945	1.193
0.5	1005	929	1.730	228	187 215	235 868	1 480	21 518	22 998	24.8	13.3	821	1.035
0.4	1005	929	1.730	285	197 957	248 706	1 693	22 689	24 382	26.2	14.1	695	873
0.6	1025	1.155	1.861	243	210 618	264 799	1 622	24 157	25 799	22.3	13.9	867	1.089
0.5	1025	1.155	1.861	291	219 695	275 622	1 804	25 144	26 948	23.3	14.5	755	947
0.4	1025	1.155	1.861	364	231 993	290 146	2 715	26 469	29 184	25.3	15.7	637	797
0.6	1045	1.354	1.919	292	232 853	291 953	1 868	26 634	28 502	21.1	14.9	797	1.000
0.5	1045	1.354	1.919	351	242 506	303 360	2 087	27 675	29 762	22.0	15.5	691	864
0.4	1045	1.354	1.919	439	260 323	324 693	2 421	29 621	32 041	23.7	16.7	593	739
0.6	1065	1.519	1.987	336	259 055	324 490	2 116	29 602	31 718	20.9	16.0	771	966
0.5	1065	1.519	1.987	403	272 148	340 165	2 367	31 032	33 399	22.0	16.8	675	844
0.4	1065	1.519	1.987	504	291 116	362 827	2 752	33 100	35 852	23.6	18.0	578	720

capítulo 8

estudios ecológicos
y socioeconómicos

ESTUDIOS ECOLOGICOS Y SOCIO-ECONOMICOS

8.1 GENERALIDADES

Este capítulo resume los estudios ecológicos y socio-económicos que se ejecutaron para la zona que afectará el embalse y las obras accesorias del Proyecto Miel II, tanto durante el período de construcción como en los años subsiguientes.

En los estudios se consideraron los aspectos relacionados con el estado actual de la hoya, los efectos que sobre ella tendrían las obras, la agricultura actual y futura, el aspecto forestal y la parte socioeconómica que afecta a la población en la economía de la región. Así mismo, se dan recomendaciones acerca de las medidas que deberán tomarse para disminuir el impacto ambiental del proyecto y para preservar el equilibrio ecológico y defender la zona como reserva y recurso natural.

8.2 ASPECTOS ECOLOGICOS

El embalse de La Miel II inundará una zona de 2.35 km² y las obras accesorias y campamentos cubrirán otros 3 km² aproximadamente. Los efectos ecológicos del proyecto sobre la zona son de dos clases: directos, causados por trabajos de construcción y llenado del embalse; e indirectos y a largo plazo como consecuencia de las alteraciones del microsistema por la presencia del vaso.

El ecosistema de la zona del proyecto ya ha experimentado cambios como consecuencia de la colonización que ha traído consigo la tala del bosque original y las quemadas, para dedicar las tierras a los cultivos, especialmente el café. Durante la construcción de las obras se acentuará el cambio por el movimiento de tierras, excavaciones, apertura de vías y campamentos, lo cual producirá gran cantidad de desechos de suelos y material vegetal.

Se enturbiarán las aguas del río y habrá zonas que quedarán propensas a la erosión y habrá migración de especies de animales e insectos a otros habitats.

Terminadas las obras, el cuerpo del agua del embalse causará un cambio en el microsistema por la mayor humedad, la evaporación y mayor reflectividad de la luz. El efecto de la presa sobre la pesca no será tan grande como en la Miel I, porque la subienda cíclica no llega hasta allí y también porque las poblaciones ícticas son menores.

Para minimizar los efectos de las obras sobre el ecosistema deberán tomarse las medidas necesarias durante la construcción y después de terminado el proyecto, para garantizar que se restaure el equilibrio ecológico en los mismos habitats y se beneficien todas las manifestaciones de vida, especialmente el hombre quien es el autor y usufructuario principal del ecosistema. El proyecto traerá sin duda algunos beneficios para la región y su economía que compensará sobradamente los cambios ecológicos que derivarán de su construcción.

8.3 ASPECTOS SOCIOECONOMICOS

El río La Miel es el eje del ecosistema de la región, que en relación a su clima, topografía y suelos, es apto para la agricultura del café, principalmente, con otros cultivos de menor importancia, labores a las que está dedicada la población rural. Las fincas son pequeñas y son empresas netamente familiares, que funcionan con métodos de cultura primitivos y sin la ayuda de la tecnología moderna. La infraestructura se circunscribe a las carreteras intermunicipales, el servicio de luz eléctrica y las instalaciones de sanidad y educación existentes en la población de la región. El estado general de salud de los habitantes es el típico de la población campesina colombiana, que sufre de enfermedades endémicas del sistema digestivo por los parásitos intestinales debido a la carencia de plantas de purificación de agua. No se observan en la región la malaria ni la fiebre amarilla. La alimentación de los habitantes es rica en carbohidratos y pobre en vitaminas y proteínas, lo cual se refleja en el estado de salud de la comunidad.

Los niños de la zona acuden a la escuela primaria y terminados sus estudios se dedican a las faenas agrícolas y muy pocos prosiguen a estudios secundarios por la carencia de medios y la necesidad de que aumenten la fuerza laboral familiar en las pequeñas fincas de café. Los niveles de ingreso de la población fluctúan de \$4.500.00 a \$6.000.00 mensuales, para obreros o jornaleros a nivel de una finca cafetera el ingreso familiar llega a \$300.000.00 al año. El comercio se reduce a la venta de café y otros cultivos y a la adquisición de los elementos de consumo que requiere la familia para su subsistencia.

Los problemas de relocalización como consecuencia de las obras se reducirán a 20 familias (100 personas) cuyas casas se encuentran dentro de la zona del embalse. El valor de las tierras incultas se estima entre \$40.000 y \$50.000 por hectárea, y una hectárea de café en \$200.000. En resumen, la construcción de las obras lejos de traer un perjuicio para la comunidad, beneficiará considerablemente la región y a sus habitantes porque abrirá vías de comunicación, creará fuentes de trabajo y como consecuencia de las centrales hidroeléctricas se creará un nuevo polo de desarrollo.

capítulo 9

conclusiones y
recomendaciones

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con base en los resultados de la investigación de campo, los levantamientos geológicos, la evaluación de riesgos sísmicos, los ensayos de materiales, los análisis de alternativas y demás estudios presentados en este informe, el Consorcio se permite presentar a continuación las conclusiones del estudio y hacer algunas recomendaciones orientadas hacia la acción futura para llevar el proyecto a su fase de construcción.

9.1 CONCLUSIONES

El estudio de factibilidad demuestra que el Proyecto Miel II presentado en este informe es viable técnicamente y tiene costos que se comparan favorablemente con el proyecto Miel I y con otros proyectos en el país.

La cercanía de la hoya vecina del río Guarinó hace posible efectuar la desviación de caudales en cantidad muy similar a los del río La Miel, incrementando la capacidad de generación de la planta en más de un 50% con la correspondiente reducción del costo de la energía y de la capacidad instalada. Por lo tanto, la desviación del Guarinó se debe considerar como parte integral del Proyecto Miel II.

El Proyecto Miel II está geográficamente localizado muy favorablemente con respecto al centro de consumo natural, Manizales, ya que la distancia de la línea de transmisión es relativamente corta. También en esta ciudad se encuentra el Centro de Despacho del Sistema de Interconexión Nacional en la Esmeralda.

Las características topográficas del área son favorables, ya que presentan un salto natural de cerca de 420 m en una distancia de conducción de ocho kilómetros aproximadamente. También el sitio de presa es privilegiado ya que para una estructura de gran altura, 170 m, requiere un volumen de terraplén relativamente pequeño; además el talud de aguas abajo tiene confina

miento natural de una curva del río que favorece la estabilidad de la presa.

Como desventaja de las condiciones topográficas cabe mencionar que lo escarpado de la región no permite el desarrollo de un embalse de buena capacidad.

Las condiciones geológicas del proyecto son favorables y adecuadas para las obras proyectadas. En el sitio de presa se encuentran esquistos duros, masivos y estables, satisfactorios para la fundación de la estructura. El túnel de conducción atravesará formaciones ígneas de dioritas y formaciones metamórficas de esquistos que no deben presentar problemas de construcción. El sitio de casa de máquinas se encuentra también en roca masiva, sana, metamórfica, con algunas evidencias de esfuerzos que hacen necesario orientar cuidadosamente el eje largo de la caverna en la etapa de diseño.

Las condiciones geológicas del túnel de conducción del Guarinó, que fueron estudiadas extensamente, pueden presentar algunos problemas constructivos en sitios específicos como el cruce de la quebrada San Juan. Sin embargo, la conclusión de los estudios y el concepto de los consultores extranjeros son que las condiciones geológicas a lo largo de los 14 kilómetros del túnel serán las normales para un túnel en esquistos metamórficos.

La energía firme que puede ser generada en el Proyecto Miel II, incrementada por la desviación del río Guarinó, es de 1354 gwh por año, y la energía promedio es de 1919 gwh, que es un bloque de energía similar y aún superior a la generación en la Proyecto Miel I. La capacidad instalada de la planta sería de 351 mw con factor de planta de 0.5. El costo de instalación es ligeramente inferior a US\$700 por kilovatio instalado y el costo de la energía promedio es de US\$0.015 por kwh.

La regulación del río La Miel en su parte alta no favorece apreciablemente la generación en el embalse bajo de la Miel I, pero la desviación del río Guarinó aumenta la generación de la planta de Miel I en un 26%, y este beneficio deberá tenerse en cuenta en los futuros análisis económicos del Proyecto Miel II.

Aunque aparentemente los costos y la capacidad de generación de Miel II son comparables y en algunos casos más favorables a aquellos de la Miel I, las investigaciones adicionales durante el diseño de Miel II serán mucho más extensas, especialmente aquellas para la localización de la caverna de casa de máquinas y el túnel de desviación del río Guarinó. Además, el período de construcción es por lo menos un año más largo que el de Miel I, debido a la longitud de los túneles que hacen parte del proyecto.

9.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda presentar el Proyecto de Miel II al Ministerio de Minas y Energía, Planeación Nacional, ISA y demás entidades relevantes del desarrollo energético del país, ya que es un proyecto que puede generar un bloque de energía importante, no solamente para la región sino también dentro del ámbito nacional, y presenta aproximadamente un 10% de la generación total del país en 1979.

Se recomienda comenzar prontamente los estudios definitivos y diseño del Proyecto Miel II para disponer de suficiente tiempo, por lo menos dos años, para la ejecución de investigaciones detalladas y demás estudios, algunos de los cuales se recomiendan más adelante.

Se recomienda efectuar, sin solución de continuidad, las mediciones hidrológicas de las nuevas estaciones de aforos instaladas, ya que las series históricas que fueron la base para la generación de caudales son muy cortas. Se deberán actualizar durante la etapa de diseño, la serie de caudales y demás datos hidrológicos, tanto del río La Miel como del río Guarinó.

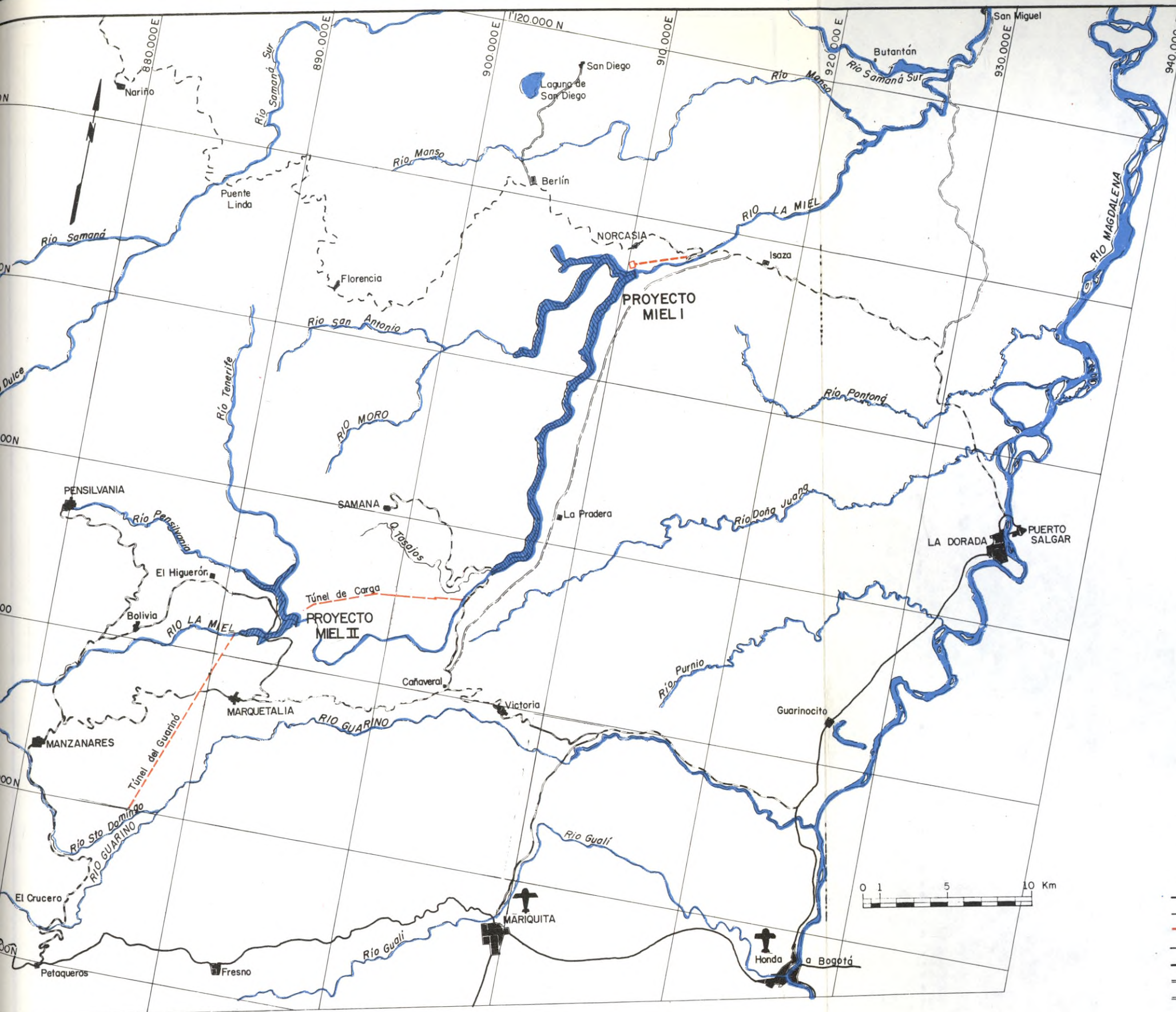
Entre las investigaciones más importantes que se deberán llevar a cabo durante la etapa de diseño, el Consorcio se permite recomendar las siguientes:

- Perforaciones profundas para optimizar la localización de la caverna de casa de máquinas.
- Perforaciones numerosas y algunas de gran profundidad a lo largo de los 14 km del túnel del Guarinó.

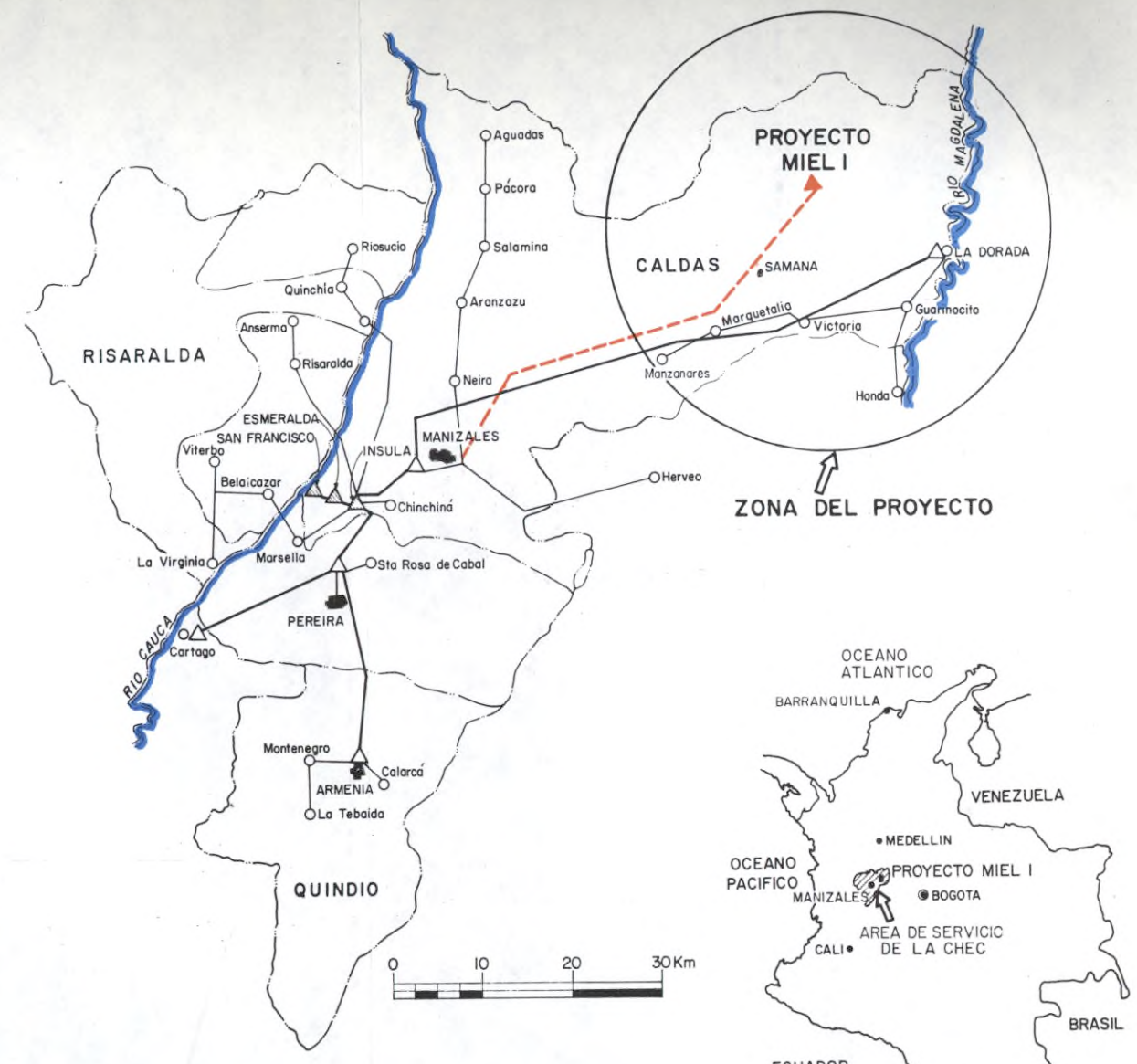
- Instrumentación de fallas reconocidas como recientes y de otras de gran magnitud, como la de Palestina, por medio de geófonos de alta sensibilidad para evaluar el riesgo sísmico.

Considerando el volumen relativamente pequeño del embalse y las grandes variaciones de cuadales, se recomienda especialmente reforestar la hoya hidrográfica del río La Miel y conservar la hoya del Guarinó. Si es económicamente posible, sería conveniente adquirir grandes zonas en las cabeceras de los ríos y declarar parque nacional las áreas de bosques existentes.

figuras



ZONA DEL PROYECTO



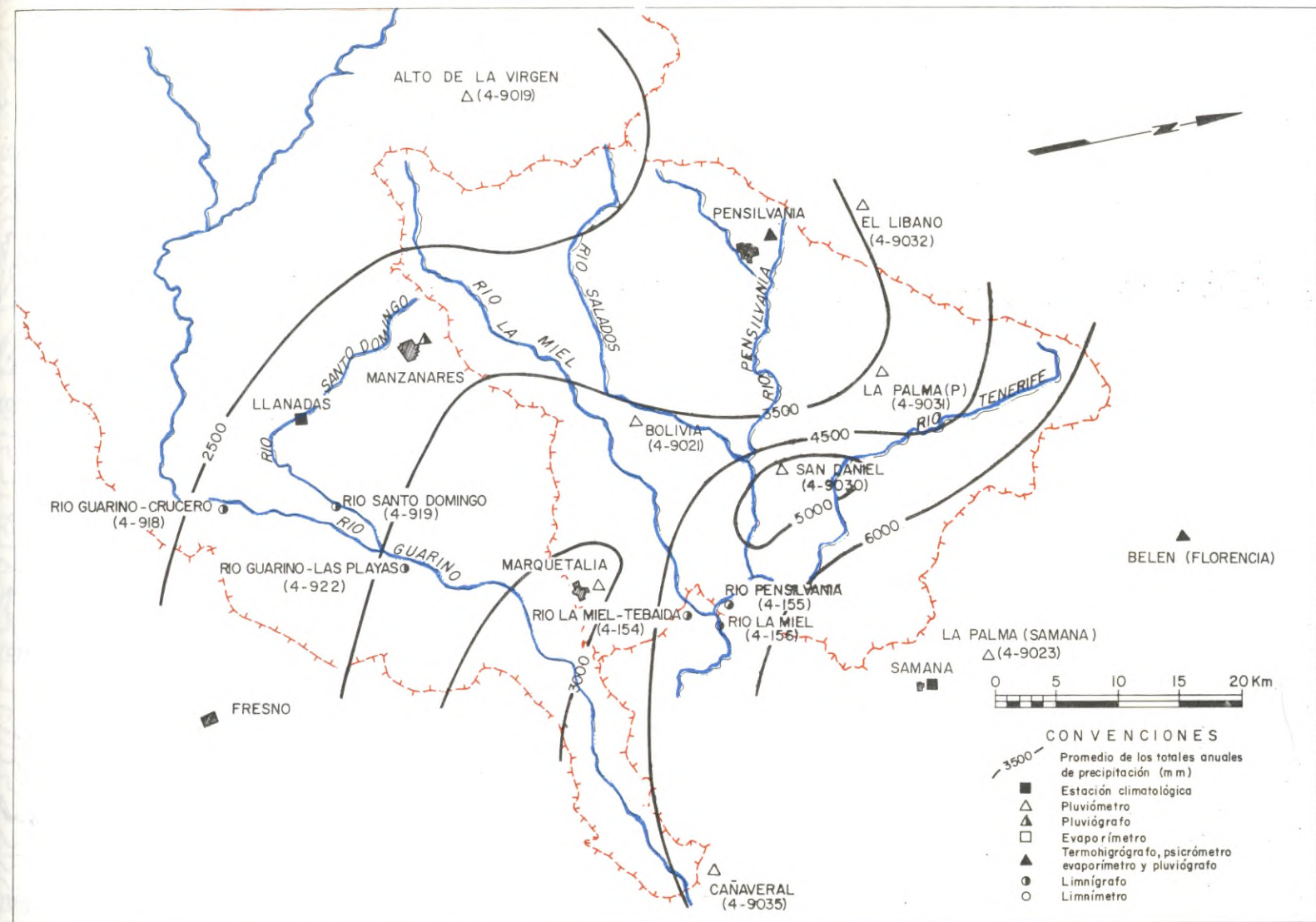
CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALDAS
AREA DE SERVICIO

MAPA GENERAL

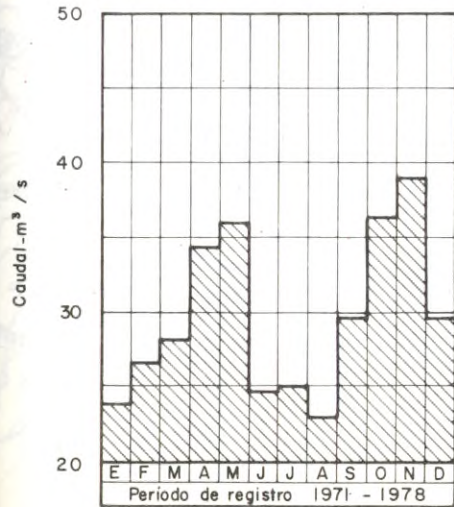
CONVENCIONES

- △ Subestación a 115 KV
- ▲ Planta de generación
- Línea de transmisión de 115 KV
- Línea de transmisión de 33 KV
- - - Línea de transmisión del proyecto de 230 KV
- - - Límite departamental
- Carretera pavimentada
- Carretera sin pavimentar
- Carreteable

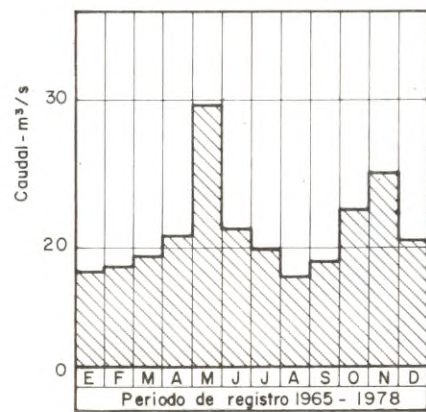
	INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALDAS	
	DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL PROYECTO MIEL II - FACTIBILIDAD TECNICA	
LOCALIZACION GENERAL DEL PROYECTO		
CONSORCIO RIO LA MIEL INTERDISEÑOS-SUELOS Y FUNDACIONES-GEOCOLOMBIA		FECHA JUNIO - FIGURA 1



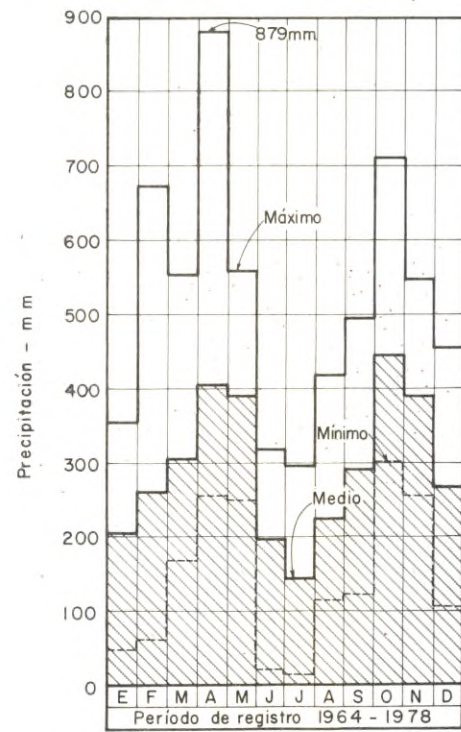
- CONVENCIONES**
- ▲ Promedio de los totales anuales de precipitación (m.m.)
 - Estación climatológica
 - △ Pluviómetro
 - ▲ Pluviógrafo
 - Evaporímetro
 - Termohigrógrafo, psicrómetro evaporímetro y pluviógrafo
 - Limnógrafo
 - Limnómetro



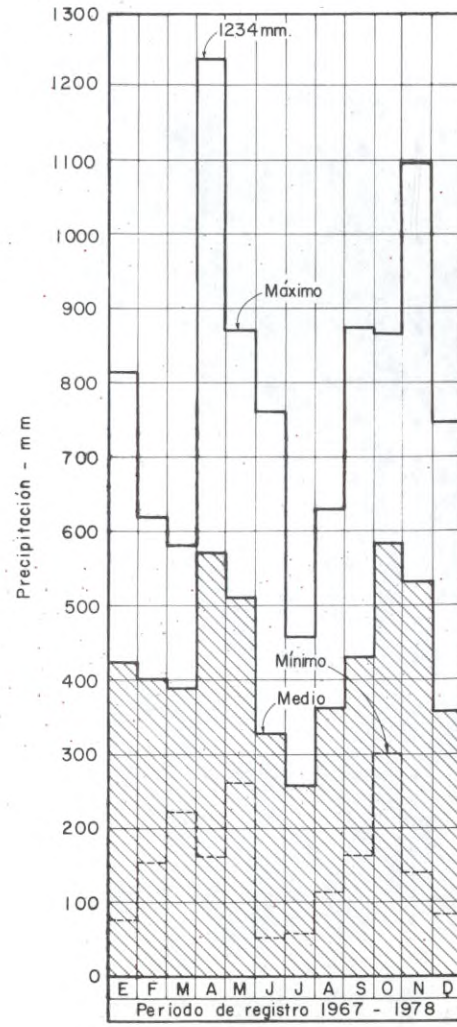
CAUDAL MEDIO MENSUAL
MIEL II



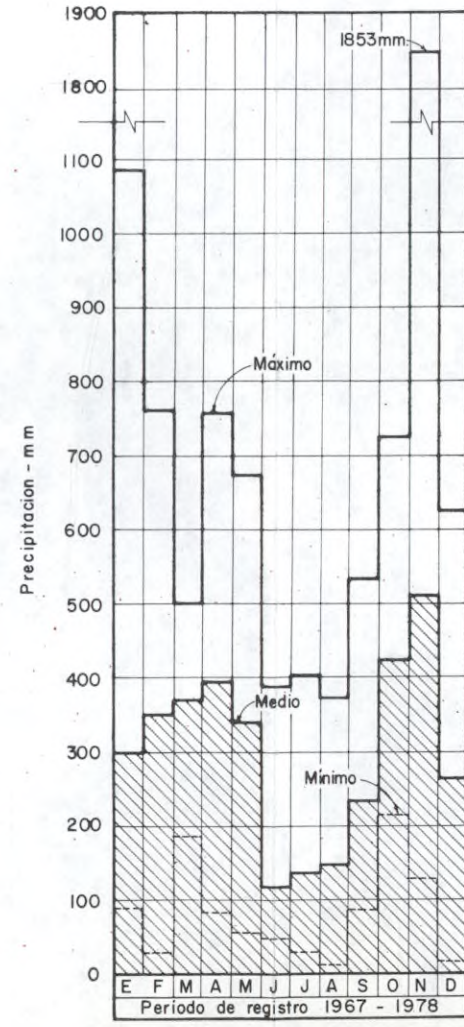
CAUDALES MEDIOS MENSUALES
RIO GUARINO
ESTACION 4 - 922



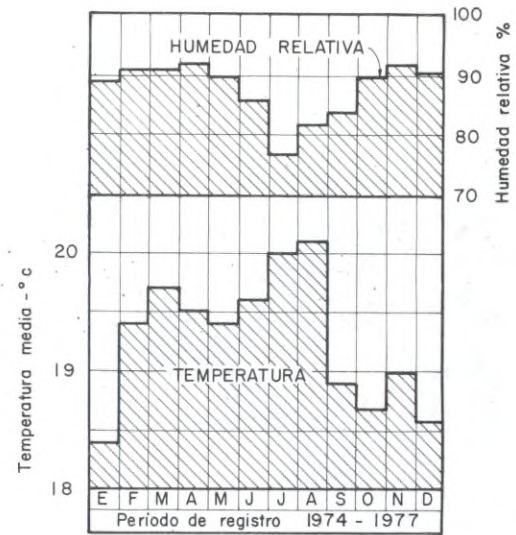
LLUVIA MEDIA MENSUAL
EN BOLIVIA
ESTACION 4 - 9021



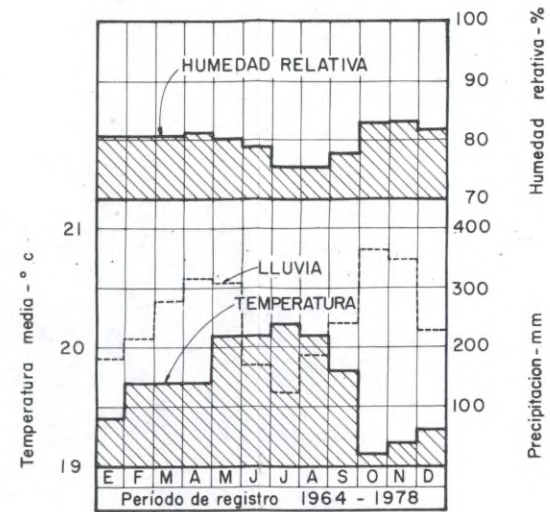
LLUVIA MEDIA MENSUAL
EN SAN DANIEL
ESTACION 4 - 9030



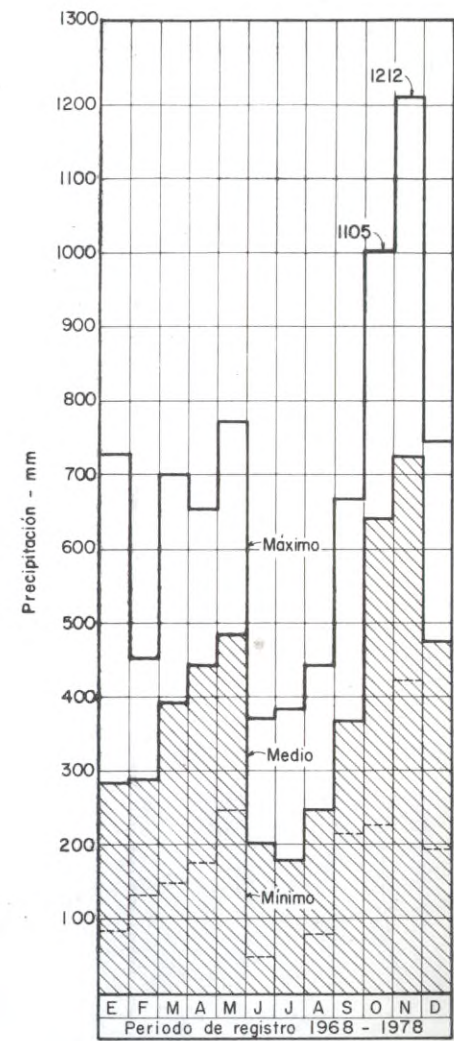
LLUVIA MEDIA MENSUAL
EN LA PALMA (PENSILVANIA)
ESTACION 4 - 9031



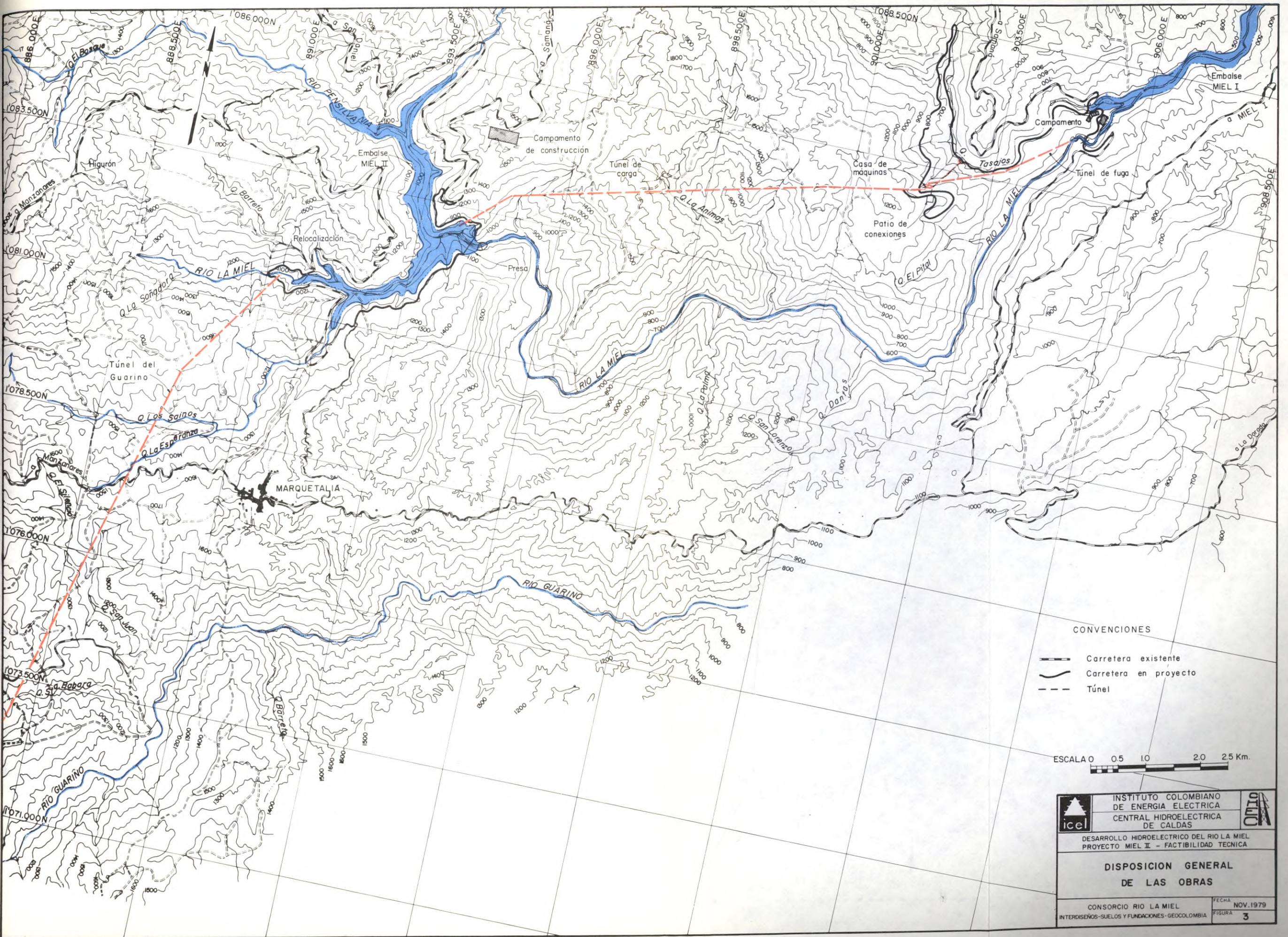
TEMPERATURA MEDIA Y
HUMEDAD RELATIVA
EN SAMANA



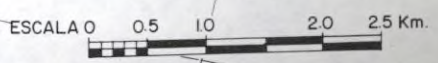
LLUVIA MEDIA MENSUAL
TEMPERATURA MEDIA Y
HUMEDAD RELATIVA EN
LLANADAS



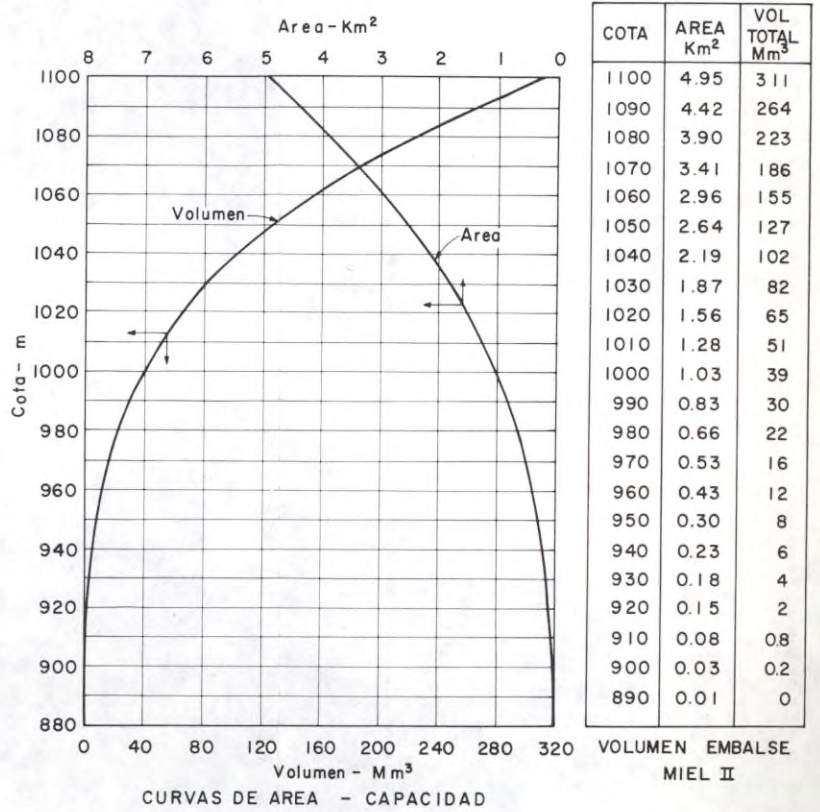
LLUVIA MEDIA MENSUAL
EN CAÑAVERAL
ESTACION 4 - 9035



- CONVENCIONES
- Carretera existente
 - Carretera en proyecto
 - Túnel

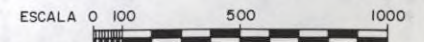



	INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALDAS	
	DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL PROYECTO MIEL II - FACTIBILIDAD TECNICA	
DISPOSICION GENERAL DE LAS OBRAS		
CONSORCIO RIO LA MIEL INTERDISEÑOS-SUELOS Y FUNDACIONES - GEOCOLOMBIA		FECHA NOV. 1979 FIGURA 3




CONVENCIONES

- Carretera existente
- Carretera en proyecto
- - - Túnel





INSTITUTO COLOMBIANO
DE ENERGIA ELECTRICA



OTIA

CENTRAL HIDROELECTRICA
DE CALDAS

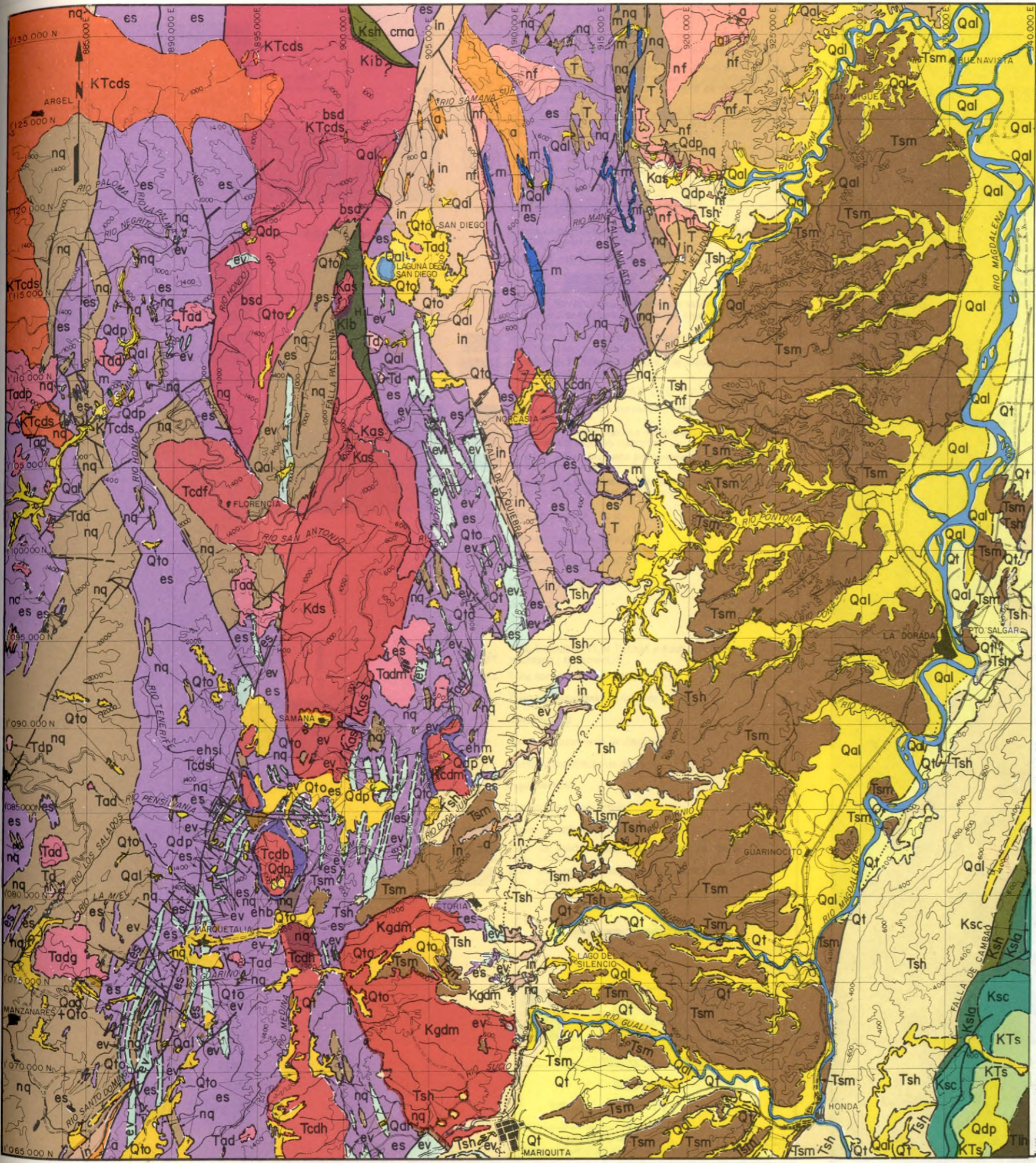
DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL
PROYECTO MIEL II - FACTIBILIDAD TECNICA

EMBALSE

CONSORCIO RIO LA MIEL
INTERDISEÑOS-SUELOS Y FUNDACIONES- GEOCOLOMBIA

FECHA
NOV. 1979

FIGURA
4



CONVENCIONES

ROCAS INTRUSIVAS

ROCAS SEDIMENTARIAS Y METAMORFICAS

- | | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| <p>Td
PORFIDO DACITICO
Rocas hipoabissales predominantemente daciticas, con variaciones granodioriticas.</p> <p>Tdp
DIQUE PEGMATITICO</p> <p>Kcdm Kcdn Tcdh Tcdb Tcdf Tcdsi
INTRUSIVOS CUARZODIORITICOS
Kcdm: Intrusivo de La Miel, cuarzodiorita biotitica-hornblendica con variaciones a granodiorita.
Kcdn: Stock de Norcasia, cuarzodiorita a tonalita biotitica inequigranular, grano grueso.
Tcdh: Intrusivos de El Hatillo, cuarzodiorita biotitica inequigranular, grano grueso.
Tcdb: Stock de La Bella, cuarzodiorita biotitica holocristalina inequigranular de grano grueso.
Tcdf: Intrusivo de Florencia, cuarzodiorita biotitica-hornblendica de grano grueso con variaciones a granodiorita.
Tcdsi: Intrusivo de El Silencio, cuarzodiorita biotitica-hornblendica de grano medio a grueso.</p> <p>cma
CUARZOMONZONITA DE AQUITANIA</p> <p>Kas
ALASKITA DE SAMANA
Alaskita de grano grueso inequigranular</p> <p>Kgd
INTRUSIVOS DE MARIQUITA
Granodiorita biotitica hololeucocritica inequigranular, con variacion local a diorita, cuarzodiorita o cuarzomonzonita.</p> <p>Kds
COMPLEJO IGNEO DE SAMANA
Cuerpo de composicion muy variable, predominantemente dioritico, incluye alaskita, cuarzodiorita y gabro hornblendico-piroxenico.</p> <p>in
MIGMATITAS Y ANFIBOLITAS
Roca orientada, inequigranular, grano grueso, de composicion cuarzodioritica a cuarzomonzonitica. Hacia el Este del area se mezcla con rocas metamorficas originando diversos tipos de migmatitas; la fraccion metamorfica consta de anfibolita, esquistos, neis cuarzo-feldespatico y neis con silicatos de calcio. Se presentan bancos y niveles de cuarcita (na) intercalados.</p> | <p>Qal Qt
DEPOSITOS ALUVIALES
Qal: Aluviones recientes
Qt: Terrazas aluviales</p> <p>Qdp
DERRUBIOS DE PENDIENTE</p> <p>T
SEDIMENTOS TERCIARIOS NO DIFERENCIADOS
Arenisca, conglomerado y lutita en el Valle del Magdalena. Localmente incluye terrazas antiguas.</p> <p>ehsi ehb ehm
AUREOLAS DE CONTACTO
ehsi: Esquisto hornfelsico de El Silencio.
ehb: Esquisto hornfelsico de La Bella.
ehm: Esquisto hornfelsico de La Miel.</p> <p>Ksc
FORMACION CIMARRONA
Conglomerados con fragmentos de cuarzo y matriz arenosa-calcarea; lutitas y limolitas negras con intercalaciones de areniscas.</p> <p>Ksla
NIVEL DE LUTITAS Y ARENSICAS
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 fosiliferas; incluye lentes de conglomerado con cantos de cuarzodioritas y rocas metamorficas. Posiblemente incluye horizontes jurasicos.</p> <p>bsd na m ev es ea nf
ROCAS CON METAMORFISMO REGIONAL OCASIONALMENTE AFECTADAS POR METAMORFISMO DINAMICO Y/O TERMICO
bsd: Rocas metamorficas no diferenciadas de muy bajo grado, conservan la textura sedimentaria original.
m: Marmol y rocas con silicatos de calcio, con variacion lateral a cuarcita.
na: Cuarcita y cuarcita biotitica-feldespatica, con transiciones locales a esquisto y neis cuarzo feldespatico.
ev: Esquisto verde compuesto principalmente por albita, epidota, clorita y actinolita.
es: Esquisto grafitoso, micaceo, cuarzo-feldespatico y aluminico; filitas.
ea: Anfibolita y esquisto anfibolitico.
nf: Esquisto micaceo y neis cuarzo-feldespatico-biotitico de grado medio a alto.</p> | <p>Qto Qag
DEPOSITOS PIROCLASTICOS Y GLACIOFLUVIALES
Qto: Incluye depositos glaciofluviales y localmente flujos de lodo y delgadas capas de tefritas. Tobas.
Qag: Aglomerado compuesto por fragmentos redondeados y angulares de roca ignea y metamorfica en matriz tobacea.</p> <p>Tsm
FORMACION MESA
Alternancia de lutitas y areniscas; arenas tobaceas y gravas con cantos de rocas volcanicas; lutitas rojas.</p> <p>Tsh
GRUPO HONDA
Lutitas rojas con intercalaciones de areniscas; arenas y gravas con cantos de rocas metamorficas e igneas intrusivas y efusivas, lutitas; areniscas grises, arcillolitas y limolitas.</p> <p>Tih
FORMACION HOYON
Conglomerados con cantos de cuarzo, rocas igneas y metamorficas; lutitas color violeta; gravas y areniscas.</p> <p>KTs
FORMACION SECA
Lutitas rojas con intercalaciones de areniscas.</p> | <p>CUATERNARIO</p> <p>TERCIARIO</p> <p>CRETACEO</p> <p>PALEOZOICO</p> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|

SIMBOLOS

- Localización aproximada de contacto.
 - Localización de falla, flechas indican movimiento, L=levantado, H=hundido.
 - Localización aproximada de falla.
 - Falla probable o incierta.
 - Falla cubierta.
 - Lineamiento fotogeológico.
- ESCALA: 0 1 5 10 Km

NOTAS: -Modificado de Feinger et al (1970) y Barrero y Vesga (1976).
-Base topografica del Instituto Geografico "Agustin Codazzi".

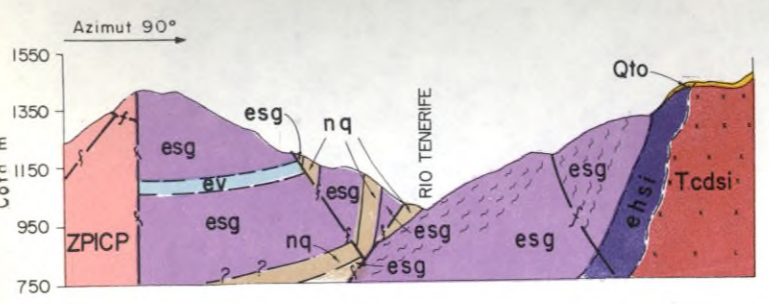
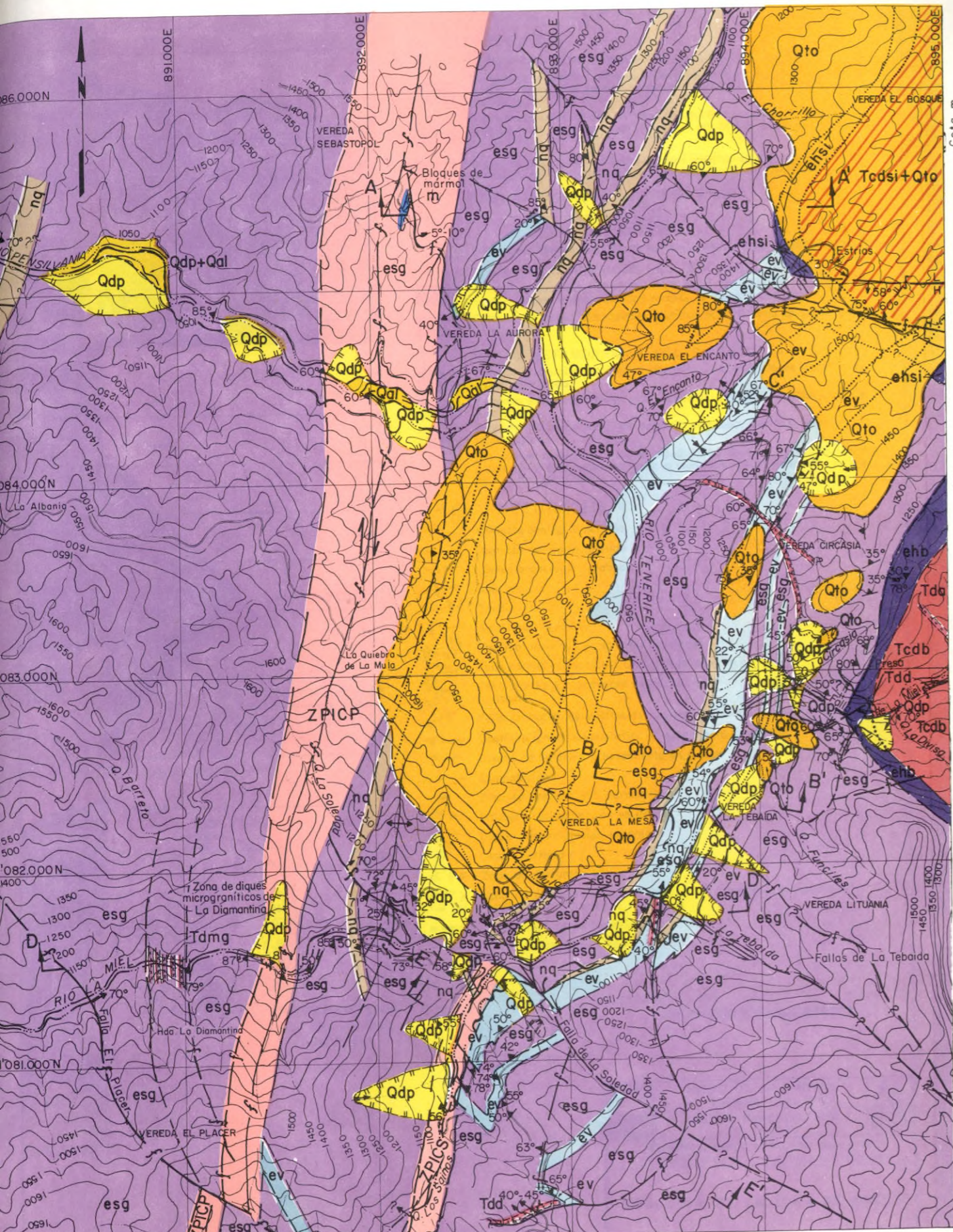
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALDAS

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

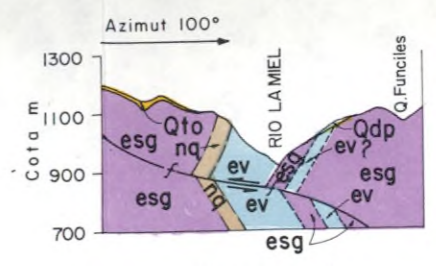
MAPA GEOLOGICO GENERAL

CONSORCIO RIO LA MIEL
INTERDISEÑOS-SUELOS Y FUNDACIONES-GEOCOLOMBIA

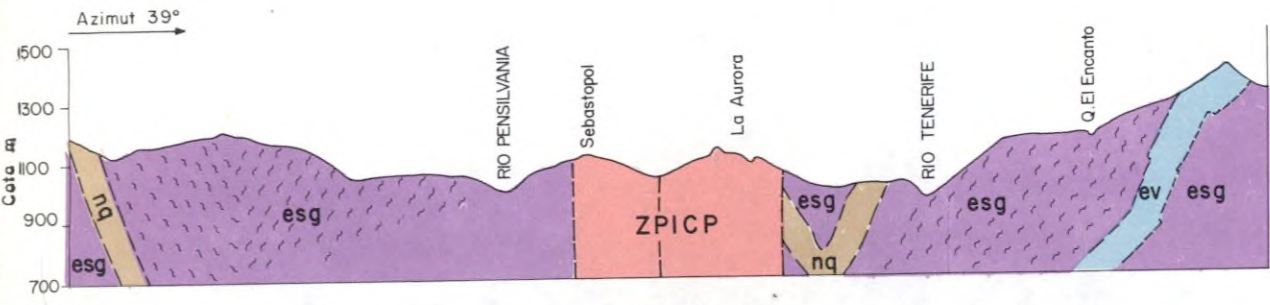
FECHA: NOV. 1979
FIGURA: 5



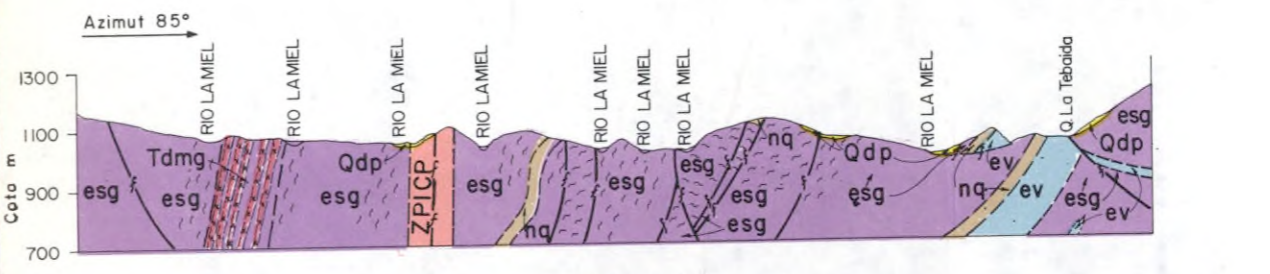
CORTE A-A'



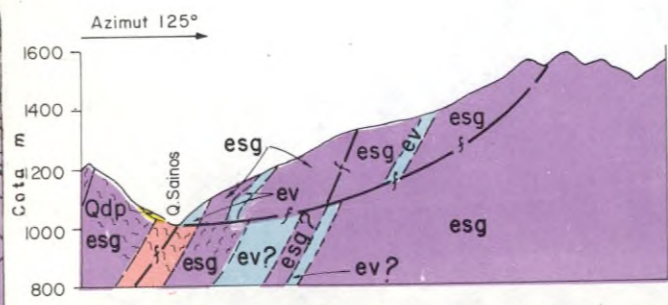
CORTE B-B'



CORTE C-C'



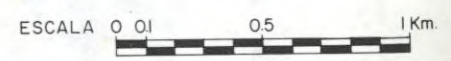
CORTE D-D'



CORTE E-E'

CONVENCIONES

- A - LITOLÓGICAS**
- DEPOSITOS CUATERNARIOS NO CONSOLIDADOS**
- Qdp** Derrubio de pendiente: bloques, cantos y fragmentos angulares de roca metamórfica e ígnea que cubren los laderos de las principales corrientes de agua. En la mayoría de los casos presentan una fracción de limo-arcilla.
 - Qal** Depósitos aluviales: clastos de roca metamórfica e ígnea, redondeados o semirredondeados, en proceso de transporte por acción directa de las corrientes de agua, en aluviones y terrazas.
 - Qto** Depósitos piroclásticos: tobas de color amarillito a pardo con puestas por cenizas, lapilli y bombas volcánicas de deposición predominantemente eólica.
- ROCAS INTRUSIVAS DEL TERCIARIO**
- Tda Tdmg Tddr Tdps Tdd** Diques de composición variada de aptítico, microgranítico y diorítico a pórfido-dacítico y dacítico.
- ROCAS METAMÓRFICAS DEL TERCIARIO**
- ehb ehsl** Esquisto hornfelsico de gris-verdoso oscuro a gris-azulado, masivo, de fractura concoide, del stock de La Bella y el intrusivo de El Silencio.
 - Tcdb** Stock de La Bella: cuarzdiorita biotítica holocristalina de grano grueso, inequigranular.
 - Tcdsi** Intrusivo de El Silencio: cuarzdiorita biotítica-hornbléndica de grano medio a grueso.
- ROCAS METAMÓRFICAS DEL PALEOZOICO**
- m** Mármol con estructura bandeada y variación lateral a cuarcita y esquisto
 - nq** Cuarcita y cuarcita biotítica-feldespática, con transiciones locales a esquisto cuarcítico.
 - ev** Esquisto verde compuesto principalmente por albita, epidoto, clorita y actinolita.
 - esg** Esquisto gris compuesto por esquisto micáceo, grafitico, cuarcítico, feldespático y calcáreo.
- B - ESTRUCTURALES**
- Contacto geológico definido
 - - - Contacto geológico inferido
 - · - Contacto geológico probable
 - ↕ Anticlinal
 - ↘ Sinclinal
 - ↗ Falla direccional (Las flechas indican movimiento; L = levantado; H = hundido)
 - ↘ Falla normal y buzamiento en grados
 - 60° 80° Rumbo y buzamiento de foliación
 - Esquistosidad
 - 55° 62° Rumbo y buzamiento de diaclasa
 - Rumbo y buzamiento de dique
 - Dique vertical
 - ↘ Zona de derrumbe activo
 - Límite de embalse y cauces de agua
 - ZPICP** Zona de posible influencia cataclástica de la falla Palestina
 - ZPICS** Zona de posible influencia cataclástica de la falla Sainos



	INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALDAS	
	DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL PROYECTO MIEL II - FACTIBILIDAD TECNICA	
GEOLOGIA DE LA ZONA DE EMBALSE		
CONSORCIO RIO LA MIEL INTERDISEÑOS-SUELOS Y FUNDACIONES-GEOCOLOMIA		FECHA: NOV. 1973 FIGURA: 6

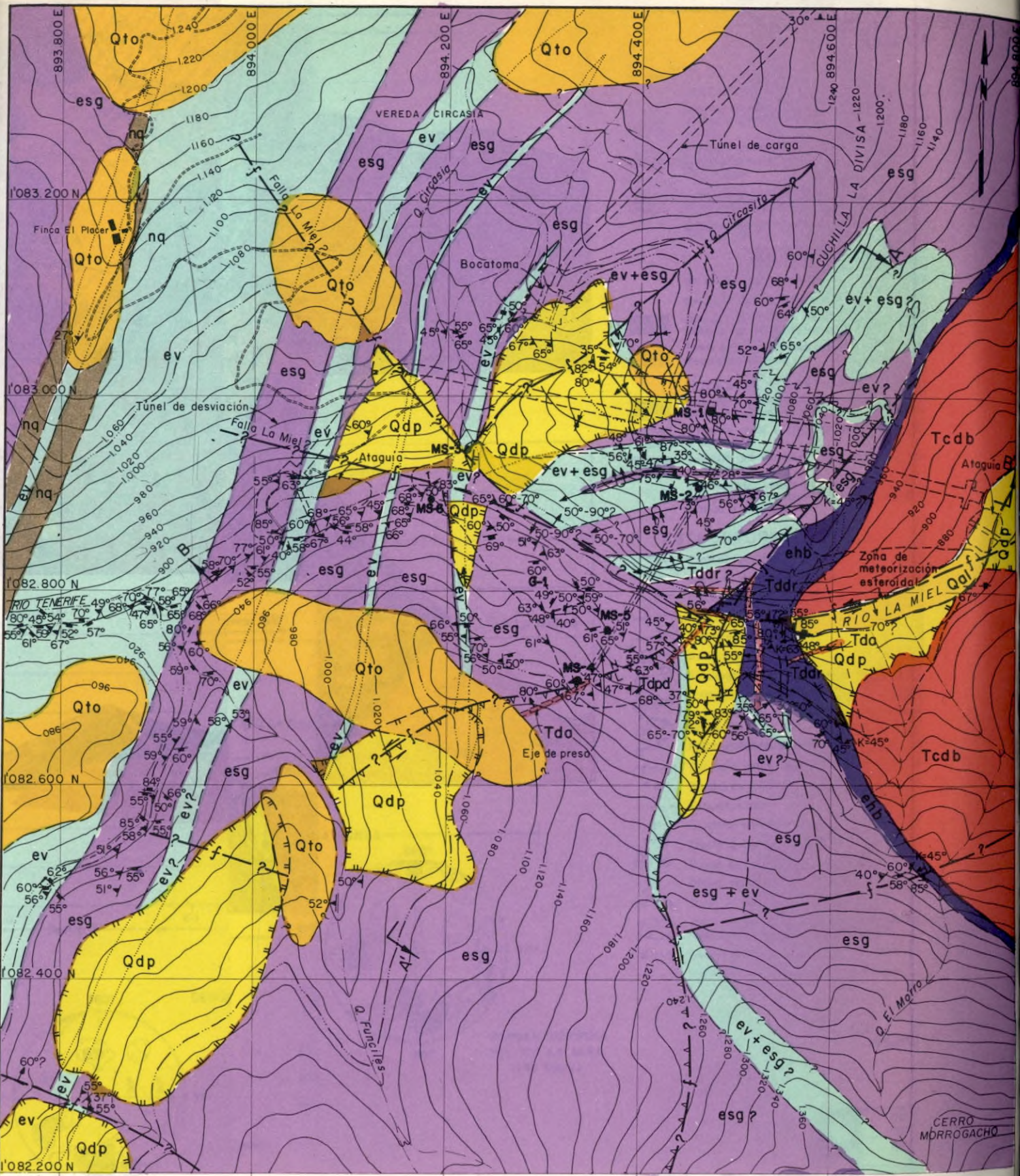


DIAGRAMA DE CONTORNOS
 PUEBLO DE DATASASMEY
 45 Paises

CONVENCIONES

A - LITOLÓGICAS

DEPOSITOS CUATERNARIOS NO CONSOLIDADOS

Qdp Derrubio de pendiente: bloques, cantos y fragmentos angulares de roca metamórfica e ígnea. En la mayoría de los casos presentan una fracción de limo-arcilla.

Qal Depósitos aluviales: clastos de roca metamórfica e ígnea, redondeados o semiangulares, en proceso de transporte por acción directa de las corrientes de agua.

Qto Depósitos piroclásticos: tobas de color amarillo a pardo compuestas por cenizas, lapilli y bombas volcánicas de deposición predominantemente eólica.

ROCAS INTRUSIVAS DEL TERCIARIO

Tda Tddr Tdpd Tdd

Diques de composición variada, de aplítico y diorítico a pórfido-dacítico y dacítico.

ROCAS METAMORFICAS DEL TERCIARIO

ehb Aureola de contacto del stock de La Bella. Esquisto hornfelsico de gris verdoso oscuro a gris-azulado, masivo, de fractura concoide

Tcdb Stock de La Bella: cuarzdiorita biotítica holocristalina de grano grueso, inequigranular.

ROCAS METAMORFICAS DEL PALEOZOICO

nq Cuarzita y cuarcita biotítica-feldespática, con transiciones locales a esquisto cuarcítico.

ev Esquisto verde compuesto principalmente por albita, epidota, clorita y actinolita.

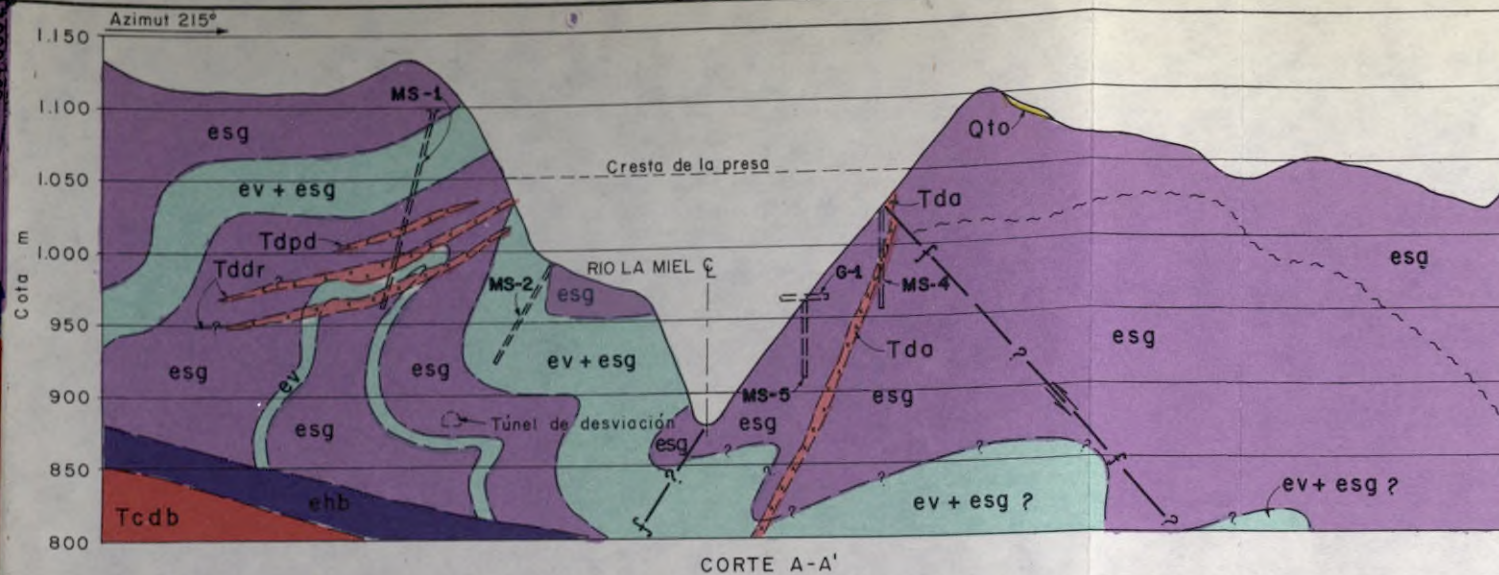
esg Esquisto gris compuesto por esquisto micáceo, grafitico, cuarcítico y feldespático.

Los esquistos verdes y grises de la cuchilla La Divisa y cerro Morrogacho, aguas abajo de la confluencia de la quebrada Circasia, son de textura néisica a migmatítica.

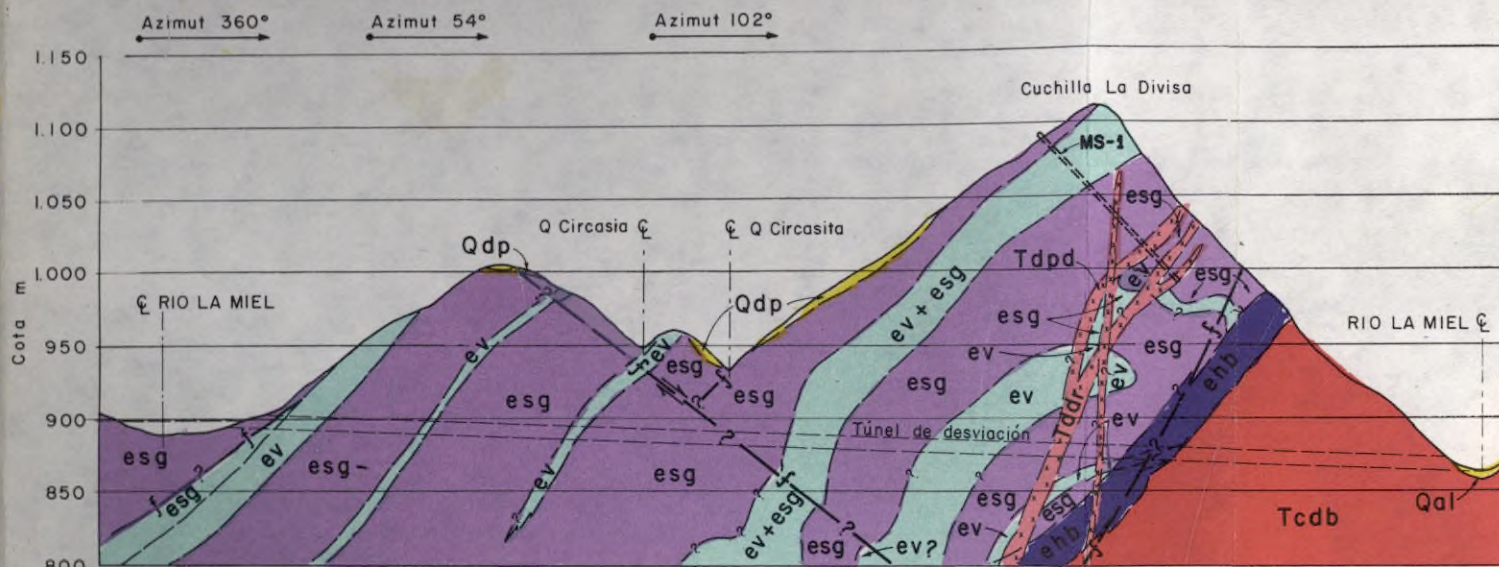
B - ESTRUCTURALES

- Contacto geológico definido
- Contacto geológico inferido
- - - Contacto geológico probable
- ↕ Anticlinal
- ↘ Sinclinal
- ↗ Anticlinal invertido
- ↘↗ Sinclinal invertido y cabeceo en grados
- ↘↗ Falla normal - direccional (?) y buzamiento en grados
- ↘↗ Falla inversa y buzamiento en grados, mostrando posible componente horizontal
- ↘↗ Falla probable, generalmente cubierta por depósitos cuaternarios
- ↘↗ Contacto ígneo-metamórfico y buzamiento en grados
- ↘↗ Rumbo de foliación y buzamiento en grados
- Esquistosidad
- ↕ Diaclasa vertical y/o paravertical
- ↘↗ Diaclasa con inclinación en grados
- ↘↗ Dique con inclinación en grados
- ↕ Dique vertical
- ↘↗ Zona de derrumbe activo
- ↘↗ Zona de derrumbe inactivo (derrubio de pendiente generalmente recubierto por depósitos tobáceos)
- MS-2 Localización de perforación y su número
- Límite de embalse y cauces de agua

ESCALA: 0 50 100 200 m



CORTE A-A'

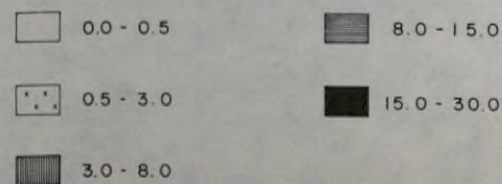


CORTE B-B'



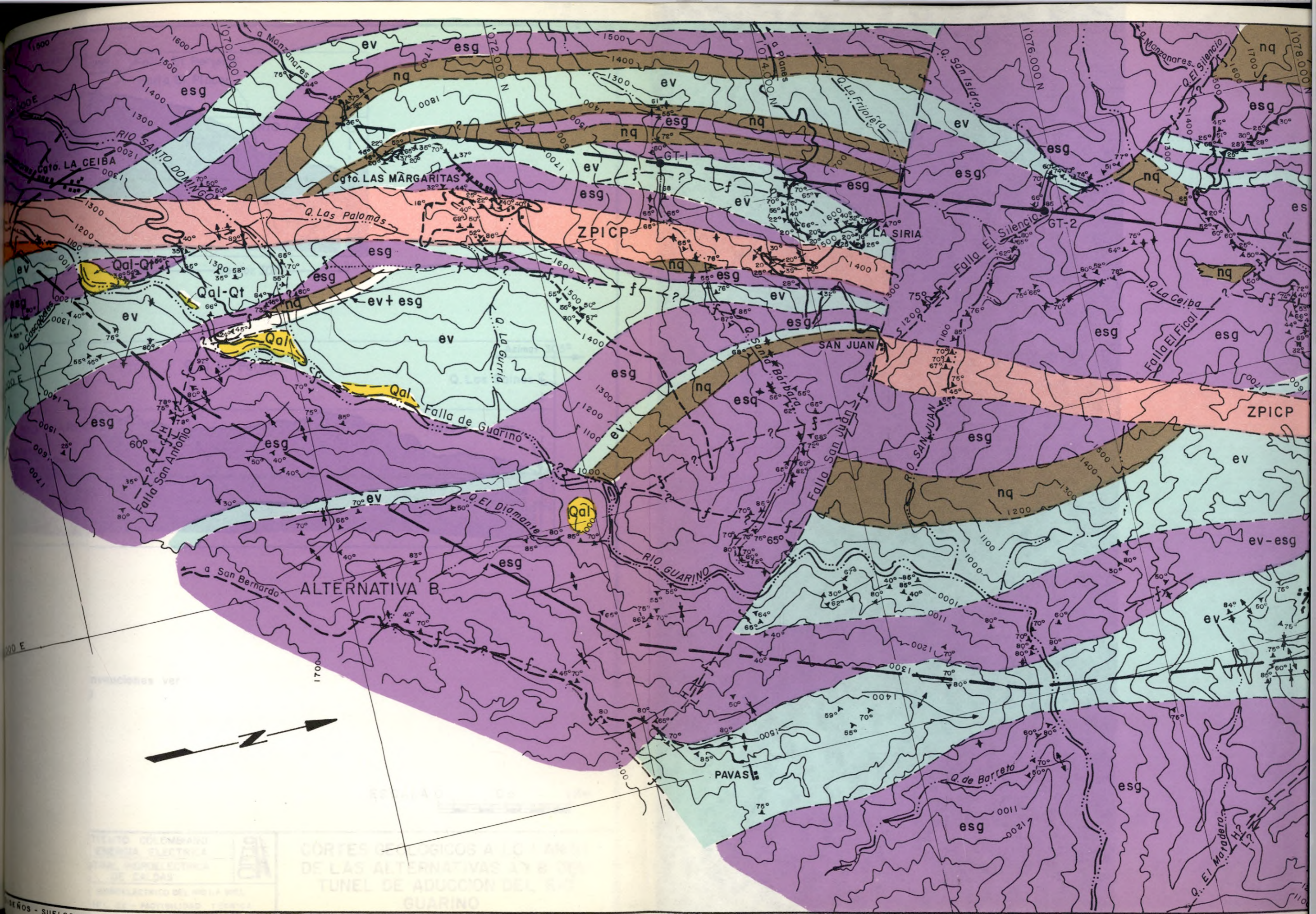
DIAGRAMAS DE CONTORNOS DE POLOS DE DIACLASAMIENTO

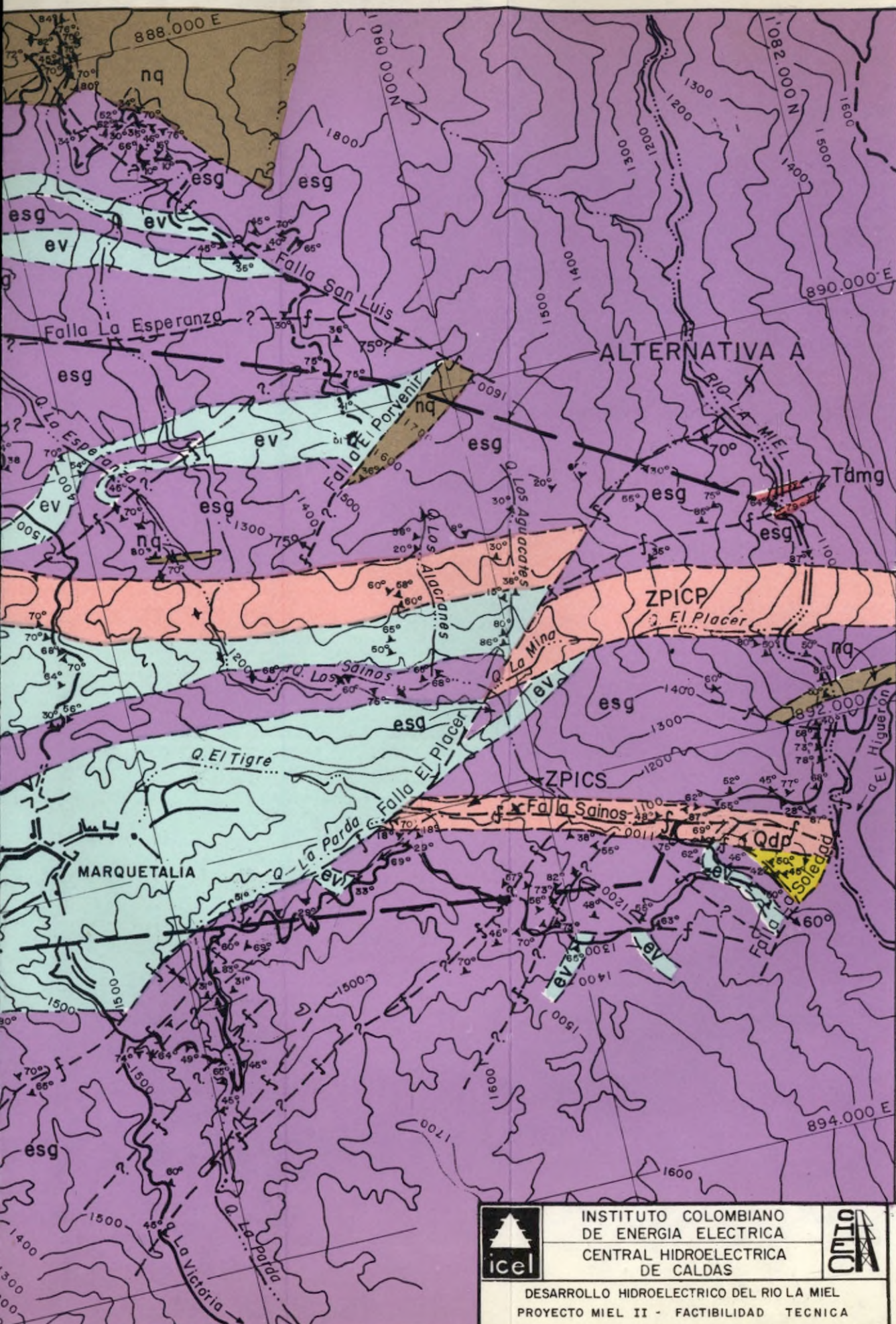
DENSIDAD DIACLASAS EN %



INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALDAS
 DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL
 PROYECTO MIEL II - FACTIBILIDAD TECNICA
GEOLOGIA DE LA ZONA DE PRESA
 CONSORCIO RIO LA MIEL
 INTERSEÑOS-SUELOS Y FUNDACIONES - GEOCOLOMBIA

FECHA: NOV. 1979
 FIGURA: 7





CONVENCIONES

A-LITOLÓGICAS

DEPOSITOS CUATERNARIOS NO CONSOLIDADOS

Qdp

Derrubios de pendiente. Bloques, cantos y 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.

Qal

Depósitos aluviales: Clastos de roca metamórfica e ígnea, redondeados o semiangulares, en proceso de transporte por acción directa de las corrientes de agua, en aluviones y terrazas.

ROCAS INTRUSIVAS DEL TERCIARIO

Tdmg

Diques de composición microgranítica.

ROCAS METAMORFICAS DEL PALEOZOICO

nq

Cuarcita y cuarcita biotítica-feldespática, con transiciones locales a esquistos cuarcíticos.

ev

Esquisto verde compuesto principalmente por albita, epidota, clorita y actinolita.

esg

Esquisto gris compuesto por esquisto micáceo, grafítico, cuarcítico, feldespático y calcáreo.

a

Anfibolita equigranular, como parte metamórfica dentro del cuerpo migmatítico.

B-ESTRUCTURALES

Contacto geológico

~~~~~

Discordancia

↗↘

Anticlinal

↘↗

Sinclinal.

L ↗↘

Falla direccional (Las flechas indican movimiento; L = levantado; H = hundido)

-? ↗↘

Falla probable con inclinación en grados

20° ↗↘

Rumbo y buzamiento de foliación

↗↘

Foliación vertical

• GT-1

Perforación

ZPICP

Zona de posible influencia cataclástica de la falla Palestina.

ZPICS

Zona de posible influencia cataclástica de la falla Sainos.

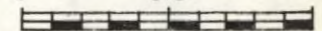
↗↘

Dique

#### NOTA:

No se han incluido los depósitos piroclásticos (Qto y Qag) para dar una visión más clara de las rocas metamórficas.

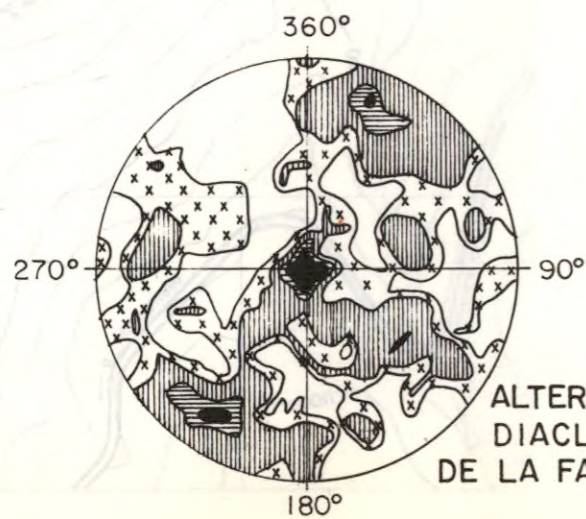
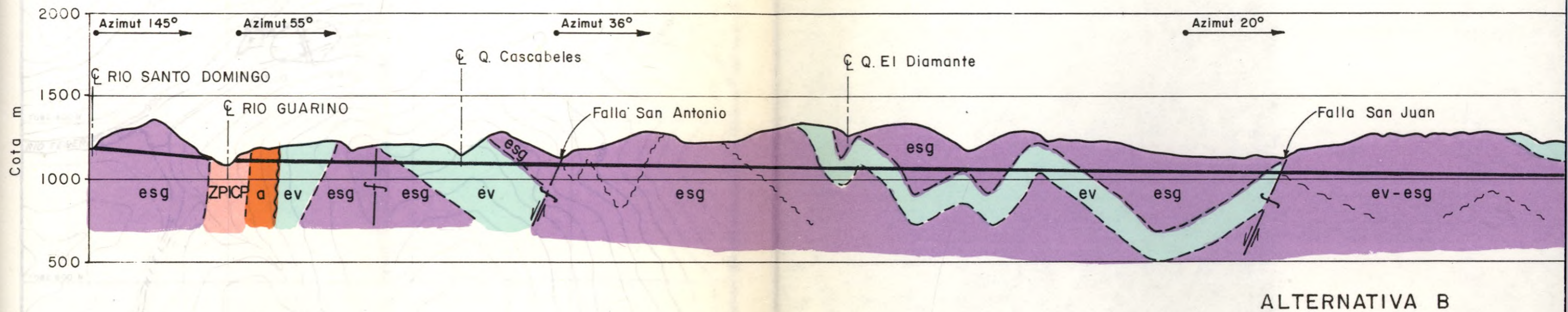
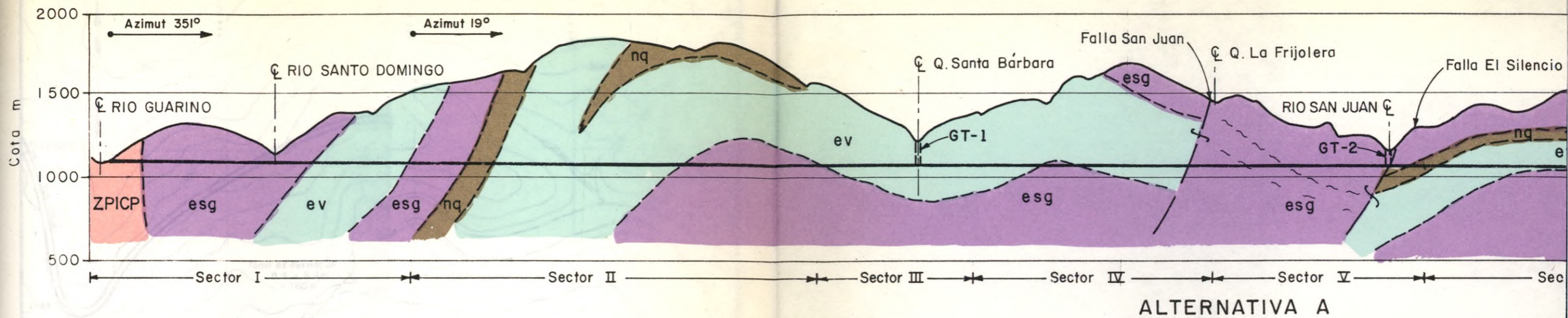
ESCALA 0 0.5 1 Km



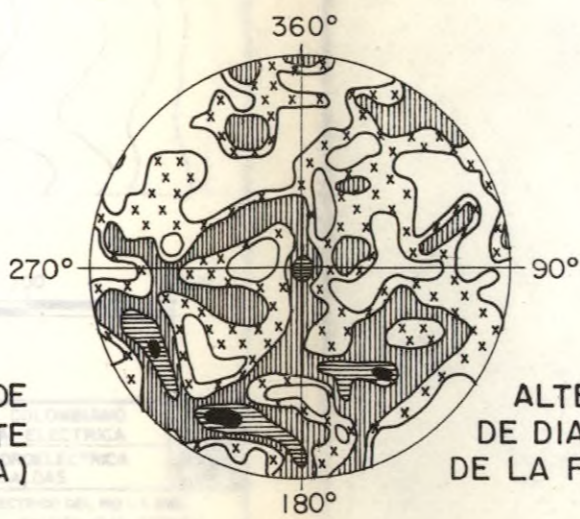
**INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA**  
**CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALDAS**  
 DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL  
 PROYECTO MIEL II - FACTIBILIDAD TECNICA

**MAPA GEOLOGICO DE LAS ALTERNATIVAS A Y B DEL TUNEL DE ADUCCION DEL RIO GUARINO**



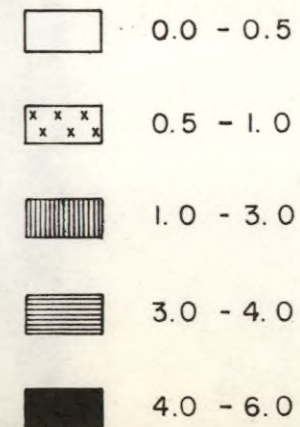


ALTERNATIVA A (MEDICION DE DIACLASAS AL OCCIDENTE DE LA FALLA DE PALESTINA) (202 POLOS)



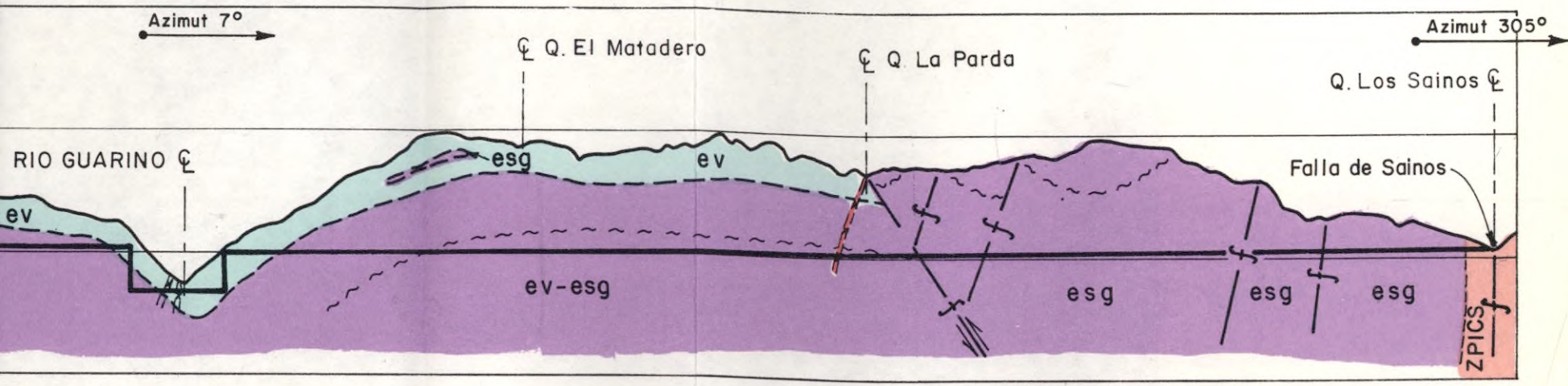
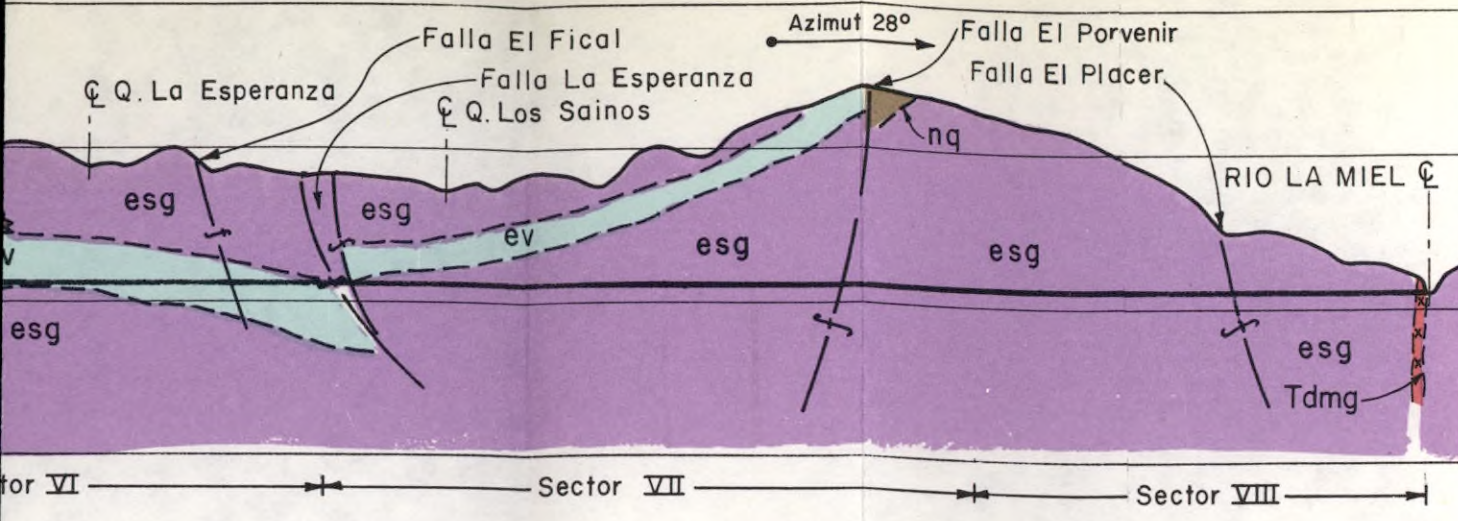
ALTERNATIVA B (MEDICION DE DIACLASAS AL ORIENTE DE LA FALLA DE PALESTINA) (165 POLOS)

DENSIDAD DIACLASAS EN %





DIAGRAMAS DE CONTORNOS DE POLOS DE DIACLASAMIENTO (Por azimut del buzamiento)





NOTA:  
Para convenciones ver  
figura 9

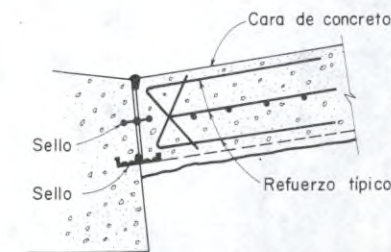
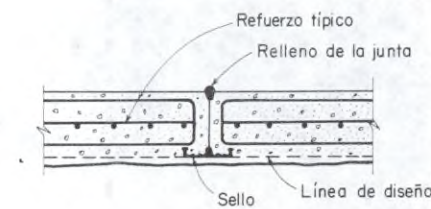
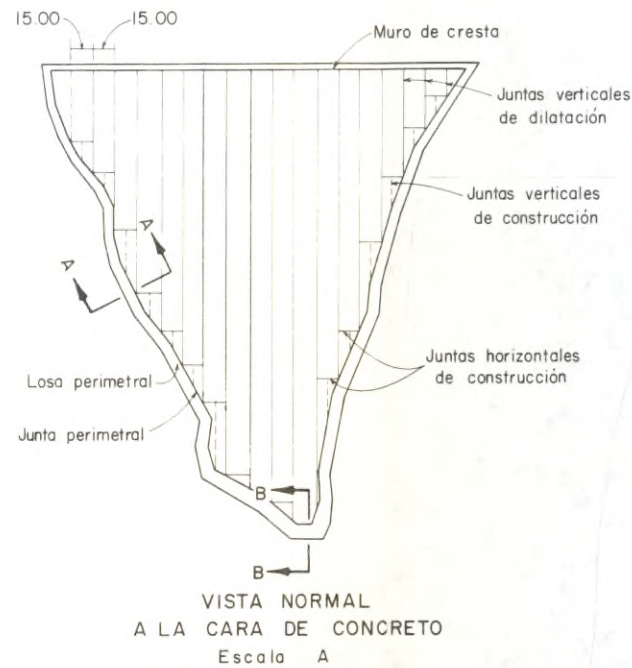
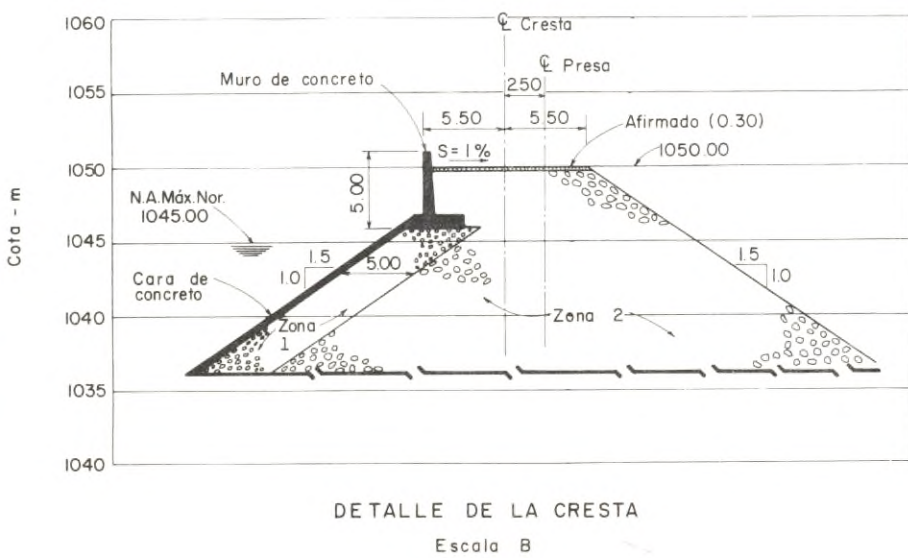
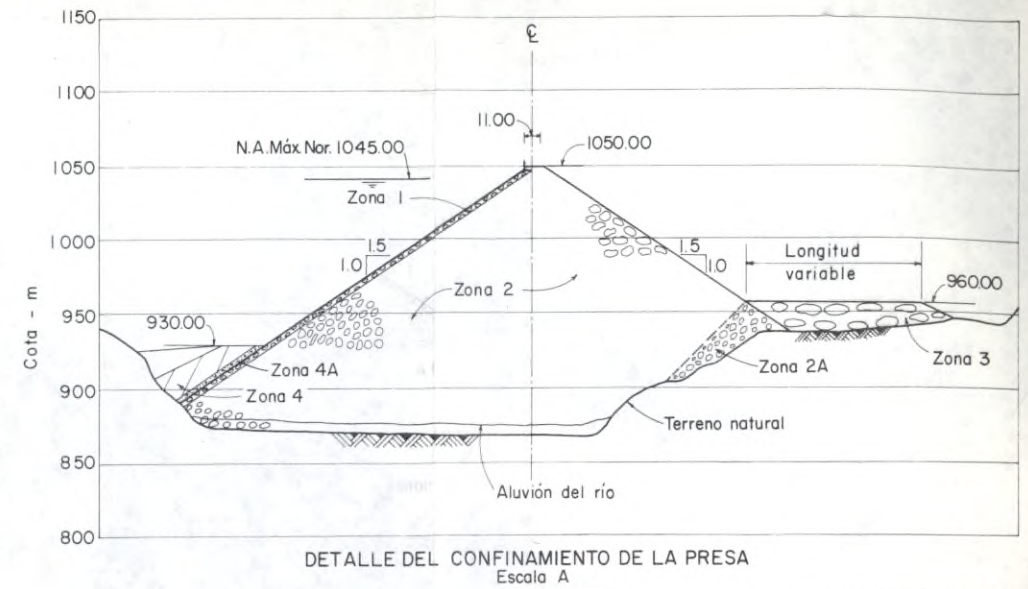
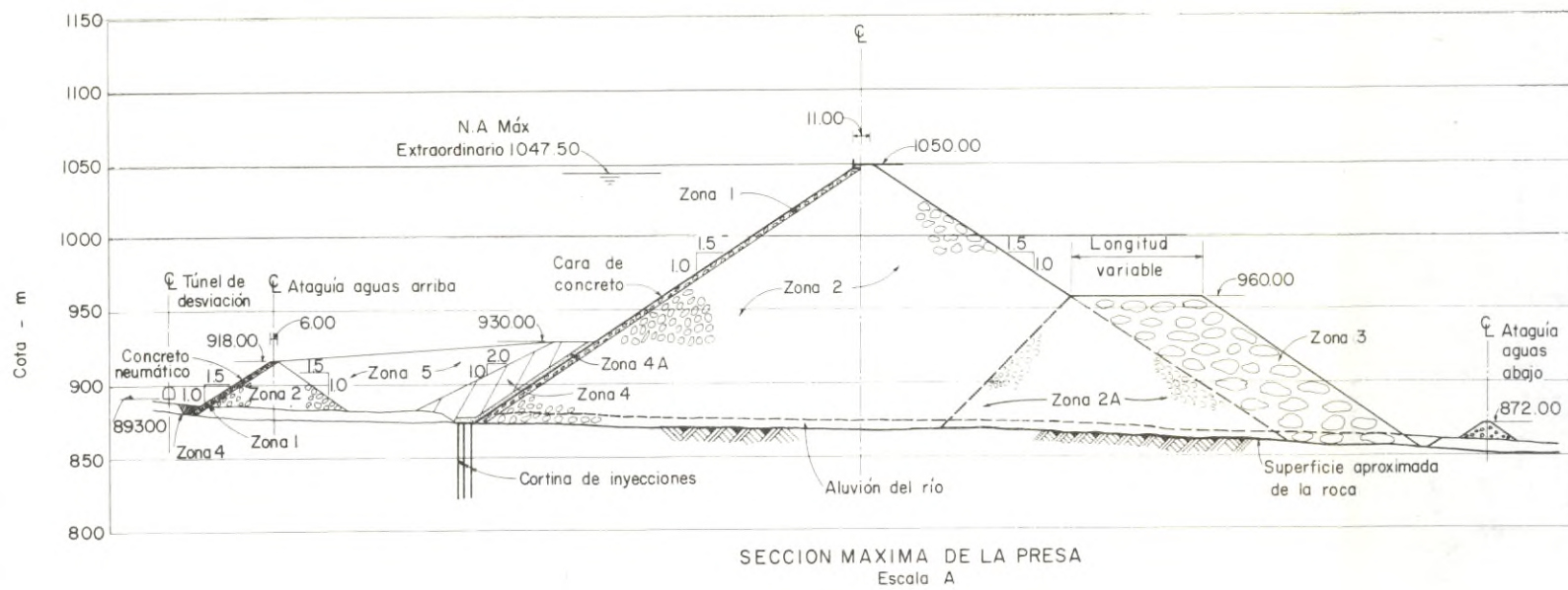


|                                                                                      |                                              |                                                                                       |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|   | INSTITUTO COLOMBIANO<br>DE ENERGIA ELECTRICA |  |
|                                                                                      | CENTRAL HIDROELECTRICA<br>DE CALDAS          |                                                                                       |
| DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL<br>PROYECTO MIEL II - FACTIBILIDAD TECNICA |                                              |                                                                                       |

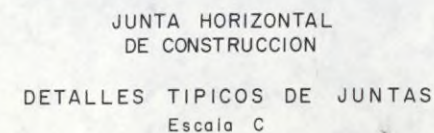
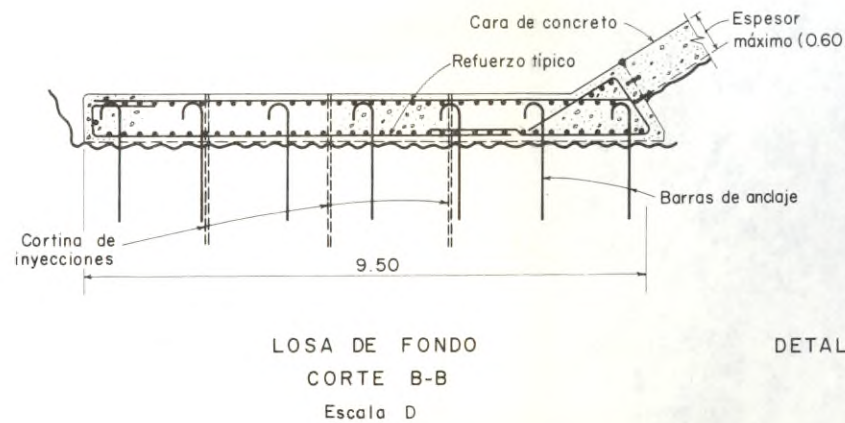
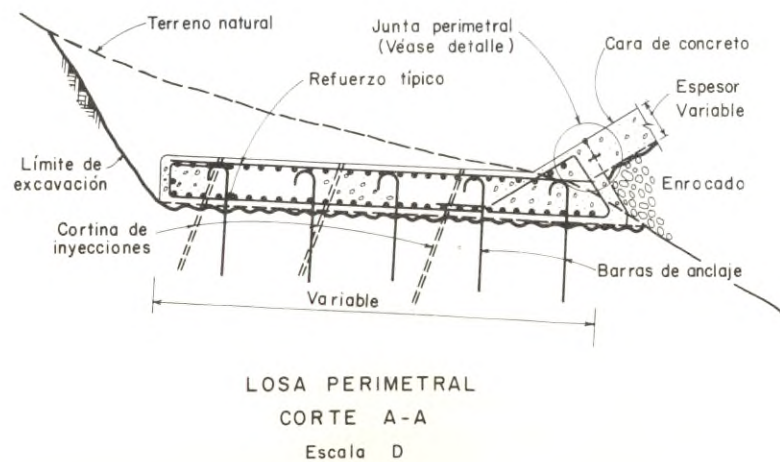
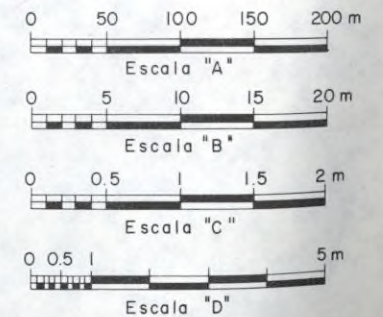
CORTES GEOLOGICOS A LO LARGO  
DE LAS ALTERNATIVAS A Y B DEL  
TUNEL DE ADUCCION DEL RIO  
GUARINO

FIGURA -10

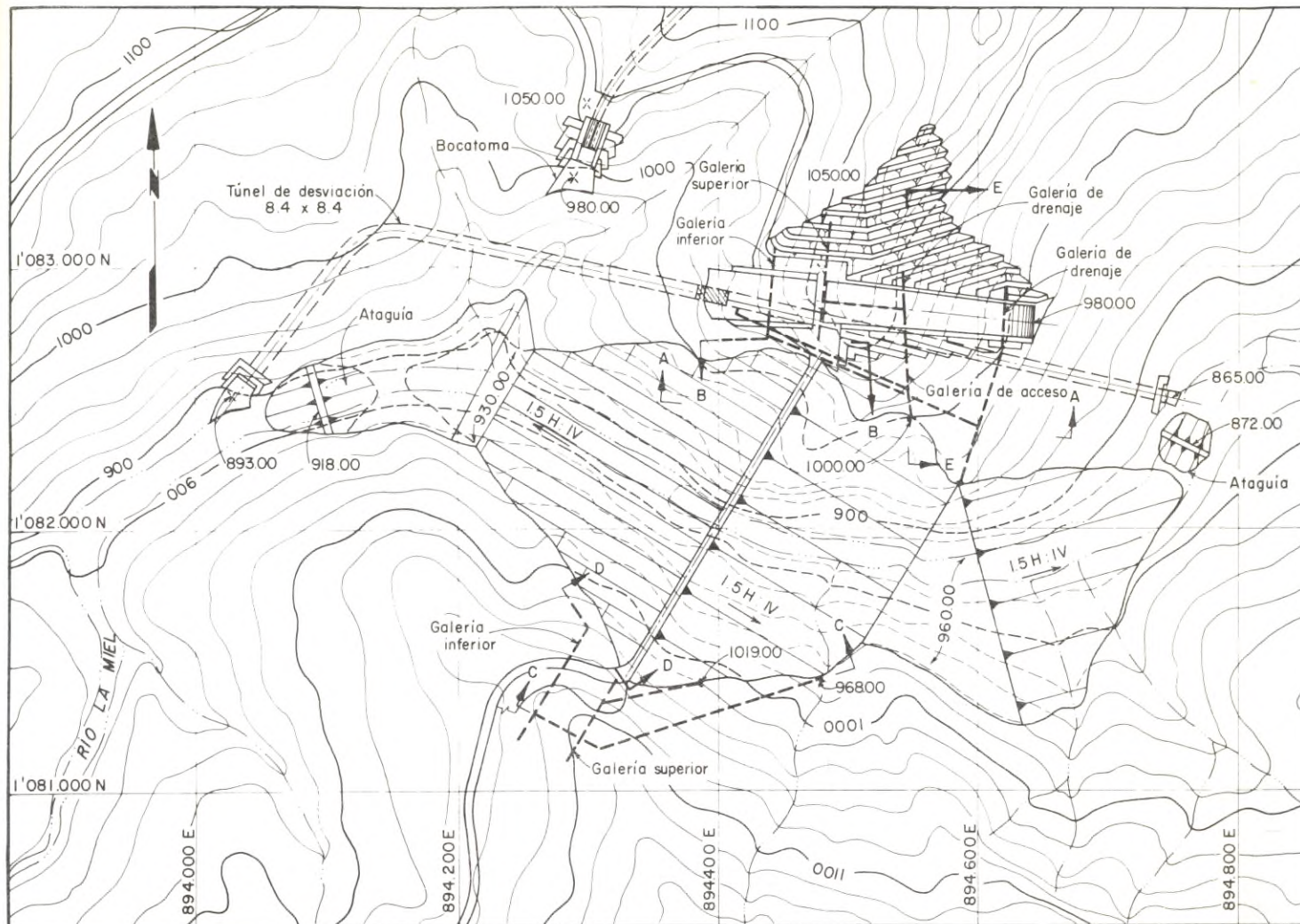




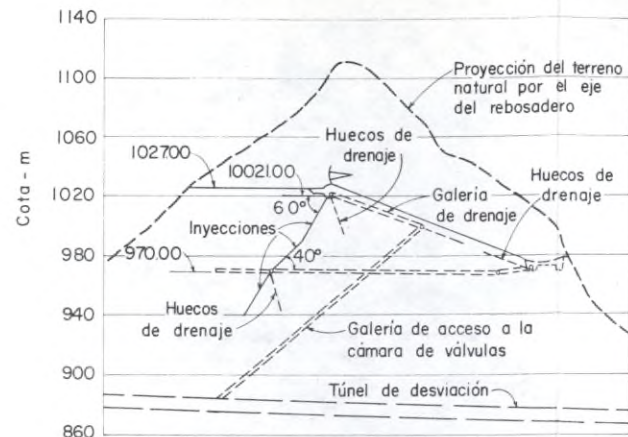
| ZONA | FUNCION                                             | MATERIAL                                                                              |
|------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 1    | Transición y zona de apoyo de la placa              | Fragmentos de roca máximo tamaño 6" compactado de abajo hacia arriba                  |
| 2    | Enrocamiento de la presa                            | Fragmentos de roca máximo tamaño 30" compactado con rodillo vibratorio                |
| 2A   | Enrocamiento de la presa                            | Fragmentos de roca procedente de la excavación del rebosadero                         |
| 3    | Enrocado procedente de la excavación del rebosadero | Bloques de roca hasta de 0.90 m colocados los tamaños mayores hacia el talud exterior |
| 4    | Zona impermeable.                                   | Arcillas o limos arcillosos, colocados en capas compactadas                           |
| 4A   | Filtro y transición                                 | Arenas y gravas                                                                       |
| 5    | Berma                                               | Material sin seleccionar colocado en capas sin compactar                              |



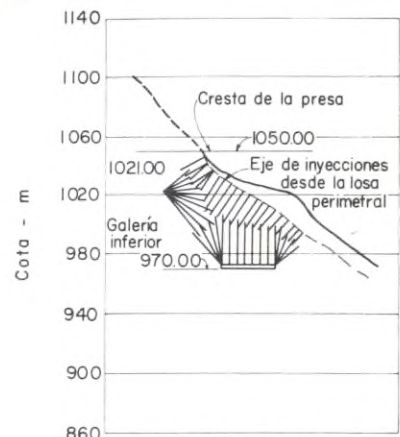




PLAN

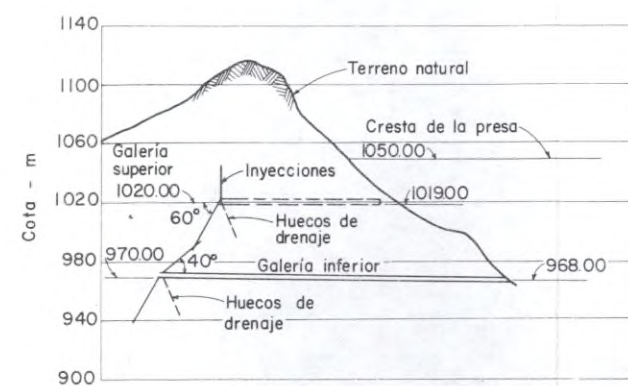


CORTE A-A

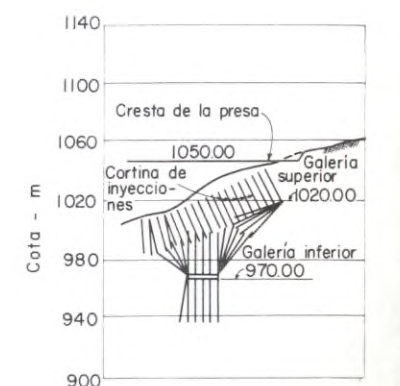


CORTE B-B

ESTRIBO IZQUIERDO  
GALERIAS DE INYECCION Y DRENAJE

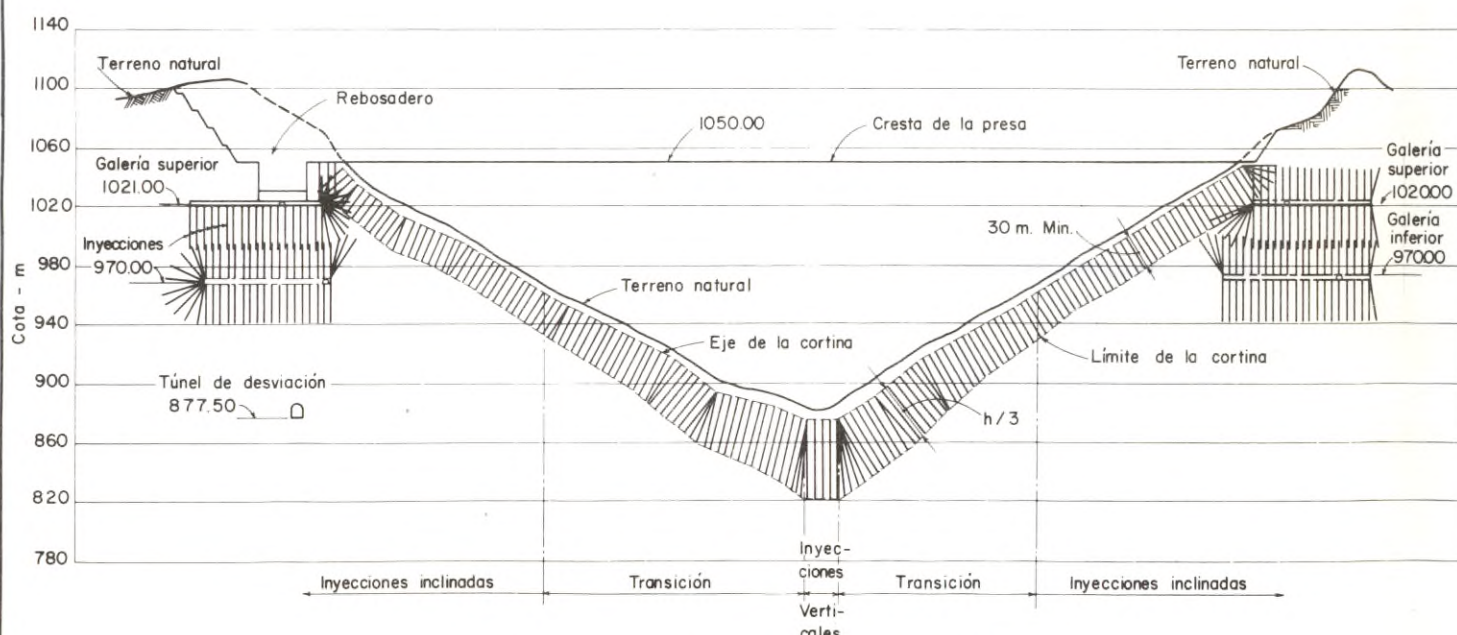


CORTE C-C

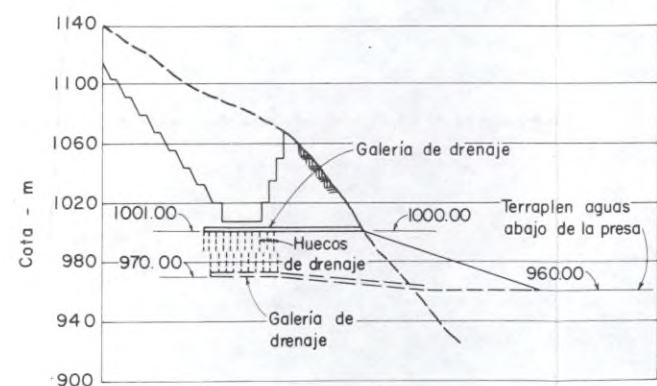


CORTE D-D

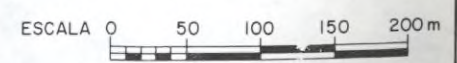
ESTRIBO DERECHO  
GALERIAS DE INYECCION Y DRENAJE



CORTINA DE INYECCIONES DE LA PRESA  
SECCION DESARROLLADA POR EL EJE DE LA LOSA PERIMETRAL  
Y LAS GALERIAS DE INYECCION

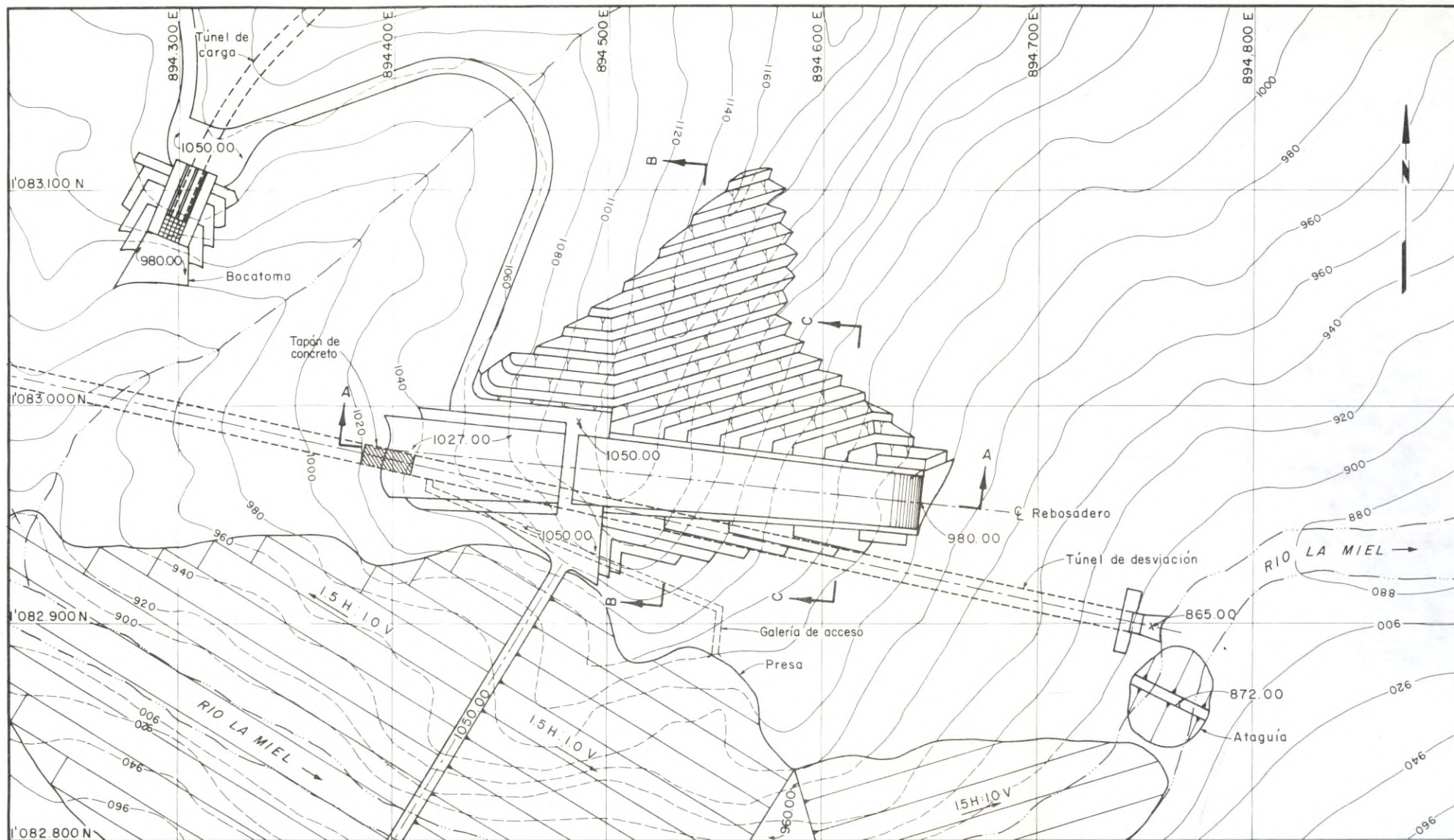


CORTE E-E  
GALERIAS DE DRENAJE DEL REBOSADERO

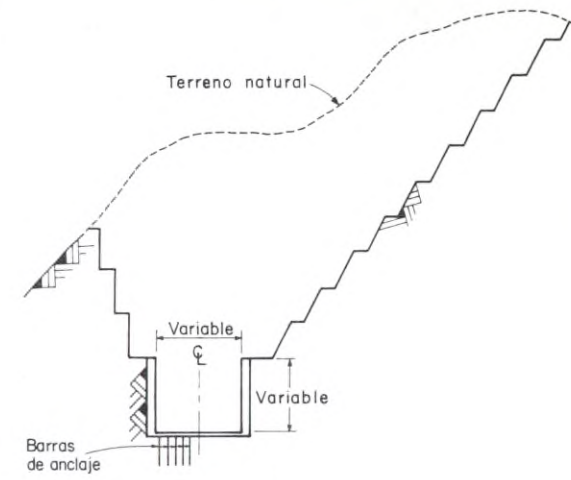


|                                                                        |                                                                                      |                             |
|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
|                                                                        | INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA<br>CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALDAS        |                             |
|                                                                        | DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL<br>PROYECTO MIEL II - FACTIBILIDAD TECNICA |                             |
| <b>INYECCIONES Y GALERIAS DE DRENAJE</b>                               |                                                                                      |                             |
| CONSORCIO RIO LA MIEL<br>INTERDISEÑOS-SUELOS Y FUNDACIONES-GEOCOLOMBIA |                                                                                      | FECHA NOV 1979<br>FIGURE 13 |

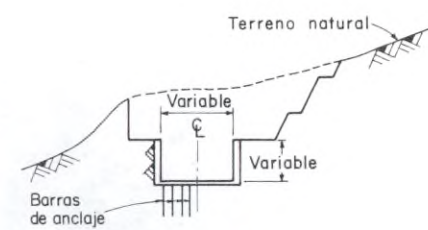




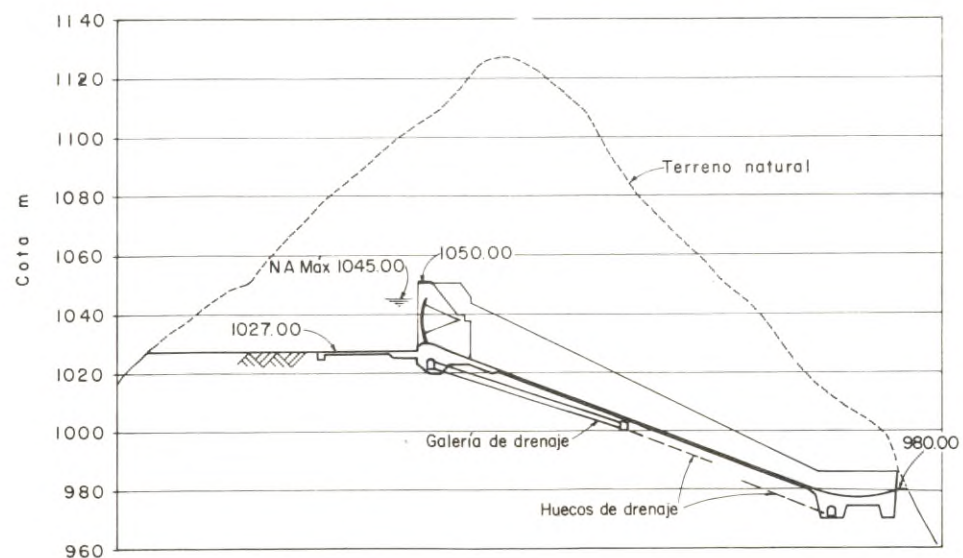
PLANTA  
Escala A



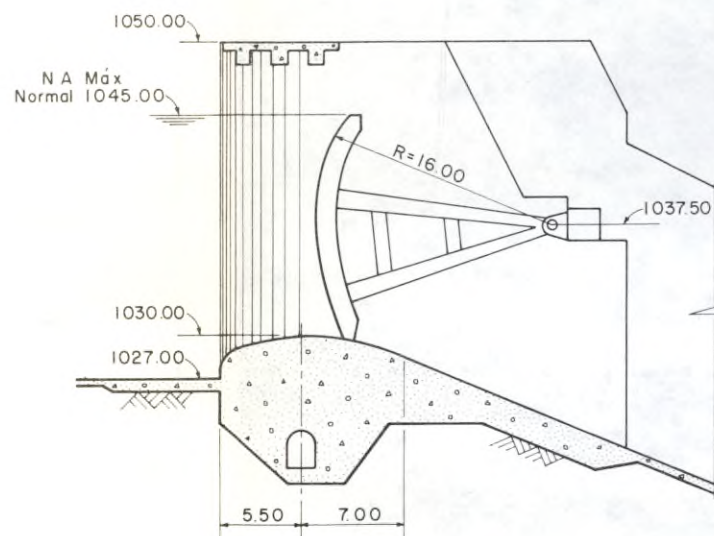
CORTE B-B  
Escala A



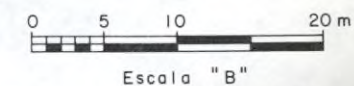
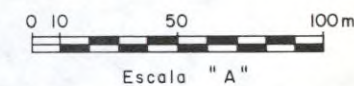
CORTE C-C  
Escala A



CORTE A-A  
Escala A



REBOSADERO  
Escala B



|                                                                        |                                                                                      |  |                                    |
|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--|------------------------------------|
|                                                                        | INSTITUTO COLOMBIANO<br>DE ENERGIA ELECTRICA<br>CENTRAL HIDROELECTRICA<br>DE CALDAS  |  |                                    |
|                                                                        | DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL<br>PROYECTO MIEL II - FACTIBILIDAD TECNICA |  |                                    |
| <b>REBOSADERO<br/>PLANTA Y CORTES</b>                                  |                                                                                      |  |                                    |
| CONSORCIO RIO LA MIEL<br>INTERDISEÑOS-SUELOS Y FUNDACIONES-GEOCOLOMBIA |                                                                                      |  | FECHA<br>NOV. 1979<br>FIGURA<br>14 |

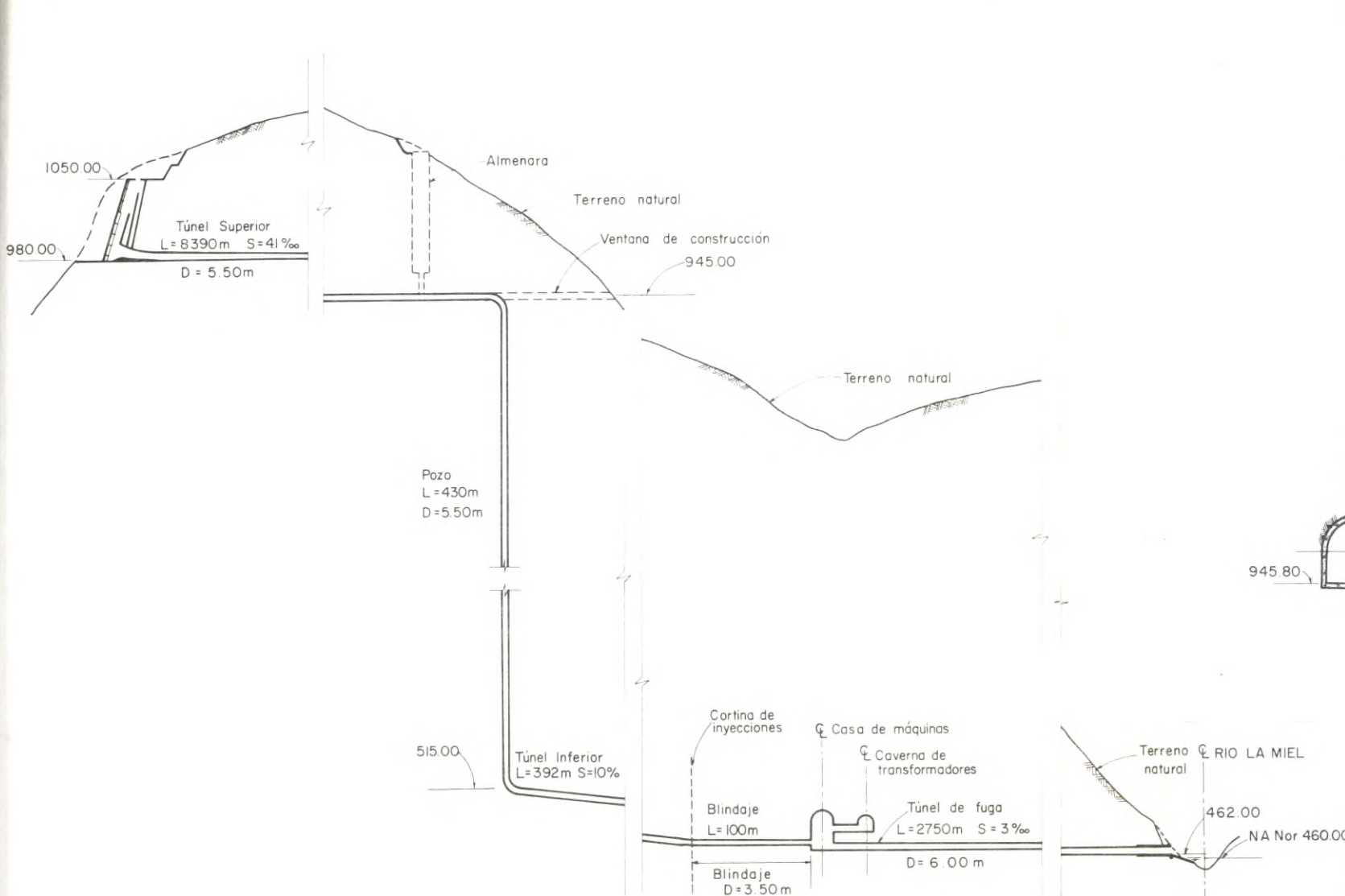




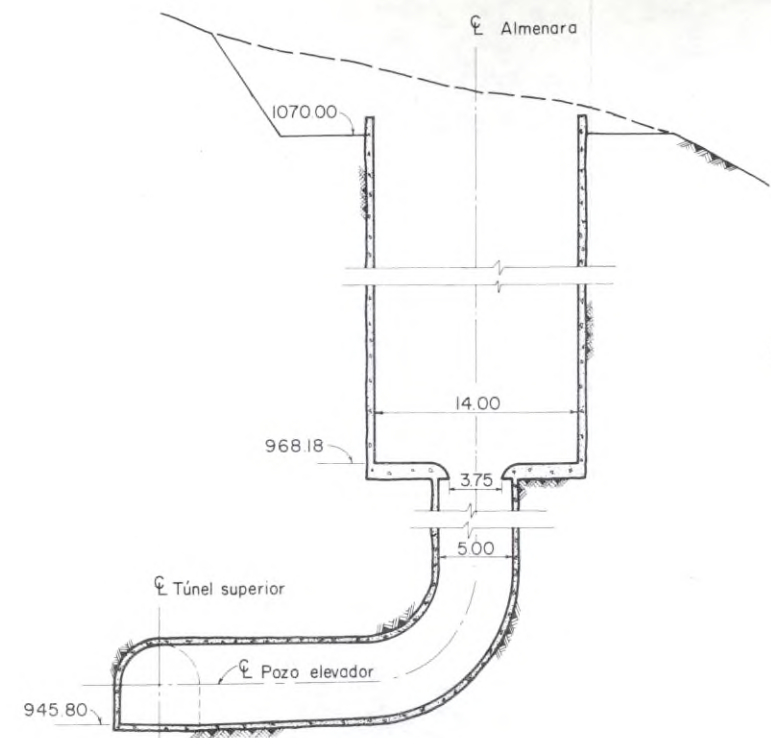




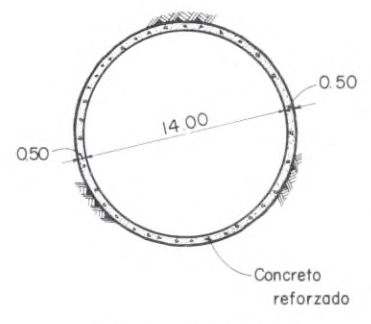




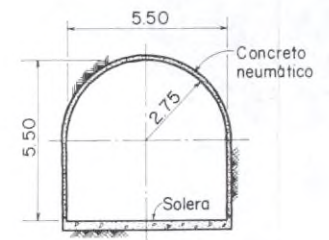
BOCATOMA Y CONDUCCION  
CORTE LONGITUDINAL  
Escala A



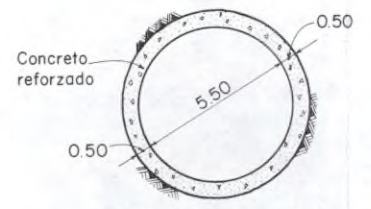
ALMENARA  
Escala B



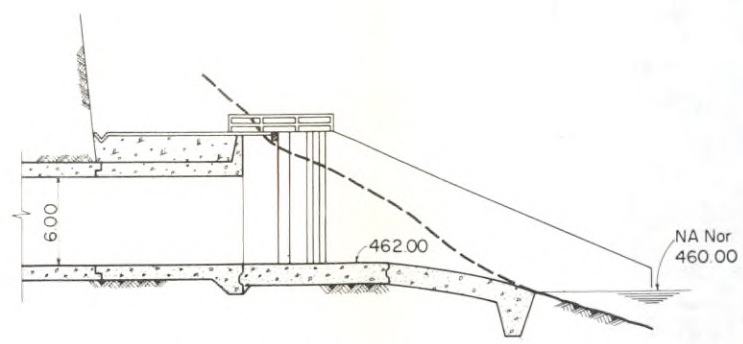
SECCION ALMENARA  
Escala B



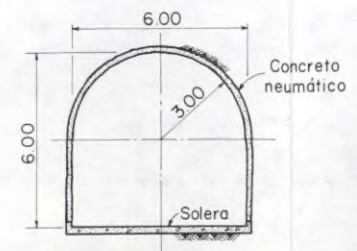
TUNEL SUPERIOR



POZO Y TUNEL INFERIOR



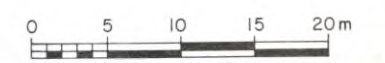
PORTAL DE SALIDA  
Escala B



TUNEL DE FUGA  
SECCIONES TUNELES  
Escala D



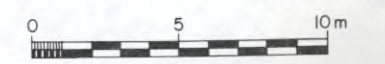
Escala "A"



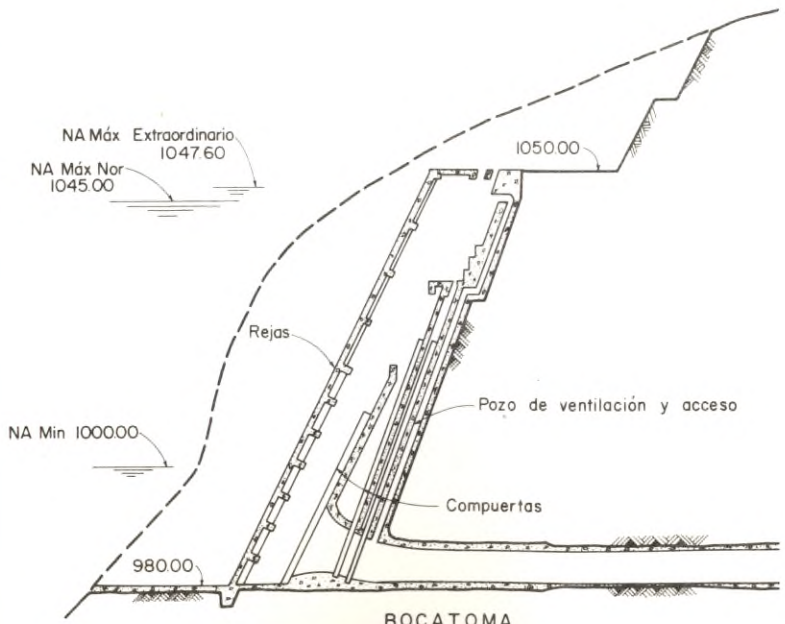
Escala "B"



Escala "C"



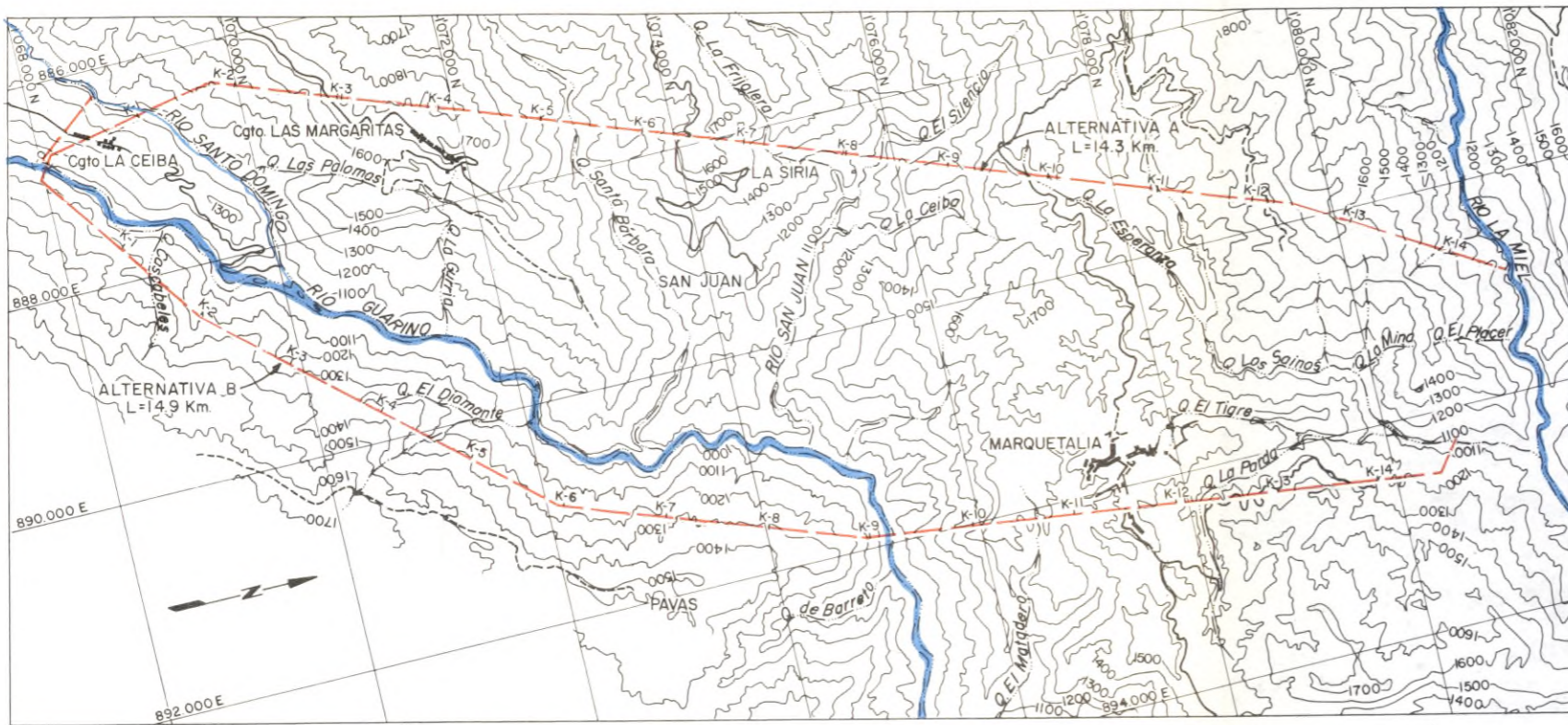
Escala "D"



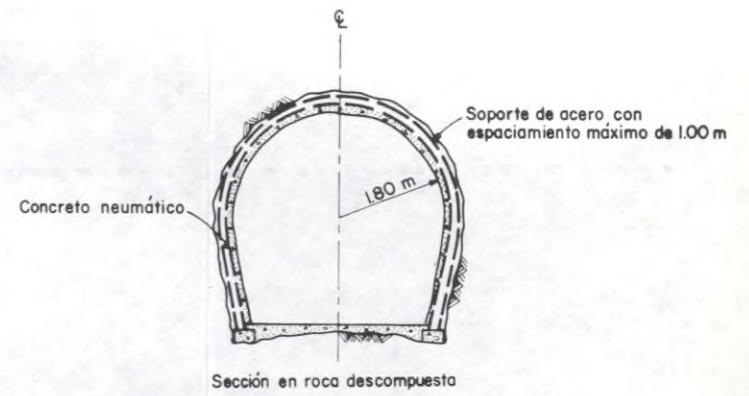
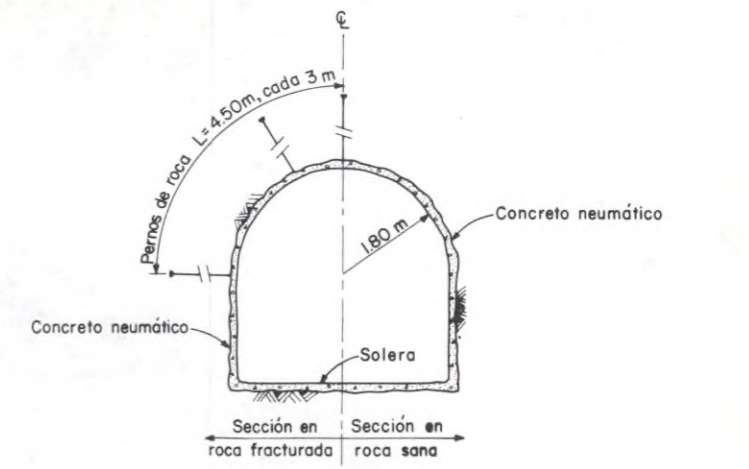
BOCATOMA  
Escala C

|                                                                        |                                                                                      |                                    |
|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
|                                                                        | INSTITUTO COLOMBIANO<br>DE ENERGIA ELECTRICA<br>CENTRAL HIDROELECTRICA<br>DE CALDAS  |                                    |
|                                                                        | DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL<br>PROYECTO MIEL II - FACTIBILIDAD TECNICA |                                    |
| <b>BOCATOMA CONDUCCION Y ALMENARA<br/>CORTES Y DETALLES</b>            |                                                                                      |                                    |
| CONSORCIO RIO LA MIEL<br>INTERDISEÑOS-SUELOS Y FUNDACIONES-GEOCOLOMBIA |                                                                                      | FECHA<br>NOV. 1979<br>FIGURA<br>17 |

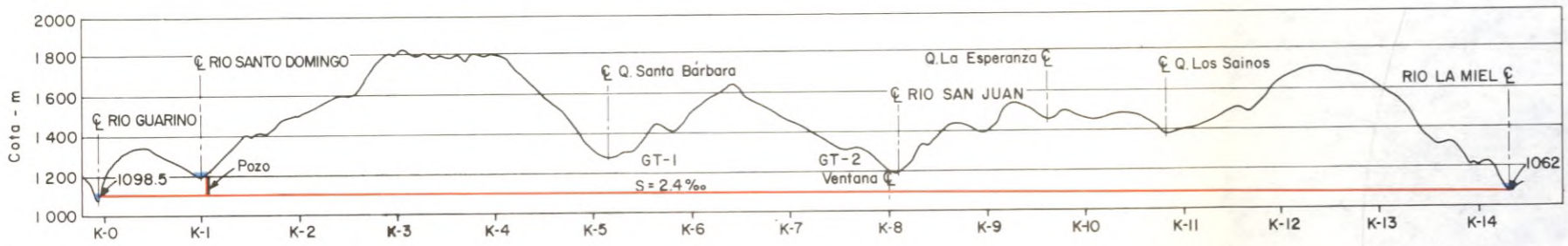




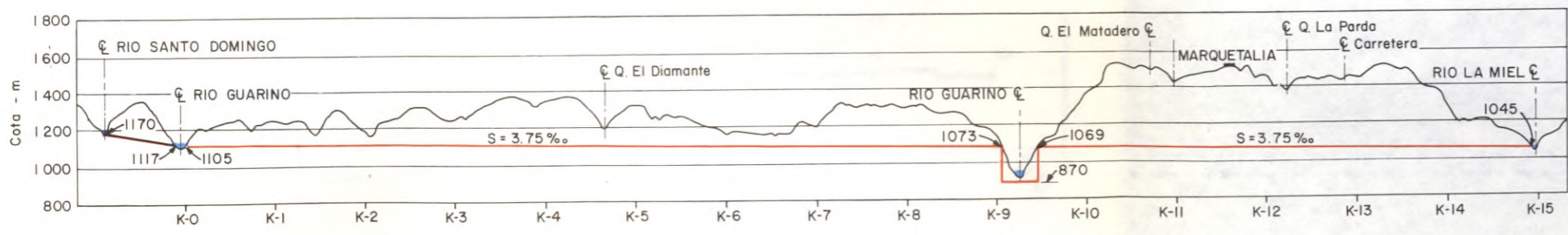
PLANTA  
Escala A



SECCIONES TÍPICAS DEL TUNEL  
Escala B



PERFIL LONGITUDINAL ALTERNATIVA A  
Escala A

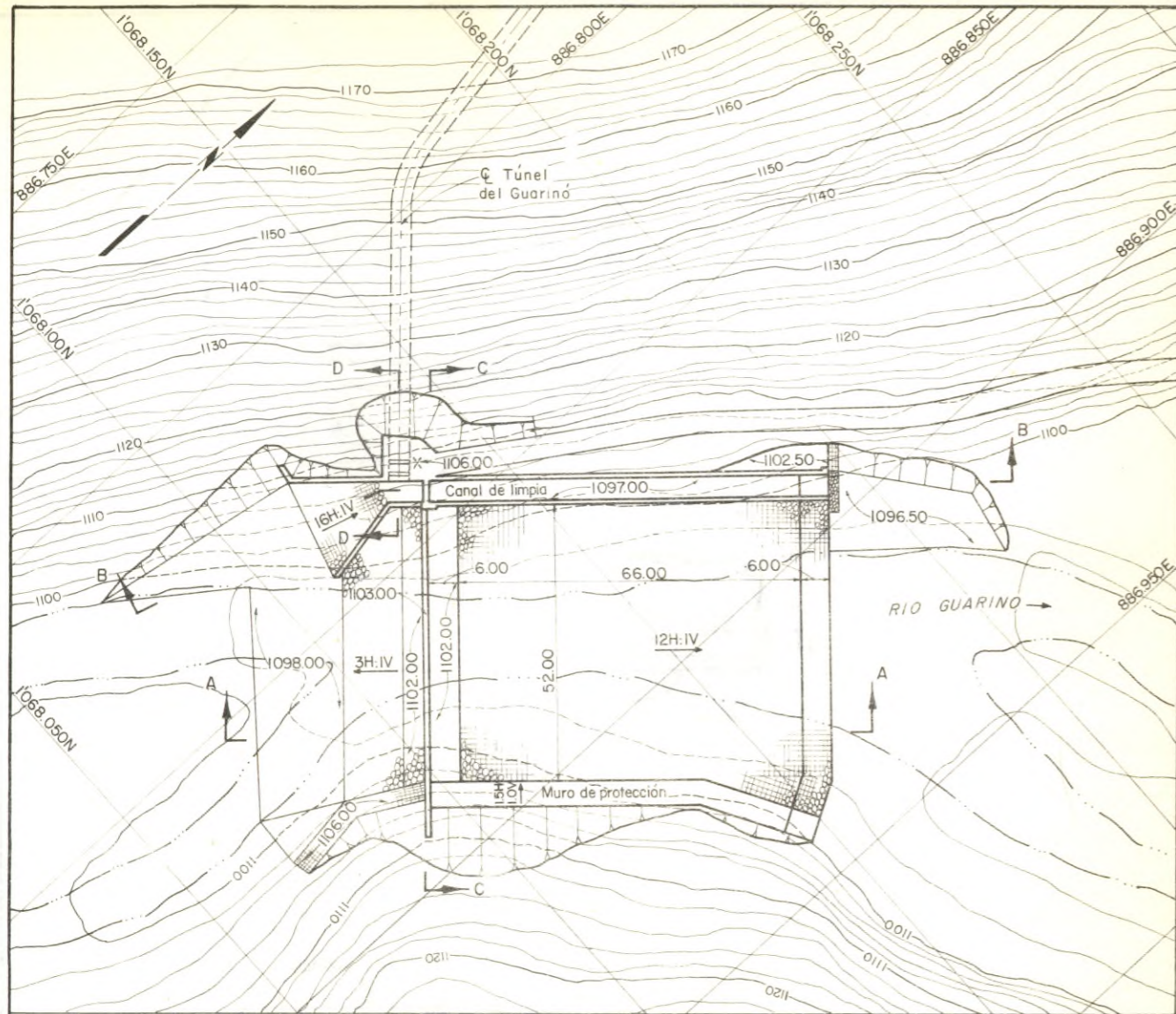


PERFIL LONGITUDINAL ALTERNATIVA B  
Escala A

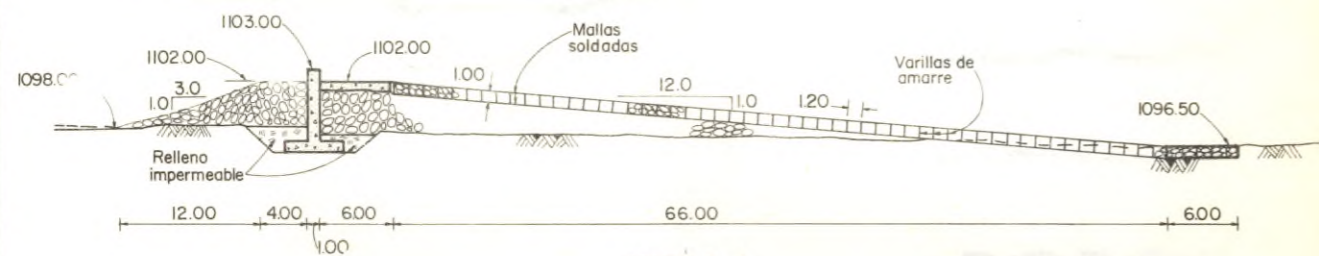


|                                                                                                    |                                                                                             |  |                                |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|--|--------------------------------|
|                                                                                                    | <b>INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA</b><br><b>CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALDAS</b> |  |                                |
|                                                                                                    | DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL<br>PROYECTO MIEL II - FACTIBILIDAD TECNICA        |  |                                |
| <b>DESVIACION RIO GUARINO</b><br><b>ALTERNATIVAS ESTUDIADAS</b><br><b>PLANTA-PERFILES - CORTES</b> |                                                                                             |  |                                |
| CONSORCIO RIO LA MIEL<br>INTERDISEÑOS-SUELOS Y FUNDACIONES-GEOCOLOMBIA                             |                                                                                             |  | FECHA: NOV. 1979<br>FIGURA: 18 |

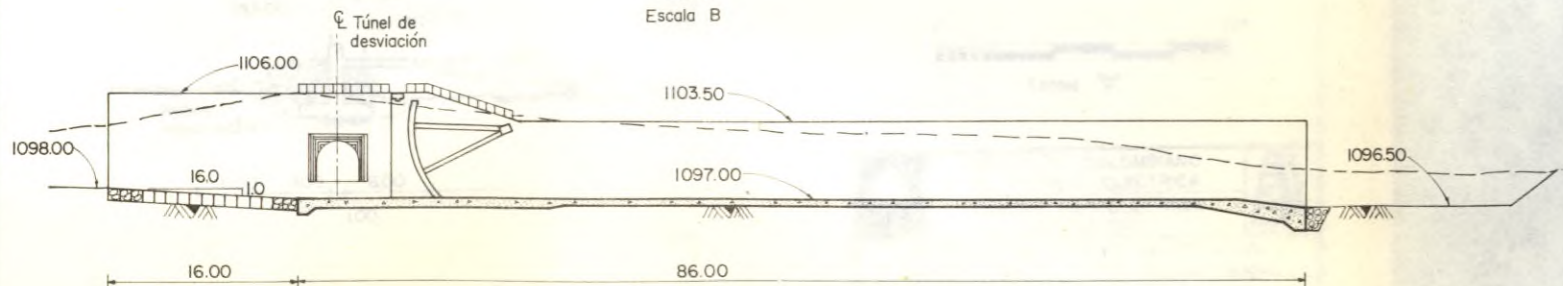




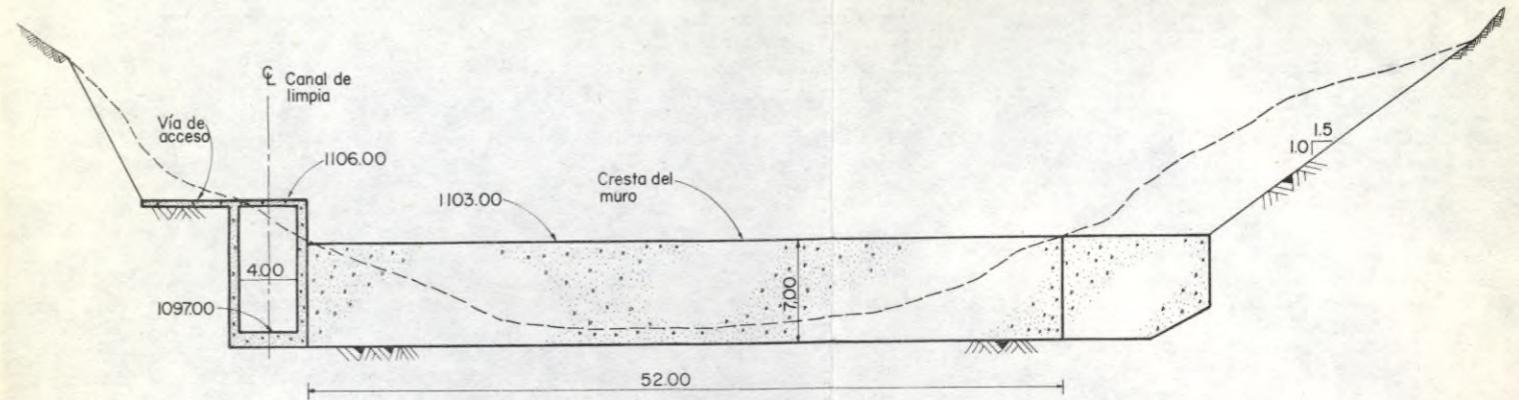
PLANTA  
Escala B



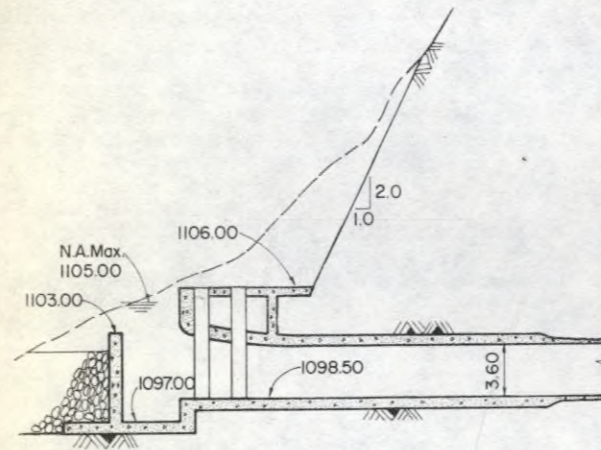
CORTE A - A  
PRESA  
Escala B



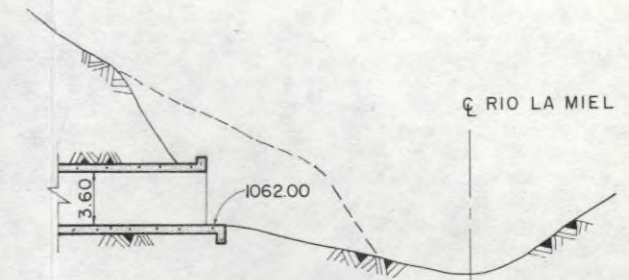
CORTE B - B  
CANAL DE LIMPIA  
Escala B



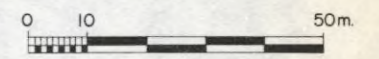
CORTE C - C  
MURO VERTEDOR  
Escala C



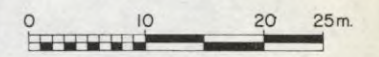
CORTE D - D  
BOCATOMA  
Escala C



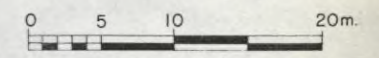
PORTAL DE SALIDA  
Escala C



Escala "A"



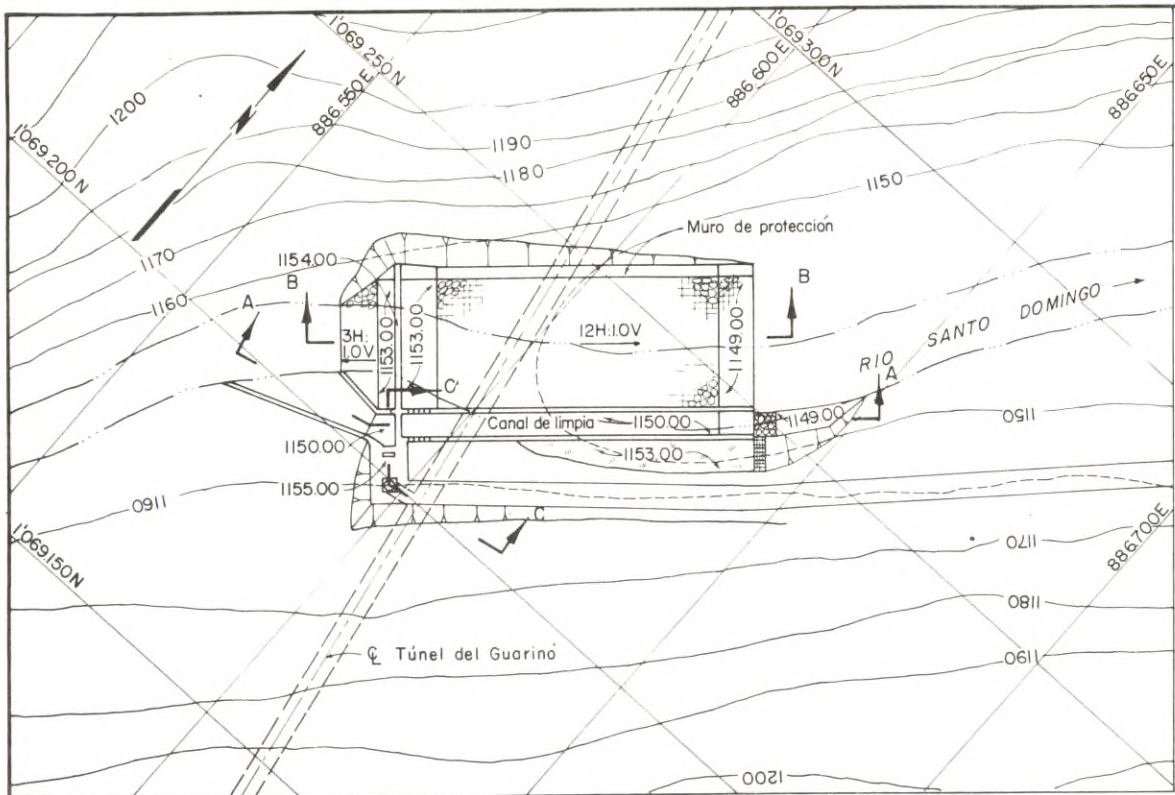
Escala "B"



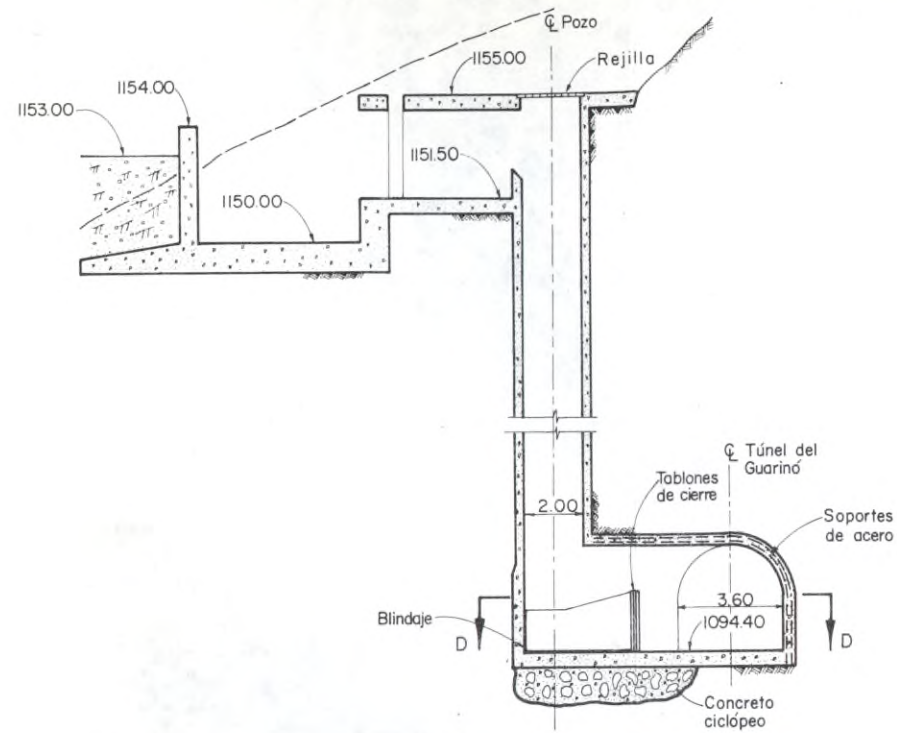
Escala "C"

|                                                                        |                                                                                      |  |                                    |
|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--|------------------------------------|
|                                                                        | INSTITUTO COLOMBIANO<br>DE ENERGIA ELECTRICA<br>CENTRAL HIDROELECTRICA<br>DE CALDAS  |  |                                    |
|                                                                        | DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL<br>PROYECTO MIEL II - FACTIBILIDAD TECNICA |  |                                    |
| <b>CAPTACION RIO GUARINO</b><br><b>PLANTA - CORTES - DETALLES</b>      |                                                                                      |  |                                    |
| CONSORCIO RIO LA MIEL<br>INTERDISEÑOS-SUELOS Y FUNDACIONES-GEOCOLOMBIA |                                                                                      |  | FECHA<br>NOV. 1979<br>FIGURA<br>19 |

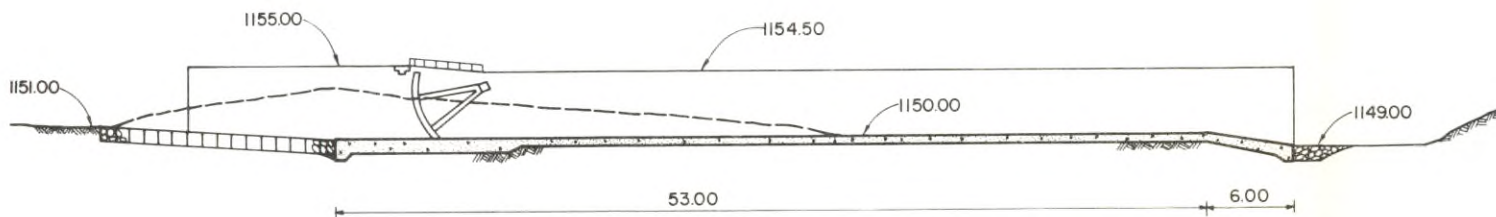




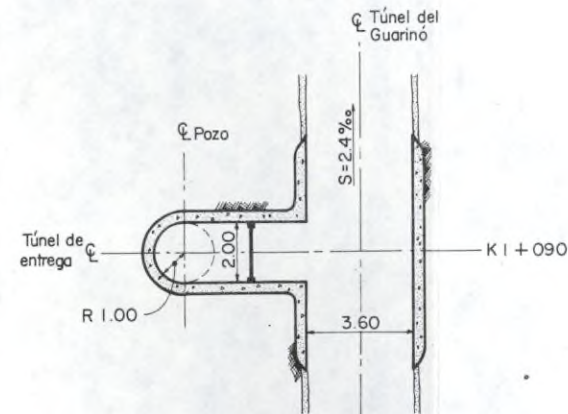
PLANTA  
Escala A



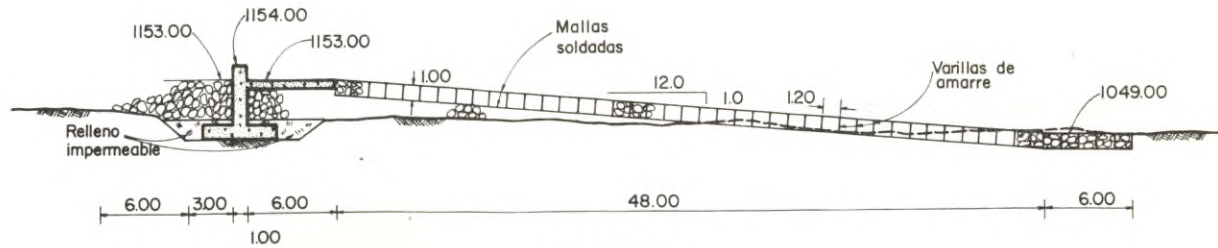
CORTE C - C  
Escala C



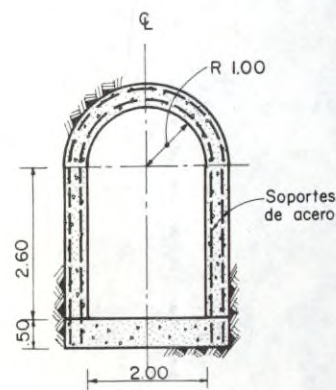
CORTE A - A  
CANAL DE LIMPIA  
Escala B



CORTE D D  
Escala C



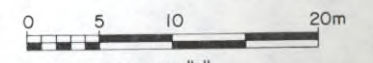
CORTE B - B  
PRESA  
Escala B



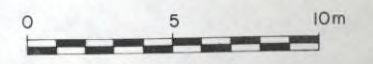
SECCION TUNEL DE ENTREGA  
Escala D



Escala "A"





Escala "B"



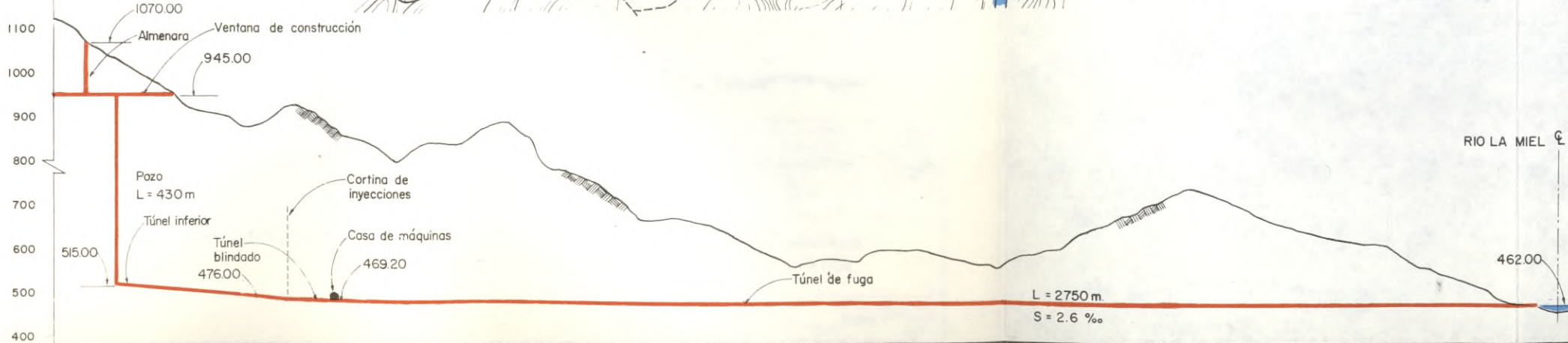
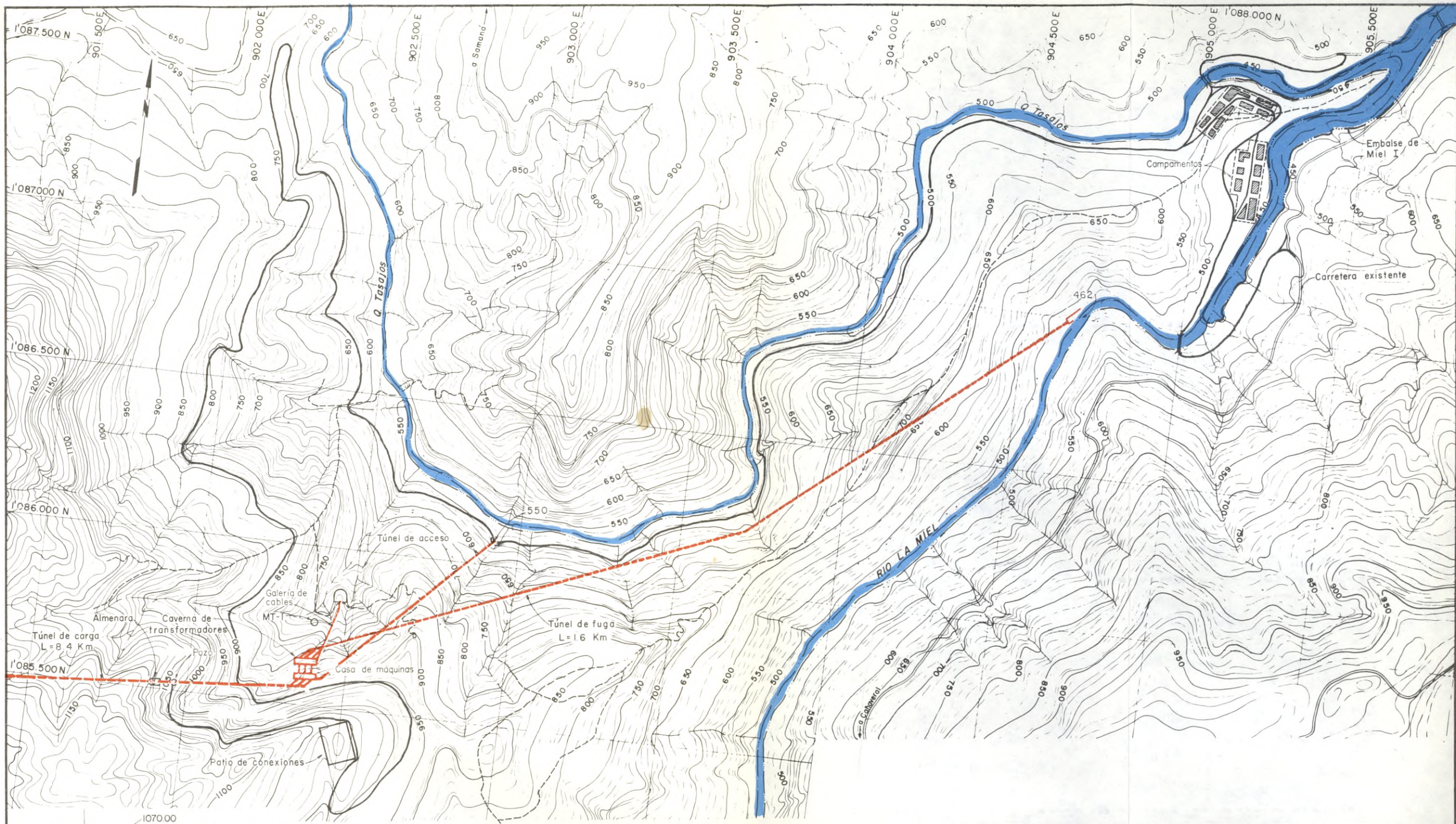
Escala "C"



Escala "D"

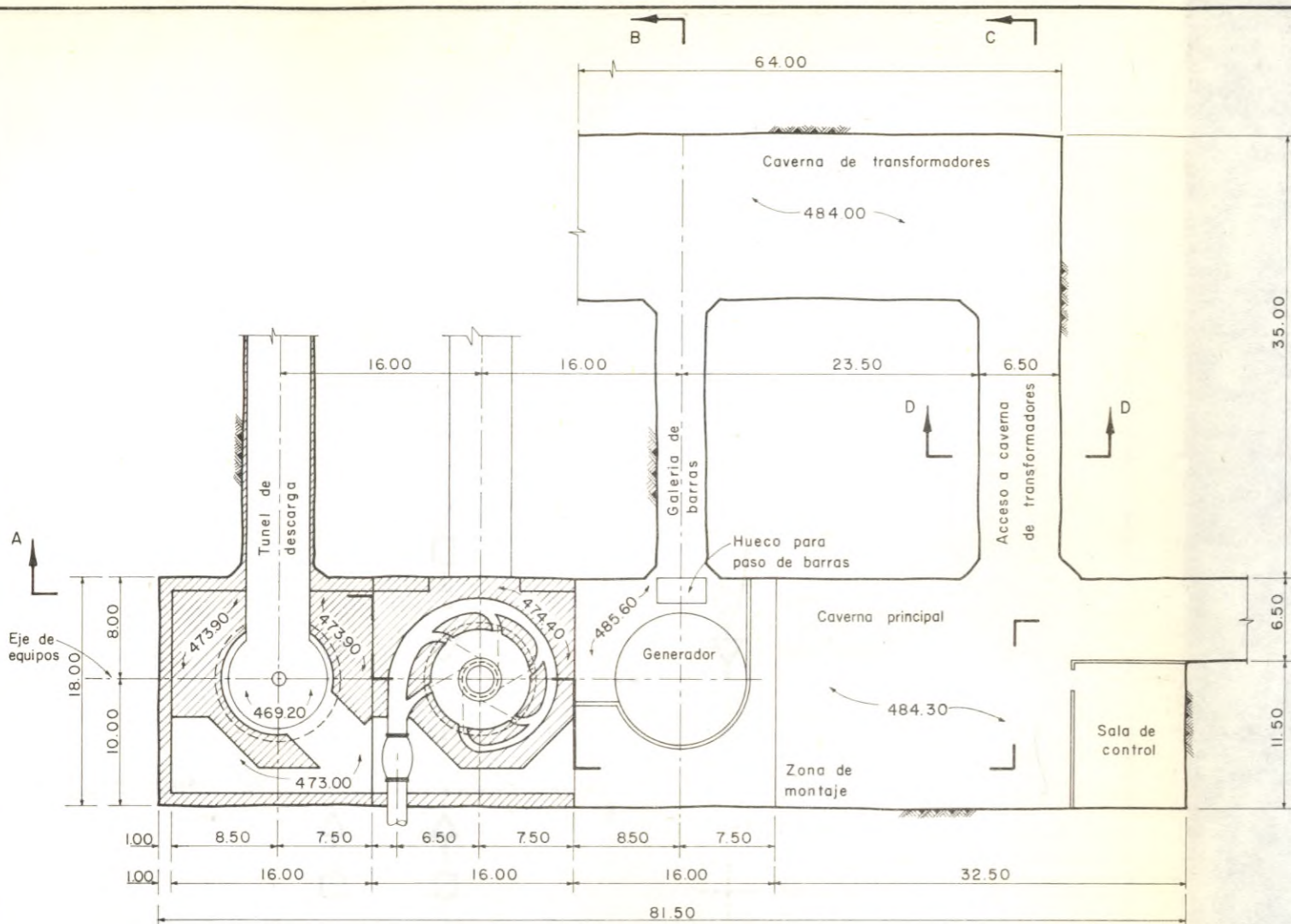
|                                                                                       |                                                                                      |                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|  | INSTITUTO COLOMBIANO<br>DE ENERGIA ELECTRICA<br>CENTRAL HIDROELECTRICA<br>DE CALDAS  |  |
|                                                                                       | DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL<br>PROYECTO MIEL II - FACTIBILIDAD TECNICA |                                                                                       |
| <b>CAPTACION RIO SANTO DOMINGO<br/>PLANTA - CORTES - DETALLES</b>                     |                                                                                      |                                                                                       |
| CONSORCIO RIO LA MIEL<br>INTERDISEÑOS-SUELOS Y FUNDACIONES- GEOCOLOMBIA               |                                                                                      | FECHA<br>NOV. 1979<br>FIGURA<br>20                                                    |



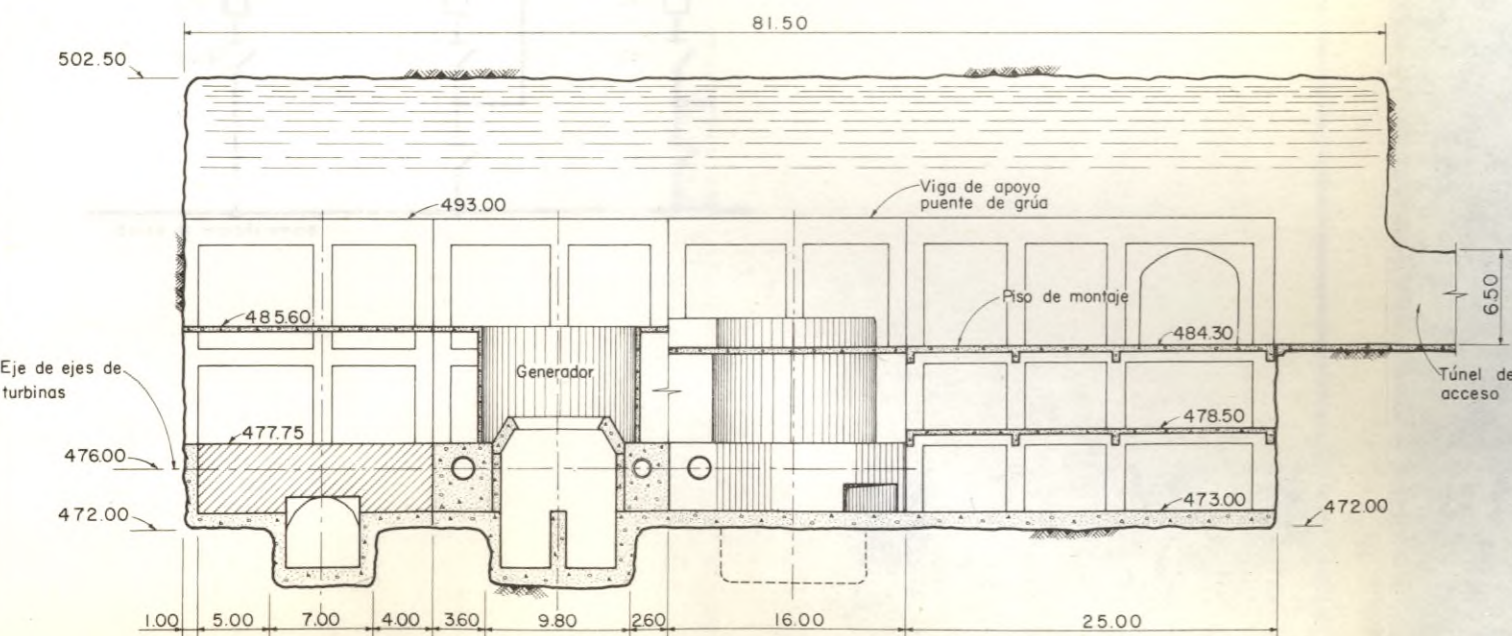


|                                                                                      |                                              |                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------|
|                                                                                      | INSTITUTO COLOMBIANO<br>DE ENERGIA ELECTRICA |                              |
|                                                                                      | CENTRAL HIDROELECTRICA<br>DE CALDAS          |                              |
| DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL<br>PROYECTO MIEL II - FACTIBILIDAD TECNICA |                                              |                              |
| <b>CENTRAL<br/>LOCALIZACION GENERAL</b>                                              |                                              |                              |
| CONSORCIO RIO LA MIEL<br>INTERDISEÑOS-SUELOS Y FUNDACIONES GEDCOLOMBIA               |                                              | FECHA NOV. 1979<br>FIGURA 21 |

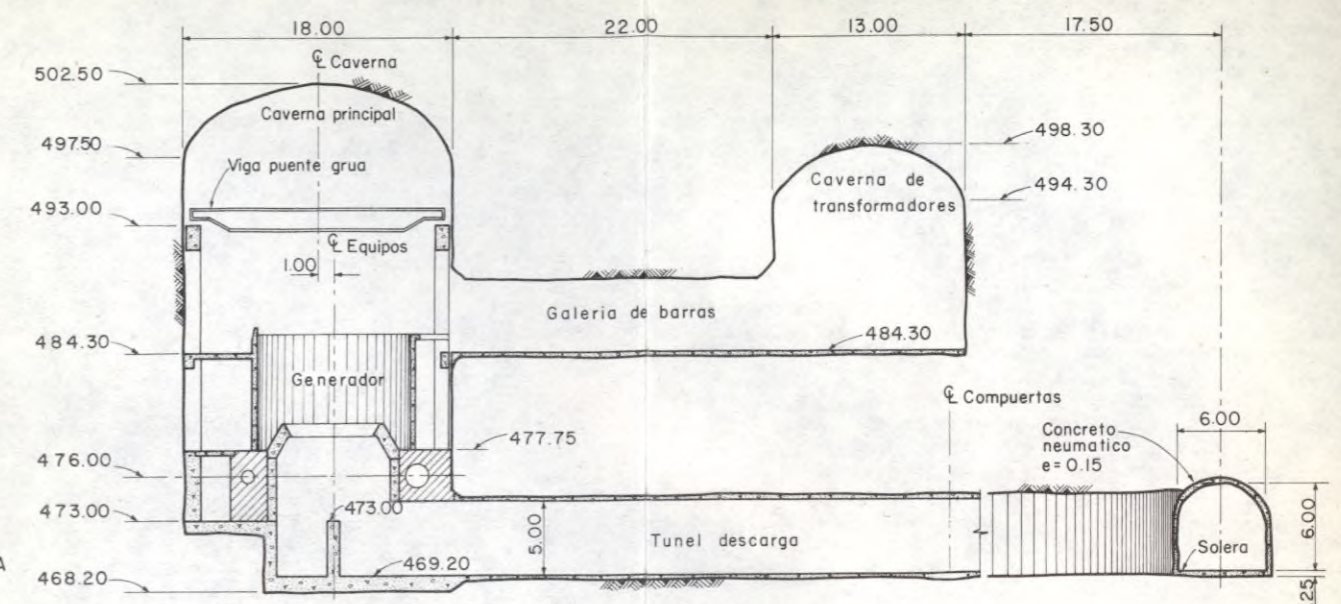




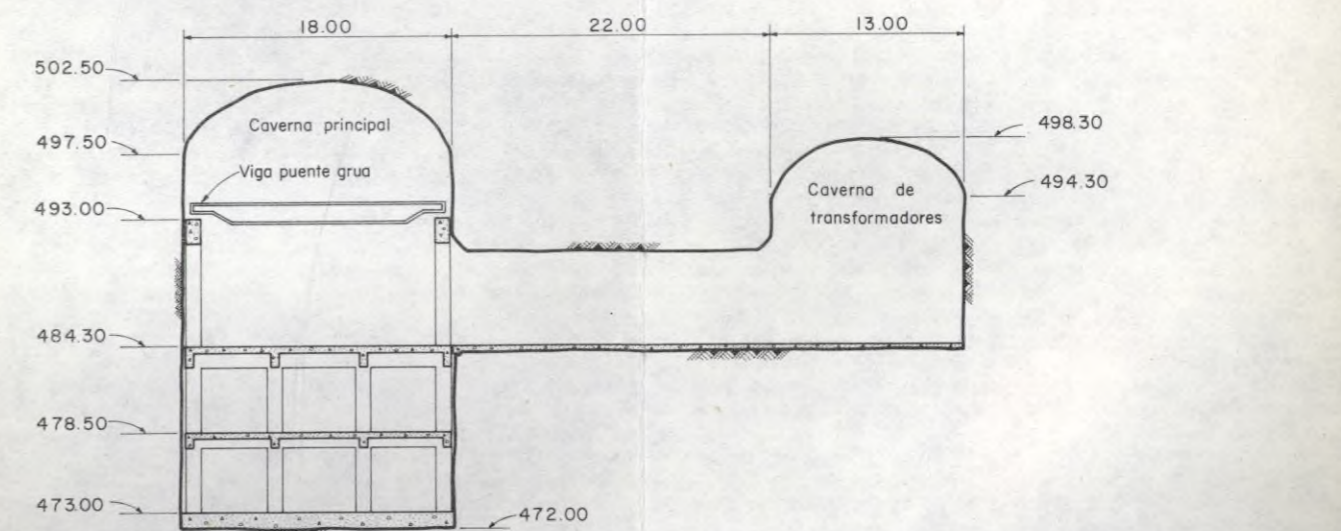
PLANTA



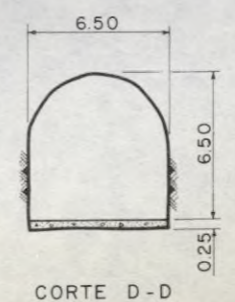
CORTE A-A



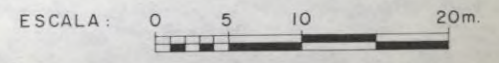
CORTE C-C



CORTE B-B

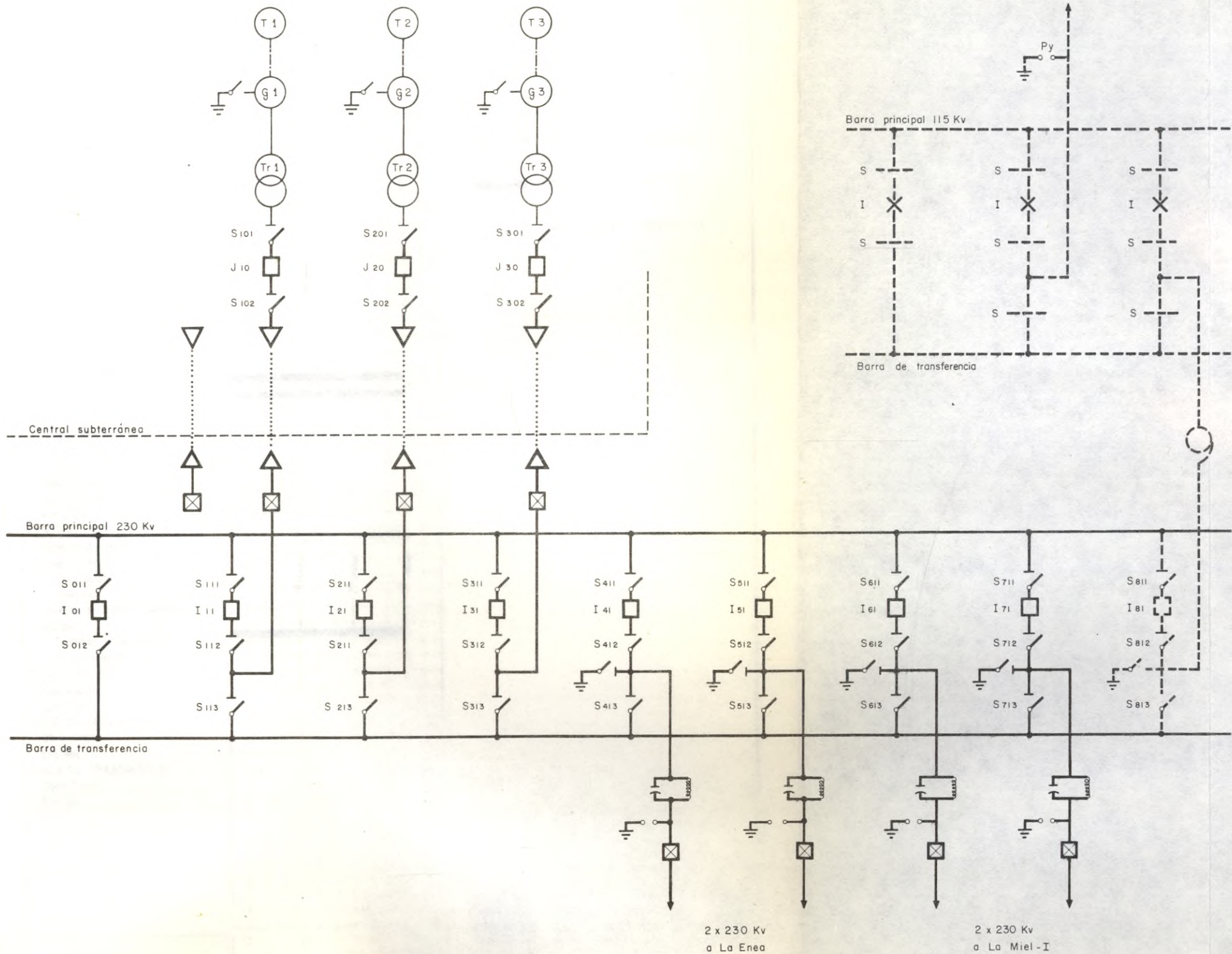


CORTE D-D





|                                                                        |                                                                                      |                                |
|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
|                                                                        | INSTITUTO COLOMBIANO<br>DE ENERGÍA ELÉCTRICA<br>CENTRAL HIDROELÉCTRICA<br>DE CALDAS  |                                |
|                                                                        | DESARROLLO HIDROELÉCTRICO DEL RÍO LA MIEL<br>PROYECTO MIEL II - FACTIBILIDAD TÉCNICA |                                |
| <b>CASA DE MÁQUINAS<br/>         PLANTA Y CORTES</b>                   |                                                                                      |                                |
| CONSORCIO RÍO LA MIEL<br>INTERDISEÑOS-SUELOS Y FUNDACIONES-GEOCOLOMBIA |                                                                                      | FECHA: NOV. 1979<br>FIGURA: 22 |





- CONVENCIONES
- (T) Turbina
  - (G) Generador
  - (Tr) Transformador
  - I Interruptor 230 Kv
  - S Seccionador 230 Kv
  - Py Pararrayos
  - Torre
  - Cabeza 230 Kv
  - ... Cable subterráneo 230 Kv
  - - - - - Prevención de espacio para módulos futuros
  - - - - - Eje mecánico
  - + - - - - Seccionador 115 Kv
  - X - - - - Interruptor 115 Kv

|                                                                                       |                                                                                      |                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|  | INSTITUTO COLOMBIANO<br>DE ENERGIA ELECTRICA<br>CENTRAL HIDROELECTRICA<br>DE CALDAS  |  |
|                                                                                       | DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL<br>PROYECTO MIEL II - FACTIBILIDAD TECNICA |                                                                                       |
| <b>DIAGRAMA UNIFILAR</b>                                                              |                                                                                      |                                                                                       |
| CONSORCIO RIO LA MIEL<br>INTERDISEÑOS-SUELOS Y FUNDACIONES- GEOCOLOMBIA               |                                                                                      | FECHA NOV.1979<br>FIGURA 23                                                           |







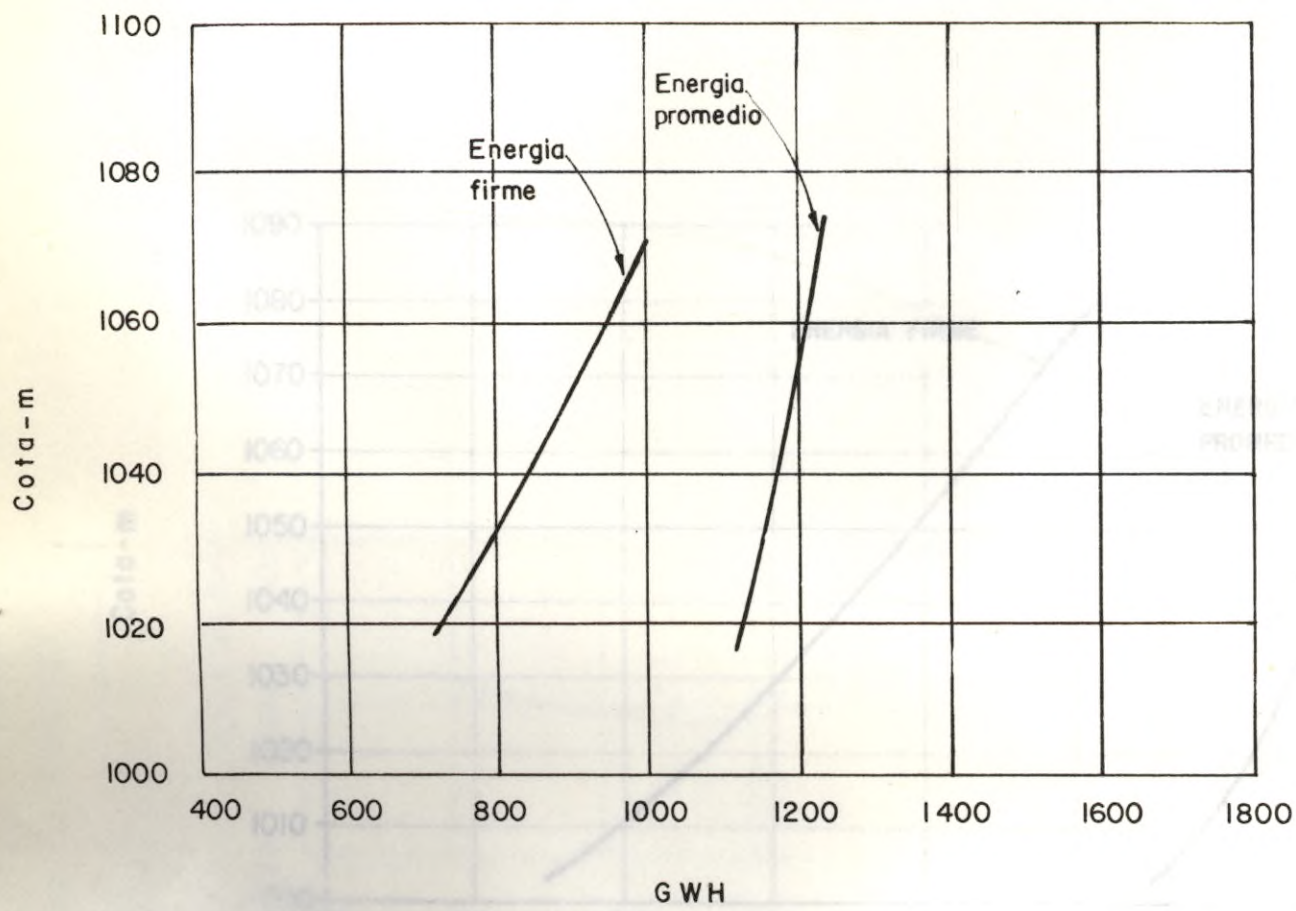


FIGURA 25



INSTITUTO COLOMBIANO  
DE ENERGIA ELECTRICA  
CENTRAL HIDROELECTRICA  
DE CALDAS



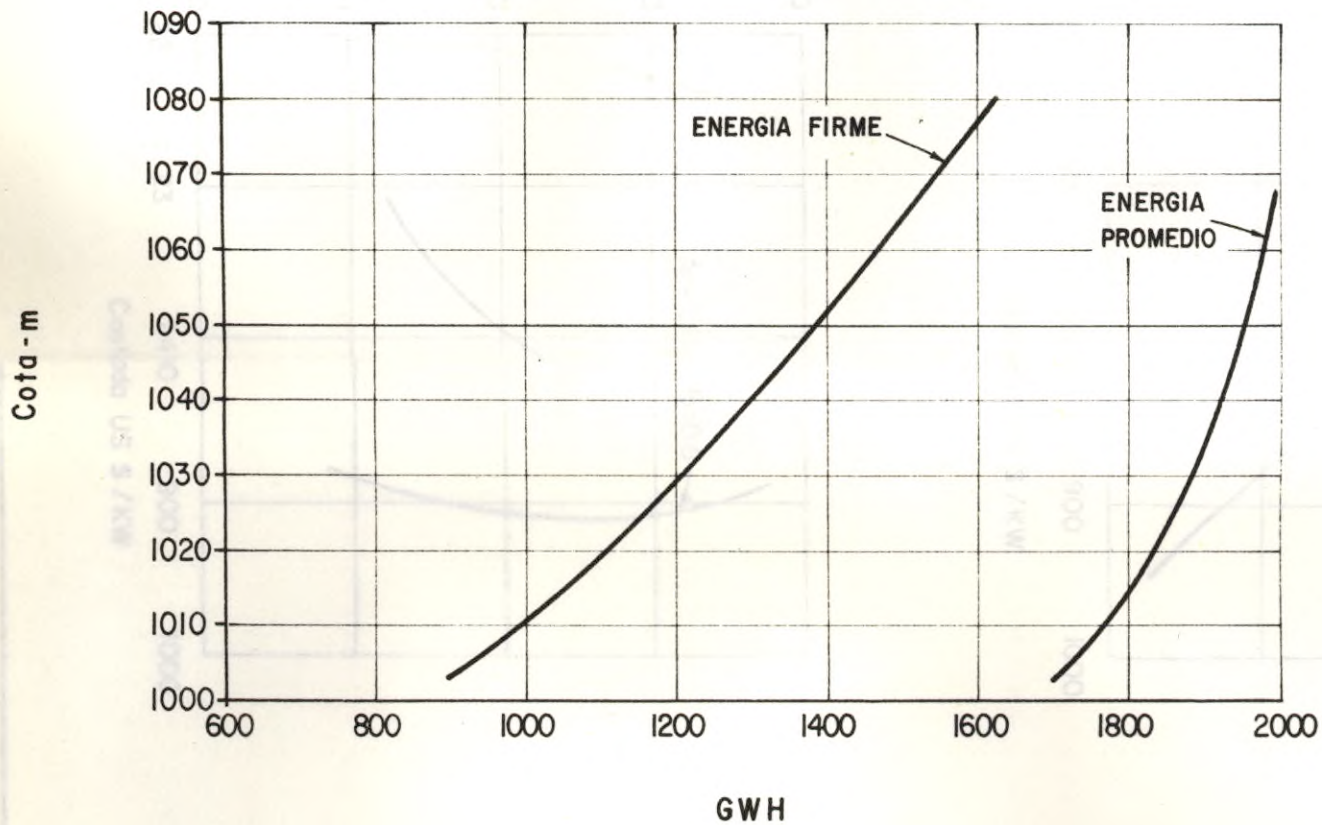
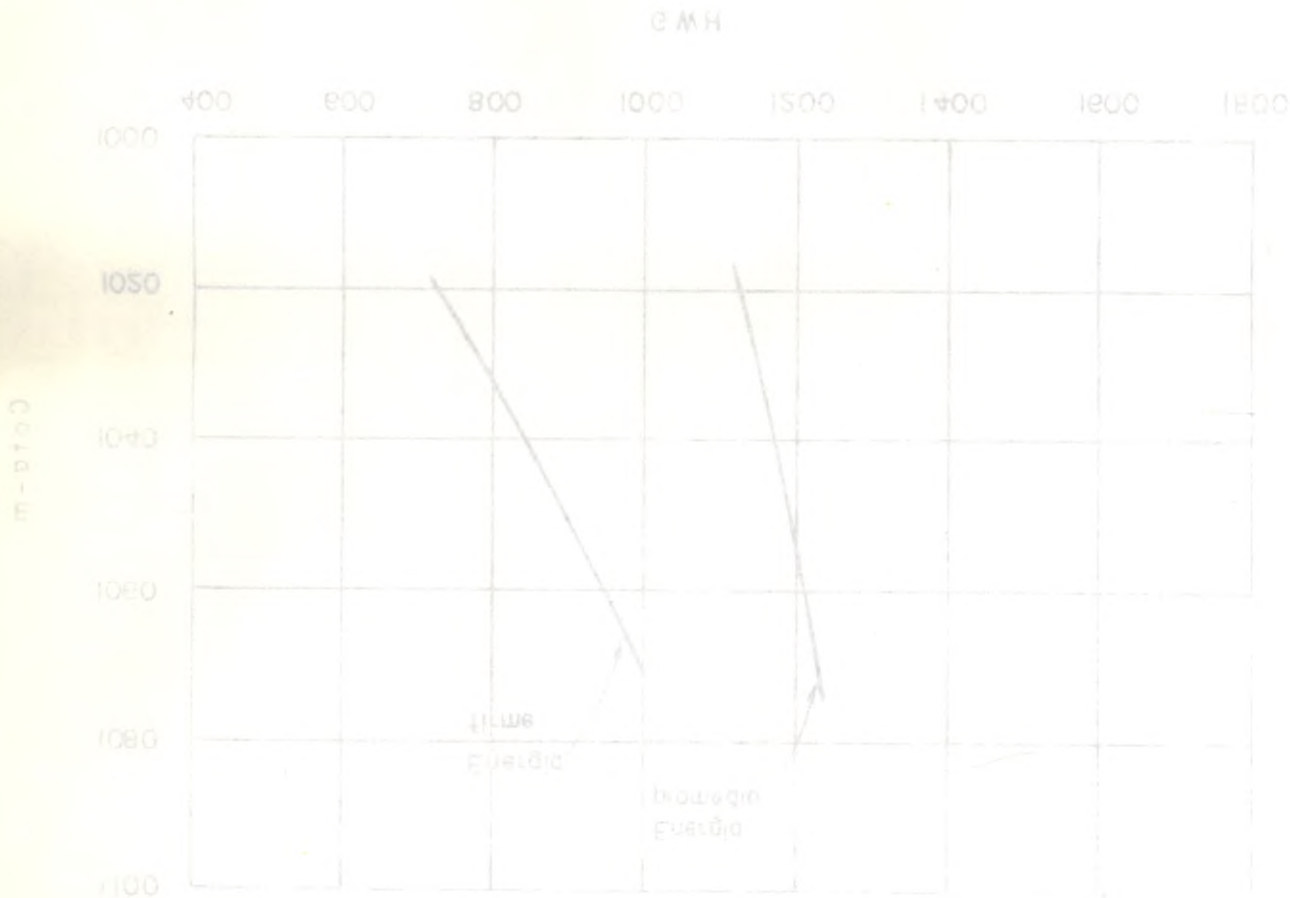
DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL  
PROYECTO MIEL II - FACTIBILIDAD TECNICA

VARIACION DE LA ENERGIA FIRME Y LA  
ENERGIA PROMEDIO  
(Proyecto Miel II sin la desviación del Río Guarinó)



|  |                        |  |
|--|------------------------|--|
|  | DE CALDAS              |  |
|  | CENTRAL HIDROELECTRICA |  |
|  | DE ENERGIA ELECTRICA   |  |
|  | INSTITUTO COLOMBIANO   |  |

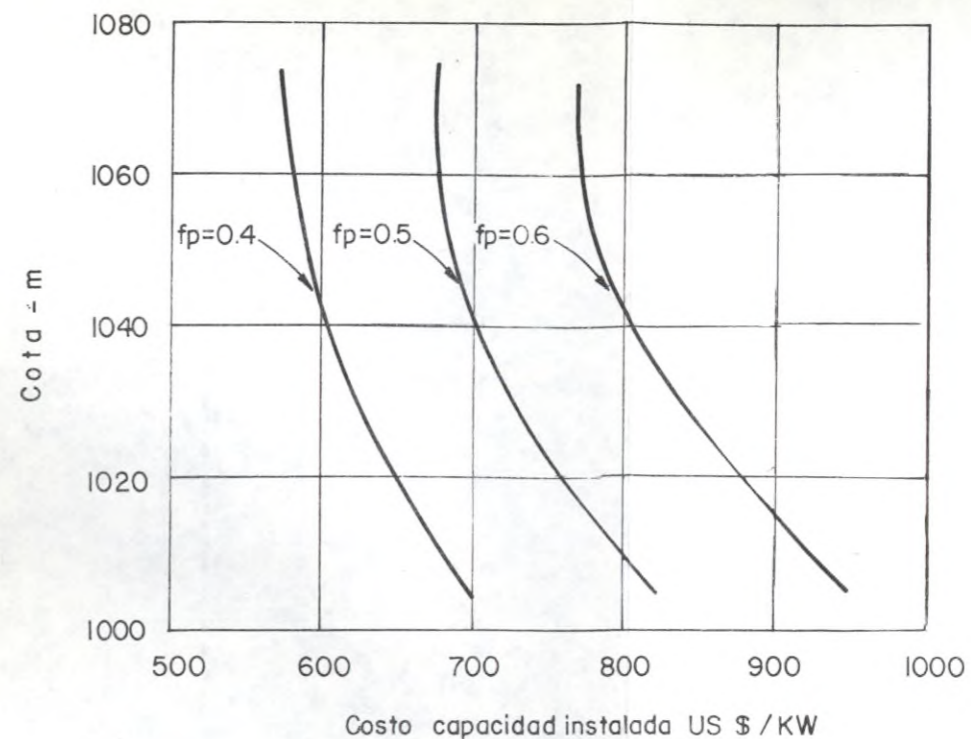
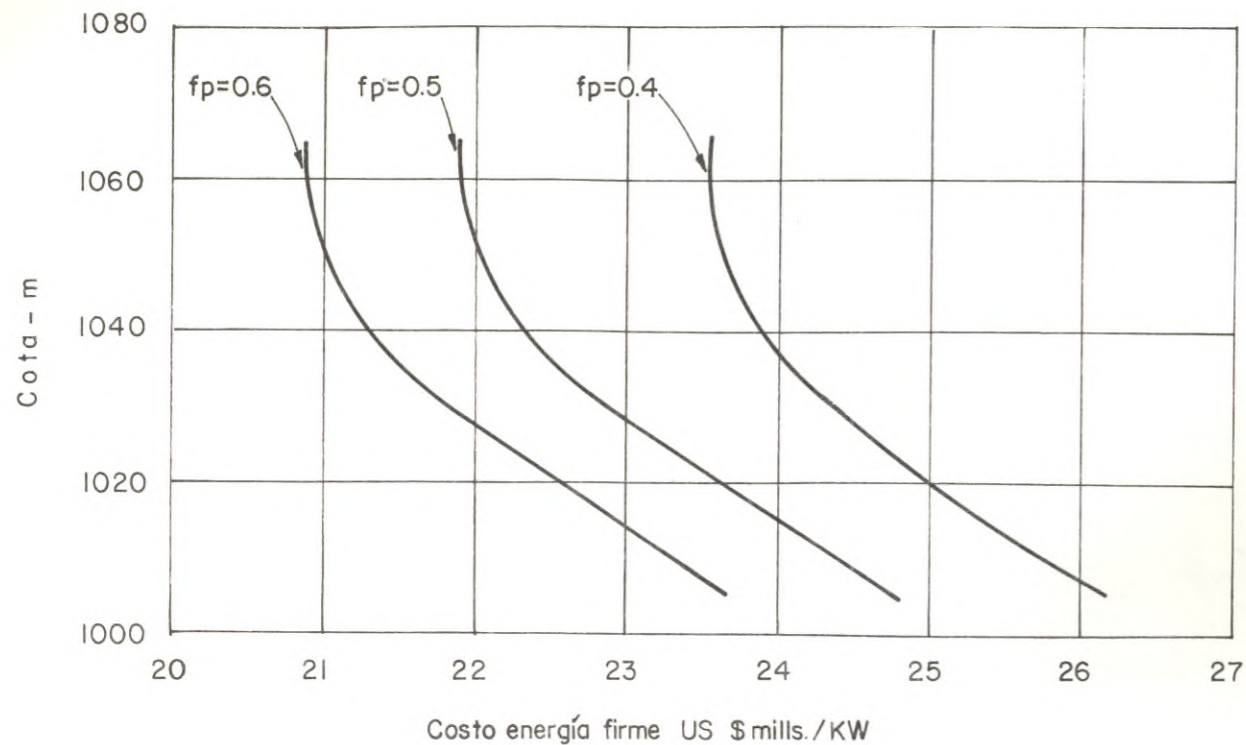
ENERGIA PROMEDIO  
VARIACION DE LA ENERGIA FIRME Y LA



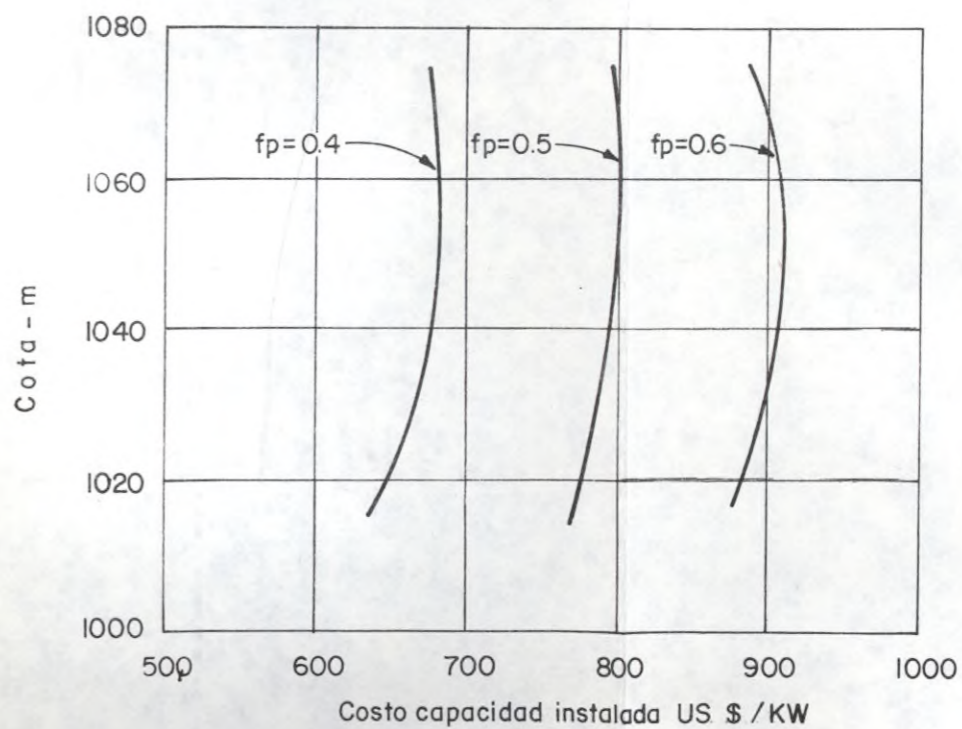
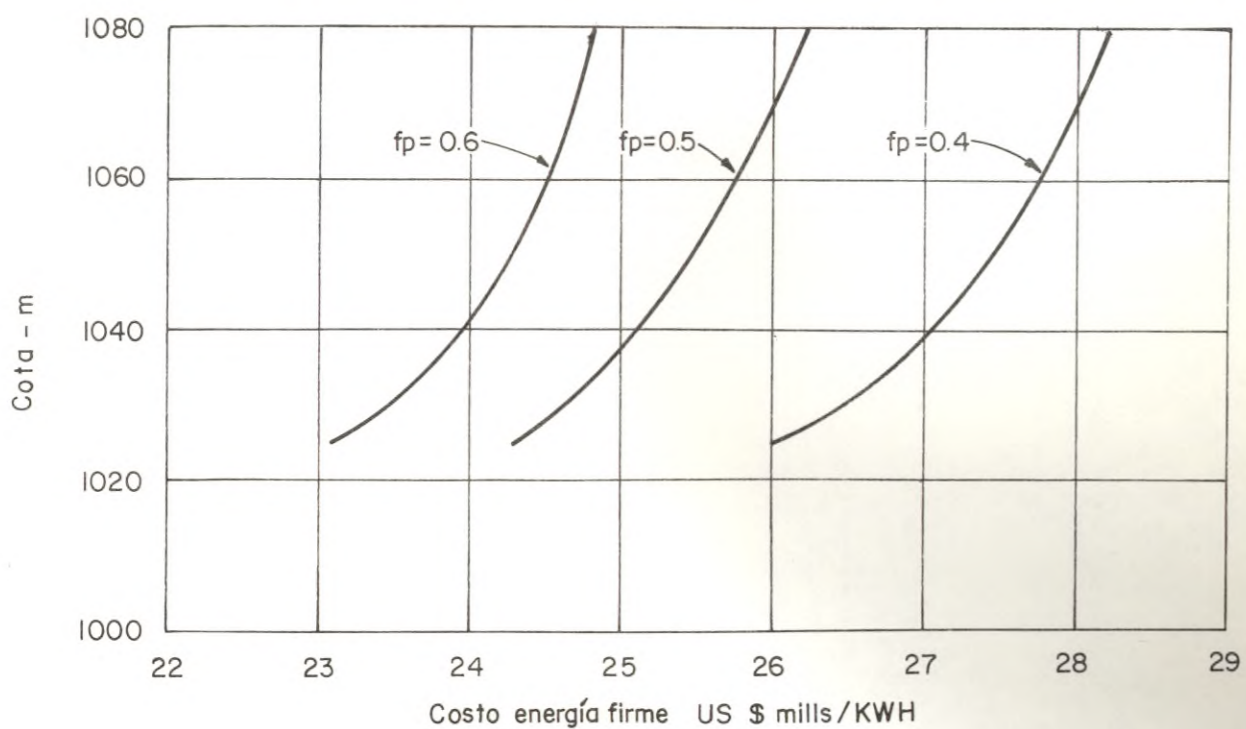
|  |                                                                                    |  |
|--|------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  | INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA                                          |  |
|  | CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALDAS                                                   |  |
|  | DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL<br>PROYECTO MIEL II FACTIBILIDAD TECNICA |  |

VARIACION DE LA ENERGIA FIRME Y LA ENERGIA PROMEDIO  
(Proyecto Miel II con la desviación del Río Guarinó)





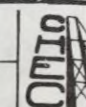
PROYECTO MIEL II CON DESVIACION DEL RIO GUARINO



PROYECTO MIEL II SIN DESVIACION DEL RIO GUARINO



INSTITUTO COLOMBIANO  
DE ENERGIA ELECTRICA  
CENTRAL HIDROELECTRICA  
DE CALDAS



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

VARIACION DE COSTOS DE ENERGIA  
FIRME Y CAPACIDAD INSTALADA



Desarrollo hidroeléctrico del Río La Miel :  
informe de factibilidad técnica / Consorcio Río  
La Miel ; Instituto Colombiano de Energía  
Eléctrica, Central Hidroeléctrica de Caldas

333.9109861 C755des V.1 Ej.1

| FECHA<br>PEDIDO | PRESTADO A | FECHA<br>DEVUELTO |
|-----------------|------------|-------------------|
|                 |            |                   |

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA



01001377

BIBLIOTECA

Ministerio de Minas y Energía  
BIBLIOTECA