INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA

ELECTRIFICADORA DEL HUILA S. A.

CONTRATO No. 4257

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD TECNICA DE LOS APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

RIOS PAEZ Y LA PLATA

VOLUMEN I

INFORME GENERAL

9861

consultoría colombiana ltda.

CONSULTORES CIVILES E HIDRAULICOS

ESTUDIO FINANCIADO POR FONADE – FONDO NACIONAL DE PROYECTOS DE DESARROLLO

333.914
I125ep
VOL I
1983

Ministerio de Minas y Energía
BIBLIOTECA

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA
BIBLIOTECA

333.91409861
I59e
V.1
Ej 1

Rmo

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA

ELECTRIFICADORA DEL HUILA S. A.

CONTRATO No. 4257

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD TECNICA DE LOS APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

RIOS PAEZ Y LA PLATA

VOLUMEN I

INFORME GENERAL

consultoría colombiana ltda.

CONSULTORES CIVILES E HIDRAULICOS

ESTUDIO FINANCIADO POR FONADE – FONDO NACIONAL DE PROYECTOS DE DESARROLLO

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA
BIBLIOTECA

ESTUDIO DE APROVECHAMIENTO HIDROELECTRICO

RIOS PAEZ Y LA PLATA

CPP - 280

Bogotá, D.E. Mayo 30 de 1.983

Doctor:
JUAN B. PEREZ RUBIANO
Gerente.
INSTITUTO COLOMBIANO DE
ENERGIA ELECTRICA.
ICEL
Ciudad.

REF: Proyecto Páez La Plata.
Contrato N: 4257

Estimado Doctor Pérez:

Es muy grato para las compañías "Consultores Civiles e Hidráulicos Limitada" y "Consultoria Colombiana Limitada" entregar a usted el Informe de Prefactibilidad del Aprovechamiento Hidroeléctrico de los ríos Páez y La Plata, dandó cumplimiento así a nuestros compromisos contractuales del Contrato N: 4257.

El Informe de Prefactibilidad consta de once (11) volúmenes que compendian toda la información recopilada y los estudios de Ingeniería ejecutados durante el desarrollo del contrato:

RESUMEN		
VOLUMEN	I	INFORME GENERAL.
VOLUMEN	II	ANEXO HIDROLOGIA.
VOLUMEN	III	ANEXO CARTOGRAFIA.
VOLUMEN	IV	ANEXO GEOLOGIA - SISMOLOGIA.
VOLUMEN	V	ANEXO SUELOS Y MATERIALES.
VOLUMEN	VI	ANEXO POTENCIA Y ENERGIA.
VOLUMEN	VII	ANEXO ESQUEMAS.
VOLUMEN	VIII	ANEXO ESTUDIOS DE INFRAESTRUCTURA VIAS Y LINEAS DE TRANSMISION.
VOLUMEN	IX	ANEXO ESTUDIOS VARIOS, SOCIOECONOMIA, AGROLOGIA Y ECOLOGIA.
VOLUMEN	X	COSTOS, PRESUPUESTOS Y PROGRAMAS DE CONSTRUCCION.

./.

C C Consultoría Colombiana C H Consultores Civiles e Hidráulicos

Calle 69 No.10-81 Bogotá D.E. Tels. 2491864 – 2112106

De acuerdo con los resultados de los estudios realizados, nos permitimos informar a ustedes que el desarrollo de los Recursos Hidroeléctricos de los ríos Páez y La Plata es técnicamente factible, que la energía firme anual generable por los cuatro (4) proyectos es 5038 Gwh, la energía media anual 7407 Gwh y la capacidad instalable 1'487.000 - Kw.

El principal proyecto del desarrollo es el Proyecto Paicol con una capacidad instalada de 960.000 Kw con una generación firme de 3155 Gwh anuales y promedio anual de 4205 Gwh. La regulación previa producida sobre el embalse del Proyecto Betania, permite generar 300 Gwh firmes y 100 Gwh secundarios adicionales.

Los costos por Kw instalado y por Kw generado obtenídos para los proyectos de Paicol y Macama se consideran muy competitivos, con los obtenidos por otros proyectos que estan siendo estudiados por ICEL y las demás entidades del sector eléctrico, y en consecuencia, recomendamos continuar los estudios de factibilidad en forma inmediata con - el fín de que puedan competir en los próximos programas de expansión del sector eléctrico.

Queremos presentar nuestros agradecimientos al personal directivo y técnico de ICEL y la Electrificadora del Huila por la permanente colaboración para con el proyecto y por las muy valiosas sugerencias recibidas en el transcurso del estudio.

Reciba Doctor Pérez nuestros sentimientos de consideración y aprecio,

GERMAN SILVA FAJARDO.
Director de Proyecto.

c.c. Dr. Jairo Toro. Gerente Electrificador del Huila.

Anexo: lo anunciado.

GSF/mmb.

C C Consultoría Colombiana C H Consultores Civiles e Hidráulicos
Calle 69 No.10-81 Bogotá D.E. Tels. 2491864 – 2112106

INDICE

		Pág.
	INDICE DE VOLUMENES.	
	LISTA DE CUADROS	
	LISTA DE FIGURAS.	
	DEFINICION DE TERMINOS.	
1.-	INTRODUCCION.	1
1.1.	Generalidades.	1
1.2.	Descripción de la Cuenca.	1
1.3.	Alcance de los Trabajos.	2
1.4.	Estudios Anteriores.	2
1.5.	Asesores Extranjeros.	3
1.6.	Reconocimiento.	3
1.7.	Resumen de Conclusiones y Recomendaciones.	4
2.-	ALTERNATIVAS DE DESARROLLO.	6
2.1.	Introducción.	6
2.2.	Alternativas de Desarrollo Estudiadas.	7
2.3.	Esquema de Desarrollo Seleccionado.	8
3.-	DESCRIPCION DE LOS PROYECTOS.	11
3.1.	Proyecto Piedra Grande.	11
3.2.	Proyecto Macama.	13
3.3.	Proyecto Guinea.	15
3.4.	Proyecto Paicol.	17
4.-	ESTUDIOS HIDROLOGICOS.	21
4.1.	Descripción de la Cuenca.	21
4.2.	Red de Estaciones.	21
4.3.	Climatología de la Cuenca.	21

./.

4.4.	Caudales.	23
4.5.	Sedimentos.	25
5.-	CARTOGRAFIA Y TOPOGRAFIA.	26
5.1.	Información Existente.	26
5.2.	Trabajos Realizados.	26
6.-	ESTUDIOS GEOLOGICOS Y SISMOLOGICOS.	28
6.1.	Geología General.	28
6.2.	Geología Estructural.	28
6.3.	Geotecnia.	29
6.4.	Estudios Sismológicos.	32
7.-	ESTUDIOS DE SUELOS Y MATERIALES.	34
7.1.	Introducción.	34
7.2.	Investigaciones de Campo y Ensayos de Laboratorio.	34
7.3.	Materiales Impermeables para Núcleos.	34
7.4.	Materiales de Enrocados y Protecciones.	35
7.5.	Materiales para Concreto y Filtros.	36
7.6.	Utilización de los Materiales en los Sitios de Proyecto.	36
7.7.	Diseño de las Presas.	37
7.8.	Fuente de Materiales Seleccionados para cada Proyecto.	38
8.-	ESTUDIOS DE POTENCIA Y ENERGIA.	40
8.1.	Introducción.	40
8.2.	Modelo de Operación de Embalses.	40
8.3.	Metodología Utilizada.	42
9.-	ESTUDIOS DE INFRAESTRUCTURA.	48
9.1.	Líneas de Transmisión y Subestaciones.	48

./.

9.2.	Vías.	50
10.-	ESTUDIOS VARIOS.	53
10.1.	Estudios Ecológicos.	53
10.2.	Estudios Agrológicos.	55
10.3.	Estudios Socioeconómicos.	56
11.-	COSTOS PRESUPUESTOS Y PROGRAMAS DE CONSTRUCCION.	58
12.-	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	59
12.1.	Conclusiones.	59
12.2.	Recomendaciones.	62

INDICE DE VOLUMENES

RESUMEN.

VOLUMEN	I	INFORME GENERAL.
VOLUMEN	II	ANEXO HIDROLOGIA.
VOLUMEN	III	ANEXO CARTOGRAFIA.
VOLUMEN	IV	ANEXO GEOLOGIA - SISMOLOGIA.
VOLUMEN	V	ANEXO SUELOS Y MATERIALES.
VOLUMEN	VI	ANEXO POTENCIA Y ENERGIA.
VOLUMEN	VII	ANEXO ESQUEMAS.
VOLUMEN	VIII	ESTUDIOS DE INFRAESTRUCTURA VIAS Y LINEAS DE TRANSMISION.
VOLUMEN	IX	COSTOS, PRESUPUESTOS Y PROGRAMAS DE CONSTRUCCION.
VOLUMEN	X	ANEXO ESTUDIOS VARIOS, SOCIOECONOMIA, AGROLOGIA Y ECOLOGIA.

LISTA DE CUADROS

Cuadro	1	Resumen Información Hidrológica de los Proyectos.
Cuadro	2	Cifras de Generación de los Proyectos Operando Conjuntamente.
Cuadro	3	Fichas Técnicas.
Cuadro	4	Resumen de Costos.

LISTA DE FIGURAS

Figura	1	Localización de la hoya del proyecto.	
Figura	2	Localización de los sitios de presa analizados.	
Figura	3	Alternativa de cadenas analizadas.	
Figura	4	Selección del esquema de desarrollo.	
Figura	5	Esquema del desarrollo seleccionado con el proyecto Paicol en una etapa.	
Figura	6	Esquema del desarrollo seleccionado con el proyecto Paicol en cascada.	
Figura	7	Proyecto Piedra Grande.	Localización y perfil general del proyecto.
Figura	8	Proyecto Piedra Grande.	Geología regional del proyecto.
Figura	9	Proyecto Piedra Grande.	Planta general de la presa y estructura de la desviación vertedero.
Figura	10	Proyecto Piedra Grande.	Cortes de la presa, galerías, inyecciones.
Figura	11	Proyecto Piedra Grande.	Desviación, descarga de fondo, planta, perfil y detalles.
Figura	12	Proyecto Piedra Grande.	Rebosadero, planta, perfil y detalles.
Figura	13	Proyecto Piedra Grande.	Bocatoma, conducción, almenara y tubería de carga.
Figura	14	Proyecto Piedra Grande.	Casa de máquinas, planta y cortes.
Figura	15	Proyecto Piedra Grande.	Diagrama unifilar del patio de conexiones.
Figura	16	Proyecto Macama.	Localización de las obras y peril - del proyecto.

./.

Figura	17	Proyecto Macama.	Geología regional del proyecto.
Figura	18	Proyecto Macama.	Planta general de la presa, obras de desviación, bocatoma y vertedero.
Figura	19	Proyecto Macama.	Cortes de la presa, galerías.
Figura	20	Proyecto Macama.	Desviación. Descarga de fondo planta y perfiles.
Figura	21	Proyecto Macama.	Rebosadero, planta, perfil y deta - lles.
Figura	22	Proyecto Macama.	Bocatoma, perfil, sifones y almenara.
Figura	23	Proyecto Macama.	Bocatoma, detalles y secciones de tubería de carga.
Figura	24	Proyecto Macama.	Casa de máquinas, planta y perfiles.
Figura	25	Proyecto Macama.	Casa de máquinas, cortes.
Figura	26	Proyecto Macama.	Diagrama Unifilar del patio de conexiones.
Figura	27	Proyecto Guinea.	Localización de las obrasy perfil - del proyecto.
Figura	28	Proyecto Guinea.	Geología regional del proyecto.
Figura	29	Proyecto Guinea.	Planta general de la presa. Estructuras de desviación, bocatoma y vertedero.
Figrua	30	Proyecto Guinea.	Cortes de la presa, galerías.
Figura	31	Proyecto Guinea.	Desviación, descarga de fondo.
Figura	32	Proyecto Guinea.	Rebosadero, planta, perfil y deta - lles.
Figura	33	Proeycto Guinea.	Bocatoma, conducción, almenara, tubería de carga, apoyos y silletas.

./.

Figura	34	Proyecto Guinea.	Casa de máquinas. Cortes.
Figura	35	Proyecto Guinea.	Casa de máquinas.
Figura	36	Proyecto Guinea.	Diagrama unifilar del patio de conexiones.
Figura	37	Proyecto Paicol.	Localización de las obras. Proyecto Paicol en una etapa.
Figura	38	Proyecto Paicol.	Localización de las obras, Paicol - en cascada.
Figura	39	Proyecto Paicol.	Perfil del desarrollo en una etapa.
Figrua	40	Proyecto Paicol.	Perfil del desarrollo en cascada.
Figura	41	Proyecto Paicol.	Geología del embalse.
Figura	42	Proyecto Paicol.	Planta general de la presa y estructuras de desviación, bocatoma, vertedero.
Figura	43	Proyecto Paicol.	Cortes de la presa, galerías e inyecciones.
Figura	44	Proyecto Paicol.	Desviación, descarga de fondo.
Figura	45	Proyecto Paicol.	Rebosadero, planta, perfil, detalles.
Figura	46	Proyecto Paicol.	Desarrollo en una etapa. Bocatoma, conducción. Almanera.
Figura	47	Proyecto Paicol.	Desarrollo en una etapa, geología - zona de túneles.
Figura	48	Proyecto Paicol.	Desarrollo en una etapa. Casa de máquinas, planta.
Figura	49	Proyecto Paicol.	Desarrollo en una etapa. Casa de máquinas, cortes.
Figura	50	Proyecto Paicol.	Desarrollo en una etapa. Diagrama unifilar del patio de conexiones.

./.

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA
BIBLIOTECA

Figura 51 Proyecto Paicol I. Desarrollo en cascada. Bocatoma, conducción y almenara.

Figura 52 Proyecto Paicol I. Desarrollo en cascada. Casa de máquinas. (Cota 712.50).

Figura 53 Proyecto Paicol I. Diagrana Unifilar del patio de conexiones.

Figura 54 Proyecto Paicol II. Desarrollo en cascada. Tanque de compensación.

Figura 55 Proyecto Paicol II. Desarrollo en cascada. Casa de máquinas.

Figura 56 Proyecto Paicol II. Desarrollo en cascada. Casa de máquinas, cortes.

Figura 57 Proyecto Paicol II. Desarrollo en cascada, Diagrama Unifilar del patio de conexiones.

Figura 58 Localización de estaciones hidrométricas.

Figura 59 Localización de estaciones pluviométricas y climatológicas.

Figura 60 Información hidrológica de los proyectos.

Figura 61 Mapa geológico y tectónico regional.

Figura 62 Fuentes de Materiales.

Figura 63 Análisis de operación de embalse y generación proyecto Piedra Grande.

Figura 64 Análisis de operación de embalse y generación proyecto Macama.

Figura 65 Análisis de operación de embalse y generación proyecto Guinea.

Figura 66 Análisis de operación de embalse y generación proyecto Paicol.

Figura 67 Influencia sobre el proyecto Betania.

./.

Figura	68	Sistema de transmisión.	
Figura	69	Proyecto Guinea.	Vías propuestas.
Figura	70	Proyecto Piedra Grande.	Vías propuestas.
Figura	71	Proyecto Macama.	Vías propuestas.
Figura	72	Proyecto Paicol.	Vías propuestas.
Figura	73	Uso potencial de tierras.	Proyecto Paicol.
Figura	74	Programa de trabajo.	Proyecto Piedra Grande.
Figura	75	Programa de trabajo.	Proyecto Macama.
Figura	76	Programa de trabajo.	Proyecto Guinea.
Figura	77	Programa de trabajo.	Proyecto Paicol en una etapa.
Figura	78	Programa de trabajo.	Proyecto Paicol I.
Figura	79	Programa de trabajo.	Proyecto Paicol II.

DEFINICION DE TERMINOS.

Las definiciones de términos utilizados en éste informe son las siguientes:

Desarrollo: Conjunto de proyectos en serie y paralelo que permiten el aprovechamiento de los recursos hidroenergéticos de una cuenca.

Proyecto: Conjunto de obras que permiten el aprovechamiento de los recursos hidroenergéticos en un punto cualquiera del río.

Esquema: Disposición, implantación y características de las obras, estructuras y equipos que conforman un proyecto, ó de un grupo - de proyectos que conforman un desarrollo.

Alternativa: Cada uno de los posibles esquemas que se pueden plantear para un proyecto o para un desarrollo. En el presente informe se identifican las alternativas de los proyectos por el nombre del proyecto, - seguido de la relación entre el nivel máximo de operación del embalse y el nivel de descarga de las turbinas. Las alternativas de desarrollo se identifican como cadenas y un número para diferenciarlas.

Energía: El trabajo realizado por la unidad de tiempo, se expresa en Kilovatios-hora, megavatios-hora o gigavatios-hora.

Energía Firme Anual (Continua): Es la máxima energía que es posible obtener del embalse en forma continua durante el año de suministro más adverso considerado, dadas unas condiciones de desembalse máximo permisible, con una confiabilidad del 100%.

Energía Secundaria: Es la energía generada, adicional a la firme, en condiciones hidrológicas favorables y que de no ser generada se vertirá.

Energía Media: Es la suma de la energía firme anual más el promedio de las energías secundarias anuales generadas durante el período -

de análisis considerado.

Potencia: Es la producción o demanda instantánea de un sistema, medida en Kilovatios, Megavatios o Gigavatios.

Potencia Continua: Es la potencia disponible un 100% del tiempo en el año de suministros de agua más adverso considerado, y necesaria para producir la energía continua.

Potencia Confiable: Es la potencia máxima generable por la planta a la cota mínima del embalse.

Potencia Instalada (Capacidad Instalada): Es la potencia máxima que pueden suministrar las máquinas en el nivel promedio de generación. Corresponde al valor indicado en la placa de los equipos.

Nivel Máximo Extraordinario: Es el nivel máximo que alcanzará el embalse durante el tránsito de la creciente máxima probable.

Nivel Máximo de Operación: Es el nivel máximo que alcanzará el embalse durante la operación normal sin evacuar agua por el vertedero.

Nivel Promedio de Generación (Nivel de Diseño): Es el promedio aritmético de los niveles medios mensuales del embalse obtenido para el período de análisis.

Nivel Mínimo de Operación: Es el nivel mínimo del embalse que corresponde al desembalse óptimo obtenido de los análisis de operación de embalse; cuando éste nivel es inferior al nivel máximo de

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA
BIBLIOTECA

sedimentos, el nivel mínimo del desembalse será el de sedimentos.

Factor de Planta: Se ha definido como la relación entre la potencia contínua y la potencia confiable.

Factor de Carga: Es la relación entre la energía media anual y la máxima que se podria generar si se opera continuamente con la potencia instalada.

1.- INTRODUCCION.

1.1. GENERALIDADES.

Los estudios de prefactibilidad del aprovechamiento hidroeléctrico de los ríos Páez y La Plata se realizaron en cumplimiento del Contrato Nº 4257 de 1.981 celebrado entre el Instituto Colombiano de Energía Eléctrica -ICEL - la Electrificadora del Huila y el Consorcio formado por las firmas "Consultores Civiles e Hidráulicos Limitada" y "Consultoría Colombiana Limitada". El contrato fué firmado el 31 de Julio de 1.981, el plazo total contractual es de 17 meses; los trabajos fueron iniciados el día 21 de Noviembre de 1.981.

La financiación de los estudios ha sido realizada con fondos del Instituto Colombiano de Energía Eléctrica - ICEL -, la Electrificadora del Huila S.A. y el préstamo otorgado por el Fondo Nacional de Proyectos de Desarrollo - - FONADE -.

1.2. DESCRIPCION DE LA CUENCA.

La cuenca del río Páez está localizada al sur-oeste de Colombia, entre 2° 10' y 3° de latitud norte y 75°45' y 76°20' de longitud al oeste de Greenwich y forma parte de los departamentos del Cauca y del Huila. Figura 1.

Está enmarcada por las depresiones montañosas de la cordillera Central, - con elevaciones que varian entre los 820 m.s.n.m. a la altura del sitio de presa en Paicol y 5.760 m en su parte más alta en el Nevado del Huila.

El área de la cuenca hasta el sitio de Paicol es de 4.765 Km^2 y se caracteriza por su topografía accidentada con pendientes altas. El río Páez constituye su principal curso de drenaje, el cual desciende desde los 4.000 m.s.n.m. en sus cabeceras hasta cerca de 600 m.s.n.m. en su desembocadura- en el río Magdalena.

Los principales tributarios del río Páez aguas arriba de Paicol son los ríos: San Vicente, Moras, Símbola, Ullucos o Negro, La Plata y Negro de - Nárvaez.

1.3. ALCANCE DE LOS TRABAJOS.

De acuerdo con lo establecido en la cláusula segunda del Contrato N? 4257, el alcance de los trabajos es el siguiente:

- Recopilación y análisis de los informes existentes.
- Estudios de hidrometeorología y calidad del agua.
- Estudios geológicos, geotécnicos, sismológicos y de materiales de construcción.
- Estudios geodésicos, cartográficos y topográficos.
- Elaboración de esquemas preliminares de proyecto.
- Estudios de potencia y generación.
- Presupuestos y programas de construcción.
- Estudios de infraestructura.
- Estudios socioeconómicos, agrológicos y ecológicos preliminares.
- Informe de prefactibilidad.

.4. ESTUDIOS ANTERIORES.

El aprovechamiento hidroeléctrico de los ríos Páez y La Plata había sido estudiado anteriormente por Estudio del Sector de Energía Eléctrica - ESEE- y por el Instituto Colombiano de Energía Eléctrica en el año de 1.979.

La información obtenida ha quedado consignada en los siguientes informes:

- Inventario de los Recursos Hidroeléctricos, Estudio del Sector de Ener

gía Eléctrica - ESEE -.

- Reconocimiento de potencial hidroeléctrico de los ríos Páez y La Plata, Consultores Civiles e Hidráulicos Limitada, 1.979.

1.5. ASESORES EXTRANJEROS.

Durante la ejecución de los estudios, el - ICEL -, Electrohuila y el Consorcio consideraron conveniente la participación de los asesores extranjeros de reconocida capacidad técnica y experiencia por la cual se solicitó la participación de cuatro (4) expertos pertenecientes a las ramas de Geología, Hidrología, Sismología y Esquemas de Desarrollo.

Los asesores que participaron fueron los siguientes:

- Hidrología y Sedimentología.

  Dr. BI HUEI WANG., Asociado e Hidrólogo Principal, Harza Engineering Company.

- Geología.

  Dr. CLIFFORD WILLIS., Vicepresidente de Geología, Harza Engineering - Company.

- Sismología.

  Dr. WILLIAN D. PAGE., Geólogo Senior, Woodward Clyde Consultans.

- Esquemas.

  JORG EXNER., Ingeniero de Lahmeyer International GMBH.

1.6. RECONOCIMIENTO.

Las compañías "Consultores Civiles e Hidráulicos Limitada" y "Consultoría-

Colombiana Limitada" ; miembros del Consorcio, quieren presentar su reconocimiento por la permanente colaboración recibida de los directivos, ingenieros y funcionarios del - ICEL - y la Electrificadora del Huila durante la ejecución de los estudios.

1.7. RESUMEN DE CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

- El estudio de la prefactibilidad, demuestra que es viable, técnica y económicamente desarrolar potencial hidroeléctrico de los ríos Páez y La Plata y que el costo unitario promedio de la potencia instalada y energía generada es aceptable dentro del panorama nacional.

- El esquema de desarrollo de los recursos hidroenergéticos de las cuencas de los ríos Páez y La Plata está compuesto por la cadena de los siguientes proyectos:

NOMBRE	CAPACIDAD INSTALADA (Mw)	ENERGIA MEDIA (Gw-h)	COSTOS	
			US $/Kw	US $/Kw-h [2]/
Piedra Grande.	115.0	850	1.632.61	0.0266
Macama.	306.0	1.674	1.280.58	0.0282
Guinea.	106.0	677	1.795.67	0.0339
Paicol.	960.	4.206	929.51	0.0255
TOTAL.	1.487.0	7.407	1.117.88 [1]/	0.027 [1]/

[1]/ Promedio Ponderado.

[2]/ Costo de Energía Media.

- Los costos por Kw instalado, y principalmente el costo por Kwh generado obtenidos para el proyecto de Paicol en una etapa, se consideran muy competitivos con los que se estan obteniendo en otros proyectos similares estudiados por el ICEL y las otras entidades del Sector Eléctrico.- Adicionalmente si se cuantifican económicamente los beneficios producidos por el Proyecto Paicol sobre el proyecto Betania, al aumentar su generación firme en 300 Gwh por año, y la energía media en 100 Gwh por año, el costo de energía generada en el Proyecto Paicol se reduce de US $0.0255 a US $0.0249.

- El proyecto Paicol debe ser considerado como proyecto de propósito múltiple, al permitir irrigar 3420 Ha de terrazas áptas para el cultivo de arroz y ganadería en los municipios de Paicol y Tesalia, y los beneficios adicionales generados por el incremento de la productividad de las tierras irrigadas se estiman en 532 millones de pesos anuales.

- Se recomienda continuar prioritariamente los estudios de factibilidad de los proyectos Paicol y Macana con el fín de que el ICEL pueda presentarlos ante el Ministerio de Minas y Energía, Planeación Nacional, ISA y las demás entidades del sector. Esta recomendación tiene mayor validéz si se tiene en cuenta que los proyectos del Alto Magdalena, ubicados en la misma área, serán estudiados al nivel de factibilidad, que por el hecho de ser proyectos competitivos, deberían tener el mismo nivel de estudio para compararlos entre si y fijar las prioridades de ejecución.

Ministerio de Minas y Energía
BIBLIOTECA

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA
BIBLIOTECA

2.- ALTERNATIVAS DE DESARROLLO.

2.1. INTRODUCCION.

Dado que el alcance del contrato prevee seleccionar, el mejor esquema de desarrollo para los recursos hidroenergéticos de las cuencas de los ríos Páez y La Plata, y que con excepción del sitio del proyecto Paicol, estos ríos presentan innumerables sitios con topografía similar para el emplazamiento de presas, la selección implicó tanto el análisis de un considerable número de proyectos como el de las posibles combinaciones de estos.

La metodología aplicada para la selección del esquema de desarrollo fué del tipo incremental, analizando inicialmente un gran número de proyectos, cuarenta (40), comparandolos entre si bajo un reducido número de paráme - tros físicos de comparación incluyendo cantidades de obra y costos globales, y se repitió el proceso hasta lograr la selección de quince (15) proyectos, los más atractivos desde el punto de vista capacidad instalada y de costo. En la figura 2 se presenta la localización de los proyectos estudiados diferenciando los quince (15) seleccionados.

Para los quince (15) proyectos seleccionados, se realizaron esquemas para diversas alturas de presa y longitudes de las conducciones, se calcularon las energías generadas asi como las cantidades de obra y costos asociados. Este análisis permitió seleccionar la mejor configuración de cada uno de los proyectos, altura de presa y longitudes de conducción, capacidad instalada, etc. y comparar entre si los proyectos mutuamente excluyentes.

Con los mejores proyectos resultantes entre los grupos mutuamente excluyentes se plantearon los esquemas alternativos de desarrollo de los recursos de la cuenca, analizando la operación de sus embalses en cadena.

Los proyectos que fueron seleccionados para ser analizados como parte de las alternativas de cadenas de proyectos fueron los siguientes:

RIO	PROYECTO	NIVEL MAX. DE EMBALSE. (m.s.n.m.)	NIVEL CASA DE MAQUINAS (m.s.n.m.).
La Plata.	Guinea.	1.262	1.000
Páez.	Piedra Grande.	1.607	1.292
Páez.	Macama.	1.288	1.000
Páez.	Frayle.	1.190	970
Páez.	Chapetón.	1.080	970
Páez.	Paicol (1 etapa).	960	600

2.2. ALTERNATIVAS DE DESARROLLO ESTUDIADAS.

Con los proyectos seleccionados se plantearon cuatro (4) configuraciones - de desarrollo denominadas cadenas las cuales se describen a continuación y se muestran en la figura 3.

Cadena 1: Está formada por los proyectos Guinea sobre el río La Plata y Paicol sobre el río Páez con una capacidad instalada de 1.066 Mw, energía firme anual (continua) de 2.813 Gwh, y energía media anual de 3.923 Gwh.

Cadena 2: Está formada por los proyectos Piedra Grande, Macama y Paicol sobre el río Páez, con una capacidad instalada de 1.381 Mw, energía firme anual (continua) de 3.655 Gwh, y energía media anual de 5.386 Gwh.

Cadena 3: Está formada por los proyectos Piedra Grande, Macama, El Frayle, Paicol. Todos localizados sobre el río Páez con una capacidad instalada de 1362.5 Mw, energía firme anual (continua) de 3.567 Gwh, y energía media anual de 5.288 - Gwh.

Cadena 4: Está formada por los Proyectos Piedra Grande, Macama, Chapetón, Paicol, localizados sobre el río Páez con una capacidad instalada de 1324 Mw, energía firme anual (contínua) de 3550 Gwh, y energía media anual de 5290 Gwh.

Para cada una de las cadenas se realizaron los estudios de operación de embalses y generación de energía, teniendo en cuenta su operación como proyectos en serie, y se calcularon las energías generadas, las capacidades instaladas y los costos asociados.

Comparando los valores presentes de beneficios netos para diversos valores de venta de energía, se seleccionó la cadena que maximiza los beneficios netos para valores de venta en bloque superiores a US $ 0.03 por Kw-h generado, valor estimado por el ENE[1] como precio pobable de venta en bloque a partir del año de 1.981. En la figura 4 se presenta la comparación de los valores presentes de beneficios netos para las cuatro (4) cadenas.

2.3. ESQUEMA DE DESARROLLO SELECCIONADO.

Teniendo en cuenta que la cadena 1 considera el único proyecto atractivo del río La Plata y las cadenas 2, 3 y 4 las alternativas de desarrollo en el río Páez, el desarrollo seleccionado combina la cadena 1 con la mejor alternativa de la cadena sobre el río Páez que corresponde a la cadena 2.

En consecuencia el esquema de desarrollo seleccionado consiste en cuatro (4) proyectos de embalse, dos (2) sobre el río Páez, uno (1) sobre el río La Plata y uno (1) aguas abajo de la confluencia de estos ríos con las siguientes características:

1/ Estudio Nacional de Energía, Cuadro 11-8, capítulo VI.

PROYECTO	RIO	ALTURA DE PRESA (m)	LONGITUD DE CONDUCCIONES (Km).	CAPACIDAD INSTALADA (Mw)	ENERGIA MEDIA ANUAL (Gwh)
Piedra Grande.	Páez.	118	6.30	115	850.6
Macama.	Páez.	120	14.85	306	1.674.0
Guinea.	La Plata.	88	11.22	106	676.9
Paicol (1 etapa).	Páez.	160	26.25	960	4.206.0

Para el proyecto Paicol se presentan dos (2) alternativas de desarrollo a saber:

2.3.1. Desarrollo en una Etapa.

El esquema de desarrollo en una etapa propuesto aprovecha la diferencia de nivel existente entre el embalse del Proyecto Paicol 960 m.s.n.m. y el río Magdalena 575 m.s.n.m., y contempla una casa de máquinas subterránea en el nivel 600 y un túnel de fuga de 24 Km entre ésta y el río Magdalena.

2.3.2. Desarrollo en Cascada.

El desarrollo en cascada prevee el aprovechamiento del mismo salto neto, - dividido en dos (2) proyectos en serie, uno a continuación del otro, para lo cual la casa de máquinas subterránea prevista en el nivel 600 m.s.n.m., en la alternativa anterior se ubica en el mismo sitio pero en el nivel - 712.5 y el túnel de fuga descargará sobre el río Páez al nivel 700 m.s.n.m. con una longitud de 13 Km.

Inmediatamente a la salida del túnel de fuga se construirá un tanque de compensación y la bocatoma para el segundo proyecto; las obras de ese se - gundo proyecto consisten en un pozo vertical de carga y un túnel de 13 Km

hasta la casa de máquinas ubicada en la margen izquierda del río Magdalena al nivel 575 m.s.n.m., cerca al sitio previsto para la descarga del túnel de fuga de la alternativa anterior.

En las figuras 5 y 6 se presentan esquemáticamente las dos (2) alternati - vas de desarrollo planteadas y en la figura 1 la localización de los pro - yectos.

El proyecto Paicol ha sido concebido como proyecto de uso múltiple, ya que adicionalmente a la generación hidroeléctrica se ha previsto la derivación de 10 m^3/s para regar por gravedad un área de 3423 Ha, correspondientes a las terrazas de Paicol y Tesalia.

3.- DESCRIPCION DE LOS PROYECTOS.

3.1. PROYECTO PIEDRA GRANDE.

Es el primer proyecto sobre el río Páez localizado en jurisdición del municipio Páez, un (1) Km aguas abajo de la confluencia de los ríos Páez y Moras.

El esquema del proyecto consiste en una presa de enrocado con pantalla de concreto de 118 m de altura y un volúmen de 5.09 Mm^3, con cresta en la cota 1615 m.s.n.m. y taludes 1 vertical por 1.6 horizontal.

La presa forma el embalse de Piedra Grande con los siguientes niveles principales: máximo extraordinario, cota 1610 m.s.n.m.; máximo de operación - cota 1607 m.s.n.m.; y mínimo de operación a la cota 1589.5 m.s.n.m., que corresponde al desembalse de 17.5 m encontrado como óptimo en los estudios de generación de energía. El área del embalse a nivel máximo extraordinario es de 1.74 (Km^2) con un volúmen útil de 14.52 Mm^3 y un volúmen muerto de 55.34 Mm^3.

La desviación se realiza mediante un túnel de 0.6 Km de longitud y 7.5 m de diámetro, para un caudal de diseño de 680 m^3/s. El túnel de desviación será utilizado para colocar una válvula tipo Howell - Bunger, de 50 pulgadas de diámetro, que operará como descargador de fondo. La ataguía principal tendrá 25 m de altura con la corona en el nivel 1530 m.s.n.m.

La estructura del rebosadero comprende una explanación para la adecuada aproximación del vertedero, localizada en la cota 1595 m.s.n.m.; el perfil de la cresta tipo OGEE se localiza en la cota 1599 m.s.n.m.; tiene tres - (3) compuertas radiales de 14 x 13 m, canal de evacuación de ancho y profundidad variables, con una capacidad de 3149 m^3/s, longitud de 300 m y disipador de energía tipo salto de Skí localizado a la cota 1522 m.s.n.m.

La bocatoma será del tipo pozo vertical sumergido, localizada en la margen

derecha. El control de flujo se realiza por medio de compuertas Wagon localizadas dentro de una cámara de compuertas ubicada en el túnel de carga, a 65 m de la bocatoma. El túnel de conducción estará dividido en dos (2) tramos, el primero de 6 Km de longitud y 5 m de diámetro, y el segundo de 300 m de longitud y 4.5 m de diámetro que empalma con la tubería de carga. La tubería de carga se inicia en la cota 1546 m.s.n.m. y empalma con el tubo distribuidor en el nivel 1.303 m.s.n.m.; tiene una longitud de 650 m y diámetro interno de 4.5 m. La almenara está localizada en la asbcisa K 6 +000 del túnel de conducción con un diámetro de 10.8 m y longitud de 84 m.

La central proyectada es del tipo superficial localizada en la cola del embalse del proyecto Macama, en la margen derecha del río Páez, con el nivel de turbinas en la cota 1294.5 m.s.n.m.; la central alojará dos (2) unidades Pelton de eje vertical de 57.5 Mw con un caudal por turbina de 21.9 m^3/s y una caída neta de 314.6 m, acopladas a generadores sincrónicos de 66 MVA girando a 240 r.p.m.; la descarga se efectuará por medio de un canal rectangular de 30 m de longitud.

El patio de conexiones estará localizado al lado izquierdo de la casa de máquinas en la cota 1.303 m.s.n.m., y tendrá un área aproximada de 4.000 m^2.- Se instalarán dos (2) transformadores trifásicos de 76 MVA, tipo FOA.

Como el embalse inunda parte de la carretera La Plata - Belalcázar, se ha previsto realizar una variante de 7.45 Km, de está vía. Adicionalmente se ha previsto 2.4 Km de carreteras auxiliares para realizar la construcción - del proyecto.

El campamento está localizado en la población de Belalcázar a 6.5 Km del sitio de presa.

En las figuras 7 a 15 se presenta la localización del proyecto, la geología regional del área, la planta general de la presa y las obras anexas, los - cortes de la presa, la desviación y obras anexas, el rebosadero, bocatoma,-

casa de máquinas y el diagrama unifilar.

3.2. PROYECTO MACAMA.

El segundo proyecto de la cadena del río Páez es el proyecto Macama. Está- localizado en el límite jurisdiccional de los municipios de Páez e Inzá, - 750 m. aguas abajo de la confluencia de los ríos Negro y Páez.

Su esquema consiste en una presa de enrocado con pantalla de concreto, de - 120 m. de altura y un volúmen de 5.20 Mm^3, cuya corona se encuentra a la cota 1298 m.s.n.m.

El volúmen del embalse creado por la presa al nivel máximo extraordinario - 1292 m.s.n.m., será de 200 Mm^3. El volúmen útil será de 146.8 Mm^3 y el volúmen muerto de 36.1 Mm^3.

El área del embalse al N.M.E. será de 5.12 Km^2; el nivel máximo de operación está en la cota 1288 m.s.n.m. y el nivel mínimo de operación en la cota 1239 m.s.n.m., que corresponde a un desembalse de 49 m.

Para la construcción de la presa se ha previsto una desviación, ubicada sobre la margen derecha del río. Esta se realizará mediante un túnel de - 560 m. de longitud y 8 m. de diámetro para un caudal de diseño de 920 m^3/s. Este mismo túnel será utilizado para alojar en su interior una válvula tipo Howell - Bunger de 60 pulgadas de diámetro que operará como descarga de fondo y a la cual se tendrá acceso mediante un pozo vertical.

La estructura del rebosadero comprende un canal de aproximación al vertedero localizado en la cota 1270.8 m.s.n.m. El perfil de la cresta tipo OGEE, localizado en la margen derecha, con una capacidad de descarga de 5469 m^3/s. Su control se realizará mediante tres (3) compuertas radiales de 13.3 x 12 m, posteriormente se tendrá un canal de evacuación de 150 m de longitud al final del cual se encuentra un disipador de energía tipo salto de Skí.

MINISTERIO DE ... BIBLIOTECA

La estructura de toma, de tipo vertical sumergido, estará ubicada en la margen izquierda del rio 230 m aguas arriba del eje de presa, localizada en la cota 1230 m.s.n.m. empata, mediante un codo vertical con el túnel de presión, el cual tiene una longitud de 14.85 Km. Ya que el túnel atravieza dos (2) fallas geológicas, se hizo necesario diseñar dos (2) sifones en inmediaciones de las fallas a la altura de las quebradas Macama y El Cedro.

A la altura del K 14 + 000 se encuentra ubicada una almenara de 12.6 m de diámetro y altura de 129 m.

La tubería de presión con una longitud de 0.5 Km y 5.6 m de diámetro, empalma con el túnel, 200 m aguas abajo de la almenara. El empalme con la casa de máquinas se realiza mediante una subdivisión en cuatro (4) ramales cada uno de los cuales alimentará una turbina.

La casa de máquinas es de tipo superficial y se localiza cerca a la cola - del embalse Paicol, en el nivel 1000 m.s.n.m.; aloja cuatro (4) unidades - Francis de eje vertical de 76.5 Mw cada una, con un caudal por turbina de 30.4 m^3/s y una caída neta de 286.9 m, accpladas a generadores sincrónicos- de 87.5 MVA girando a 514.28 r.p.m.

La subestación y el patio de conexiones se localizan al lado izquierdo de la casa de máquinas. El número de transformadores previstos es de nueve - (9) con 50 MVA de potencia cada uno, tipo FOA.

Para el acceso a los diferentes frentes de trabajo se ha previsto la construcción de 8.2 Km de carreteras.

La relocalización de vías por causa de las obras de la presa o por el embalse mismo, implica la construcción de 28 Km aproximadamente de nuevas vías.

Para las oficinas y viviendas, se ha previsto una zona ubicada 4.5 Km aguas arriba del eje de presa en la cota 1.300 m.s.n.m. sobre la margen derecha.-

En las figuras 16 a 26 se presenta la planta, perfil y geología regional - del proyecto, la planta de la presa y obras conexas, la casa de máquinas y el diagrama unifilar.

3.3. PROYECTO GUINEA.

Sobre el río La Plata se encuentra el Proyecto Guinea localizado en jurisdi ción del municipio de La Plata, 3 Km aguas abajo de la confluencia de los - ríos Loro y Aguacatal.

El esquema consiste en una presa de enrocado con pantalla de concreto, de - 88 m de altura, cuya corona se encuentra en la cota 1270 m.s.n.m., taludes- iguales 1 vertical, 1.6 horizontal, con un volúmen total de 1.785.000 m^3.

El embalse creado por la presa al nivel máximo extraordinario 1264.8 m.s.n.m, cubrirá un área de 3.2 Km^2 con una capacidad total de 110.5 Mm^3. El volú - men útil será de 60 Mm^3 y el volúmen muerto de 41.5 Mm^3. El desembalse óp- timo calculado en los estudios de Potencia y Energía es de 26.6 m y alcanza el nivel 1235.4 m.s.n.m.

Para la construcción de la presa se ha previsto desviar el río por medio de un túnel ubicado en la margen izquierda, con una longitud de 340 m, pendien te del 1% y sección circular de 7.5 m de diámetro. Alojará una válvula ti po Howell - Bunger de 50 pulgadas de diámetro.

El rebosadero es frontal a tajo abierto, con canal de aproximación en la co ta 1247 m.s.n.m., perfil en la cresta tipo OGEE y una estructura de con

trol a flujo libre de 45.0 m de ancho; se han previsto tres (3) compuertas radiales de 13.3 x 10 m que permitirán la evacuación de la creciente máxima probable correspondiente a 3943 m^3/s. La descarga se hará mediante un canal rectangular con ancho y profundidad variables en una longitud de 210 m, y un disipador de energía tipo salto de ski.

La captación se hará por medio de una bocatoma de tipo vertical, localizada en la margen izquierda del río, 100 m aguas arriba del eje de la presa en la cota 1235.4 m.s.n.m.. El control de flujo se realiza mediante una compuerta Wagon y una de rodillos para emergencia y reparaciones, localizadas dentro de una cámara de compuertas ubicada en el túnel de carga, 60 m aguas abajo de la intersección con el pozo de aducción.

Las obras de conducción comprenden el pozo vertical de aducción, un tramo de túnel de presión con 11.22 Km de longitud y 5.50 m de diámetro, pendiente del 0.91%, una almenara circular de diámetro interno 8.50 m y una altura de 101 m, y una tubería de carga de 1200 m de longitud, 5.5 m de diámetro y dividida en tres (3) tramos soportados sobre silletas de concreto y macizos de anclaje; al final de la tubería de presión se localiza el distribuidor de donde se derivan dos (2) conductos a presión de 1.86 m de diámetro, los cuales alimentan cada una de las turbinas de la central.

La casa de máquinas, se ubica en inmediaciones de La Plata, es de tipo superficial, la cual aloja dos (2) turbinas Francis de eje vertical con caudal de diseño 24.3 m^3/s y, altura neta de 261.3 m, y 53 Mw cada una, a la cota 996.90 m.s.n.m., girando a 450 r.p.m., acopladas a generadores sincrónicos de 16 polos de 60.6 MVA de potencia.

La subestación está localizada al lado izquierdo de la central, aloja dos (2) transformadores trifásicos de 70 MVA/FOA con relación de transformación 13.81/115 Kv.

Para la ejecución del proyecto se ha previsto construír 4.5 Km de vías. A

demás se deberán construír 7.0 Km de vía para reemplazar los tramos de la vía La Plata - Popayán y La Plata - San Vicente que quedarán sumergidos - dentro del embalse.

Las oficinas y viviendas se localizarán en la márgen izquierda, 1.5 Km a - guas arriba del sitio de presa, con el fín de ser utilizadas posteriormente por la entidad que opere la central.

En las figuras 27 a 36 se presenta la planta, el perfil y la geología re - gional del proyecto, la planta de la presa y las obras conexas, la casa de máquinas y el diagrama unifilar.

3.4. PROYECTO PAICOL.

El proyecto Paicol es el último de la cadena. Está localizado a 1500 m a guas abajo de la confluencia de los ríos Páez y Negro de Nárvaez, y aprove cha las aguas reguladas previamente por los proyectos Guinea, Piedra Grande y Macama.

Se han seleccionado dos (2) alternativas para el proyecto Paicol cuya dife rencia radica en que el salto disponible se aprovecha mediante un sólo pro yecto o mediante dos (2) en cascada y que por lo tanto las conducciones se realizarán en una o en dos etapas, y que la generación será del ciento por ciento para el primer caso, o del 70% y 30% en el segundo.

A continuación se presenta la descripción de las obras comúnes a las dos - (2) alternativas, y para cada alternativa, las obras particulares asocia - das a cada una de ellas.

3.4.1. Obras Comúnes a las dos (2) Alternativas.

Las obras comúnes a las dos (2) alternativas son las siguientes:

La presa de enrocado con pantalla de concreto y cresta en la cota - 970 m.s.n.m. de 160 m. de altura y taludes 1.6 horizontal por 1 vertical,- está localizada 1600 m. aguas abajo de la confluencia de los ríos Páez y Negro, forma el embalse del proyecto Paicol cuya capacidad de almacenamien to es de 775 Mm^3, con un volúmen muerto de 239 Mm^3. y un volúmen útil de 436 Mm^3. El nivel máximo extraordinario está localizado en la cota 964.5- m.s.n.m., el nivel máximo de operación en la cota 960 m.s.n.m., y el nivel mínimo en la cota 894.5 m.s.n.m. El embalse cubre un área de 20 Km^2.

Se ha previsto construír prioritariamente una zona de presa hacia aguas a rriba, tal que se obtenga el nivel 882 m.s.n.m. correspondiente al nivel - máximo necesario para desviar por el túnel la creciente máxima probable en 500 años, y así la presa actuará como ataguía.

La desviación se realiza mediante dos (2) túneles por la margen derecha, - con pendiente del 1.4%, 900 m. de longitud y 9.5 m. de diámetro cada uno,- de los cuales uno (1) se utilizará posteriormente como descarga de fondo - mediante una válvula tipo Howell - Bunger de 72 pulgadas, mientras que el otro será taponado una vez ejecutado el cierre definitivo del embalse. El cierre tendrá una altura de 10 m. y la ataguía 20 m. de altura.

El vertedero de tipo frontal a tajo abierto localizado en el estribo dere- cho, tiene un ancho variable de 90 a 37 m., compuertas radiales, con per - fil en la corona tipo OGEE, canal de evacuación de 195 m. de longitud, y - disipador de energía tipo salto de Skí.

La bocatoma tipo pozo vertical sumergida con rejillas y 19 m. de diámetro, se une con el túnel circular de 8.8 m. por medio de un codo. La cámara de compuertas es subterránea y aloja cuatro (4) compuertas, dos (2) tipo WA- GON y dos (2) tipo rodillo.

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA
BIBLIOTECA

3.4.2. Obras Específicas del Desarrollo en una Etapa.

A partir de la cámara de compuertas continua el túnel de carga de 8.8 m de diámetro hasta un pozo vertical de 261.8 m. La casa de máquinas será de tipo subterránea, 2 Km aguas abajo del eje de presa, en la margen izquierda - al nivel 600 m.s.n.m., aloja seis (6) unidades de 160 Mw, cada una, tipo Francis de eje vertical, acopladas a generadores sincrónicos de 183 MVA girando a 300 r.p.m.; en la cámara de la caverna se alojarán 19 transformadores de 70 MVA monofásicos tipo FWO y cámara colectora de agua turbinada.

El canal de fuga será un túnel a flujo libre de 24.0 Km de longitud y 9.5 m de diámetro sección baúl con pendiente de 0.07% con cuatro (4) ventanas intermedias para ventilación y alivio.

El portal de salida descarga libremente en el río Magdalena al nivel 575- m.s.n.m.

Se contruirán 11.8 Km de vías para la ejecución de la obra y se relocalizarán 17.8 Km de la vía actual Paicol - La Plata que serán inundadas por el embalse; se construirán 94.500 m^2 de campamentos y oficinas ubicadas sobre- el nivel máximo extraordinario de embalse.

En las figuras 37 a 50 se presenta la localización, el perfil de desarrollo en una etapa, la geología regional y la planta de la presa, figuras comunes para los desarrollos en una etapa y en cascada y diagrama unifilar del proyecto en una etapa.

3.4.3. Obras Específicas del Desarrollo en Cascada.

El túnel de carga tiene 9.25 m. de diámetro, el pozo tiene 155.9 m, y la almenara 14.5 m de diámetro y 132 m de altura.

La casa de máquinas N° 1 será del tipo subterránea, localizada 2 Km aguas a

bajo del eje de la presa sobre la margen izquierda al nivel 712.5 m.s.n.m., - aloja cuatro (4) unidades de 182.5 Mw cada una, tipo Francis de eje vertical con caudal de 90 m^3/s y altura neta 238m, acopladas a generadores sincrónicos de 208 MVA, girando a 327 r.p.m.; la caverna alojará 13 transformadores - monofásicos de 80 MVA y el canal colector de agua turbinada.

El canal de descarga será un túnel a flujo libre de 10.0 m de diámetro y 13 Km de longitud descargando libremente en el nivel 700 m.s.n.m., en la margen izquierda del río Páez, 300 m aguas abajo del puente sobre la quebrada Po - trero Grande que une a Tesalia con Puente El Colegio.

A la salida del túnel de fuga de la casa de máquinas Nº 1, las aguas se co - lectan en un tanque de compensación de 125.000 m^3 y de allí directamente me diante una bocatoma de pozo vertical se captan las aguas para el proyecto - Paicol II. El pozo tiene 10 m de diámetro y 88 m de longitud, empalma con - un túnel inferior de presión, de 10 m de diámetro, pendiente de 0.038% y 13 Km de longitud, que llega directamente a la casa de máquinas.

La casa de máquinas Nº 2 es superficial, se localiza en la margen izquierda - del río Magdalena 2 Km aguas abajo de la confluencia de los ríos Páez y Mag- dalena, aloja tres (3) unidades de 100 MVA cada una, tipo Francis de eje ver tical, acopladas a generadores sincrónicos de 114 MVA y 200 r.p.m. Se insta larán 10 transformadores monofásicos de 43.5 MVA tipo FOA.

Para el desarrollo en cascada es necesario relocalizar los mismos 17.8 Km de vía existentes y construír 11.8 Km de vías de acceso.

Se ha previsto construír campamentos en un área de 95.000 m^2.

En las figuras 51 a 57 se presenta la localización, perfil de los proyectos, las casas de máquinas y los diagramas unifilares del proyecto en cas- cada.

4.- ESTUDIOS HIDROLOGICOS.

4.1. DESCRIPCION DE LA CUENCA.

La cuenca del río Páez está localizada al sureste del país entre los 2°10' y 3° de latitud norte, y 75° 45' y 76° 20' de longitud al oeste de Greenwich, y forma parte de los departamentos del Cauca y Huila.

El área total de la cuenca hasta el sitio del Proyecto Paicol es de 4.765 Km^2, caracterizandose por su topografía accidentada con altas pendientes.- La elevación media de la cuenca es de 2.450 m.s.n.m. El río páez constituye el principal curso de drenaje descendiendo de los 4000 m.s.n.m. en sus cabeceras, hasta cerca de 800 m.s.n.m. en su desembocadura en el río Magdalena.

Las áreas de drenaje de las cuencas hasta los sitios de proyecto se presentan en el cuadro 1.

4.2. RED DE ESTACIONES.

La cuenca del río Páez cuenta con trece (13) estaciones pluviométricas, - tres (3) meteorológicas, y cuatro (4) hidrológicas, las cuales presentan información con un período de registro variable entre 5 y 10 años, la cual fué la base para los estudios hidrológicos y climatológicos de los proyectos. En las figuras 58 y 59 se presenta su localización.

4.3. CLIMATOLOGIA DE LA CUENCA.

Debido a las variaciones orográficas de la zona, en la cuenca se encuentran temperaturas variables desde 15°C a 2300 m.s.n.m. resgistrada en la esta - ción meteorológica Santa Leticia, hasta unos 22°C en la parte baja de la cuenca.

La humedad relativa es aproximadamente constante a lo largo del año y pre

senta poca variación territorial. Se estima un valor medio cercano al 80%. Los factores meteorológicos que ocasionan el régimen de lluvias se deben a perturbaciones de los vientos alisios y al fenómeno de convección.

La precipitación es bimodal, con períodos de máxima precipitación en los meses de Abril, Mayo, Octubre y Noviembre para los cuales se presenta en promedio el 19.9% y el 22% de la precipitación total anual respectivamente.

4.3.1. Precipitación.

La cuenca tiene una precipitación media de 1.808 mm/año con variaciones territoriales marcadas, habiendose establecido que en general los valores de la precipitación aumentan con la elevación hasta alturas cercanas a los - 2500 m.s.n.m., valor a partir del cual empieza a decrecer.

La precipitación media de la cuenca tributaria a los sitios de proyecto se- calculó tomando como base el patrón de isoyetas elaborado para las cuencas- que se presenta en la figura 60. Los valores de precipitación media anual se presentan en el cuadro 1.

4.3.2. Evaporación.

Debido a la inconsistencia de los datos procedentes de los tanques evaporimétricos, la evaporación se calculó a partir de la ecuación de Meyer.

La evaporación neta de los embalses se obtuvo asumiendo que el 70% de la precipitación está disponible para los procesos de evapotranspiración en - Paicol y el 75% del área de Piedra Grande, cuyos valores reflejan la capacidad de retención de la cuenca a lo largo del año para satisfacer dichos problemas.

La evapotranspiración potencial de las áreas por inundar se calculó a par

tir de la fórmula de Hargreaves, y se tomó como uso consuntivo, el menor - valor entre esta y la precipitación disponible. La evaporación neta se obtuvo de la diferencia entre la evaporación potencial y el uso consuntivo.

Los valores deducidos para el embalse de Paicol se adaptaron para el de - Guinea y los obtenidos para el embalse de Piedra Grande se adaptaron para- el de Macama.

4.4. CAUDALES.

4.4.1. Caudales Medios.

Dentro de la zona de proyecto, se disponía de cuatro (4) estaciones hidrométricas a saber: Páez - Paicol, Páez - Puente Ricaurte, La Plata - Vega - El Salado, Ullucos - Bocatoma. Las series de caudales fueron extendidas a un período común de 21 años (1.961 - 1.981) mediante un análisis de correlación ayudandose además con la información de caudales medios mensuales - de la estación Magdalena - Puente Santander.

Para los caudales en los sitios de los proyectos Piedra Grande y Guinea se efectuó una transposición de caudales por medio de la relación existente entre el área y la precipitación media. Para Paicol y Macama, los emplaza - mientos de los proyectos coincidieron con las estaciones hidrométricas.

Los caudales medios multianuales encontrados para los proyectos se presentan en el cuadro 1.

En la figura 60 se presentan los hidrogramas típicos mensuales para cada uno de los proyectos.

4.4.2. Análisis de Frecuencia de Avenidas e Hidrogramas para Desviación.

Para el análisis de eventos extremos se probaron distribucines Gumbel, - Pearson tipo III, log-normal y log-Pearson tipo III, encontrándose resulta dos satisfactorios con la distribución log-normal para todas las series, menos para el proyecto Paicol donde se acomodó mejor la distribución Log - Pearson III.

Terminando elanálisis de frecuencia de las series de cada una de las estaciones, se determinaron los hidrogramas registrados más favorables tanto- en pico como en volúmen que se hubieran presentado. Para los proyectos - Guinea y Piedra Grande por no coincidir su ubicación con los sitios de las estaciones hidrométricas, se efectuó la transposición de los hidrogramas- de crecidas por medio de la relación de las áreas de drenaje elevadas a la potencia 1/2.

En el cuadro 1 se incluyen valores de los hidrogramas obtenídos para las o bras de desviación en los cuatro (4) proyectos.

En la figura 60 se presentan los hidrogramas de crecientes para diseño de las obras en los cuatro (4) sitios de proyecto.

4.4.3. Crecida Máxima Probable (CMP).

Para el cálculo de la crecida máxima probable (CMP) se aplicó el método - Herhsfield en la determinación de la precipitación máxima probable (PMP), para la cual se obtuvo un valor de 320 mm en 24 horas con máxima puntual - en la estación Yarumal.

Mediante diferentes hidrogramas registrados en la cuenca, se dedujo un hi- drograma adimensional para la misma; la cuenca se subdividió en ocho (8) - subcuencas y para cada una de ellas se obtuvo un hidrograma adimensional - el cual fué transitado por el método Muskingum, encontrándose los hidrogra

Ministerio de Minas y Energía
BIBLIOTECA

mas para el diseño del vertedero de cada uno de los proyectos.

Las características más importantes de los hidrogramas deducidos para el diseño de vertederos se presentan en el cuadro 1.

En la figura 60 se presentan los hidrogramas de diseño de los vertederos - para los cuatro (4) sitios de proyecto.

4.5. SEDIMENTOS.

Los cálculos de sedimentos en los embalses se basaron en las mediciones de sedimentos en suspensión, llevadas a cabo en la estación Páez - Paicol, - por ser los únicos datos en la actualidad suceptibles de ser analizados de talladamente.

Se estimó una producción de la cuenca de 1320 ton/año/Km^2, valor que tiene- su razón de ser en las altas pendientes de la cuenca y su grado de fores- tación.

Se estimó la distribución de sedimentos dentro de los embalses por medio- del método de "Reducción Empírica del Area".

El transporte de sedimentos estimado para cada uno de los proyectos se - presenta en el cuadro 1.

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA
BIBLIOTECA

5.- CARTOGRAFIA Y TOPOGRAFIA.

5.1. INFORMACION EXISTENTE.

La zona de los proyectos, al iniciarse los estudios contaba con la información que se detalla a continuación:

- Planos Nº 14 y 15 IGAC. (Proclas) en escala 1:500.000.
- Planos DANE Nº 23 D y E y 24 D y E en escala 1:100.000.
- 21 planos en escala 1:25.000 del IGAC.
- Plano del Proyecto Colombo-Holandes escala 1:500.000
- Fotografías aéreas en escalas variables entre 1:28.000 y 1:42.000 que pertenecen a 41 vuelos abarcando un total de 243 fotografías.
- Cuatro (4) imagenes satelites (Landsat).
- Once (11) puntos geodésicos y topográficos del IGAC.
- Puntos de nivel de la transversal Puente El Colegio - La Plata - Popayán.

5.2. TRABAJOS REALIZADOS.

5.2.1. Cartografía.

Los planos 1:25.000 del IGAC cubrían un 48% del área de la cuenca. Fueron reducidos a las escalas 1:50.000, 1:100.000 y 1:200.000 para su utilización en hidrología y geología regional. Se firmó el contrato Nº 060 con el IGAC, para restitución de 160 Ha que contaban con fotografías y control de campo, los planos se recibieron en borrador en Mayo de 1.982. Posteriormente se celebró el contrato Nº 296 para la aérofotografia y restitución de 145.000 Ha. Este contrato no pudo cumplirse por condiciones meteorológicas adversas. Este trabajo deberá desarrollarse en factibilidad - pués es indispensable para la delimitación general de la cuenca y en espe-

cial para separar las cuencas de los ríos Páez y La Plata.

5.2.2. Restituciones.

Utilizando las fotografías aéreas existentes y los puntos de control y de paso del IGAC, se realizaron restituciones de segundo órden para los si - tios de localización de las estructuras. Las restituciones se realizaron- en escala 1:5.000 cubriendo las siguientes zonas por proyecto: Piedra - Grande 86 Ha; Macama 410 Ha y Guinea 104 Ha.

5.2.3. Poligonales Altimétricas.

Se llevaron poligonales taquimétricas a lo largo de los ríos Páez y La Pla ta, con el fín de determinar las cotas de las orillas y nivel de agua de los ríos y conocer la pendiente verdadera y las caídas disponibles. Se le vantaron 86.4 Km tomando la cota del río aproximadamente cada 300 m, las - poligonales se ajustaron al sistema geodésico del IGAC.

5.2.4. Levantamientos Topográficos.

Para los sitios de las estructuras de los proyectos Paicol y Macama se rea lizaron levantamientos detallados de la topografía, por el método de radi- cación taquimétrica desde vértice, amarrados por triangulación al sistema- geodésico del IGAC.

6.- ESTUDIOS GEOLOGICOS Y SISMOLOGICOS.

6.1. GEOLOGIA GENERAL.

Las cuencas hidrográficas de los ríos Páez y La Plata se encuentran ubicadas en el borde oriental de la cordillera Central y el Valle del Alto Magdalena.

Esta área muestra una gran variedad de rocas igneas, (efusivas e intrusivas) metamórficas y sedimentarias, asociadas a una gran variedad igneo-tectónica, permitiendo el desarrollo de sistemas estructurales regionales que inciden en la estabilidad del área y los proyectos en ella seleccionados. Muestran estructuras tipo "Gravens" dentro de las rocas más antiguas que permitieron la acumulación de sedimentos más jovenes conservandolos, de gran denudación en los eventos posteriores.

En la zona del proyecto se identificaron, de la más antigua a la más jóven, las siguientes unidades litológicas: Macizo de La Plata (Pep), Granito Gráfico de Villa Lozada (Pzv), Complejo de Macama (Pzm), Conglomerado del Guámbico ((Trg), Formación de Coquiyú (Trsc), Formación del Saldaña (TRs), Granito de Cohetandillo (Jc), Formación Caballos (TKg), Formación Gualanday (Tg), Formación Honda (Th), Formación Popayán (TQpy), Piroclastos (Qp) y depósitos recientes, cuya descripción se presenta junto con la geología regional en la figura 61.

6.2. GEOLOGIA ESTRUCTURAL.

Teniendo en cuenta la gran actividad tectónica de la cordillera con fenómenos de subsidencia, plutonismo, volcanismo, plegamientos y solevantamientos, se formaron grandes fracturas y estructuras en el área, con una zona al oeste levantada y fracturada en los bordes de los cuerpos intrusivos por fallamientos regionales inversosylaterales; fallas que han sido reactivadas hasta el presente, denominadas de Oeste a Este como: Falla Páez, Falla La Plata, Falla de la Azufrada, Falla Guamito, Falla Magdalena, Falla-

Altamira y estructuras anticlinales y sinclinales amplias y apretadas como: Sinclinales de San Andrés, Tesalia y los Anticlinales de La Venta, Motilones y La Ocha. En la figura 61 se presenta el mapa de geología y tectónica regional.

6.3. GEOTECNIA.

6.3.1. Proyecto Piedra Grande.

El sitio de presa se encuentra ubicado entre los cerros Casas Viejas y Piedra Alta.

En el área del proyecto afloran rocas ígneas metamórficas pertenecientes al Macizo de La Plata suprayaciendo por depósitos recientes de la Formación Páez en algunos coluviales y aluviales.

El sitio de presa se presenta como profundo cañon en sección en "V"; la presa se cimentará sobre roca ígnea, tipo gabro, compacta, dura y resistente de afloramiento continuo con buena capacidad de soporte poca meteorización y resistencia alta.

Su embalse cubre parte de los ríos Páez y Moras, donde afloran rocas ígneas y sedimentos recientes de baja cohesión e inestables. El túnel cruzará rocas del mismo tipo sin problemas especiales.

En la figura 8 se presenta la geología general del proyecto Piedra Grande.

6.3.2. Proyecto Macama.

La presa se encuentra localizada entre los cerros La Cumbre y Guámbico, sitio de topografía abrupta con alturas promedio de 600 m.; con un valle amplio en forma de "V" asimétrico.

En el área del proyecto afloran rocas ígneas (intrusivas y efusivas), metamórficas sedimentarias, volcano-sedimentarias y sedimentos recientes, tipo cenizas, coluviones y aluviones pertenecientes al Macizo de La Plata, complejo de Macama, Conglomerado del Guámbico, Formación Coquiyú, Formación Saldaña y Formación Páez, cubiertas de sedimentos recientes y afectadas por las Fallas de Avirama, Grillo, Macama y Frayles.

El sitio de presa se cimentará sobre rocas metamórficas, pertenecientes al Complejo de Macama de rumbo N 30° - 45° E en un alto ángulo de inclinación de la foliación, fracturas profundas, medianamente espaciadas y diaclasas verticales al sistema de fallamiento Macama, con gran capacidad de soporte y dureza y resistencia de media a baja para la fundación de la presa y una permeabilidad de baja a moderada.

En el área de embalse no se observan inestabilidades potenciales de gran magnitud y las características geológicas determinan una buena estanqueidad.

En la figura 17 se presenta la geología regional del Proyecto Macama.

6.3.3. Proyecto Guinea.

El sitio de presa se localizó al SW de la población de La Plata, en una garganta estrecha y profunda formando el río La Plata, al cortar rocas volcánicas de la Formación Saldaña, en las inmediaciones de la Vereda Guinea.

El túnel de carga será construído a lo largo del Anticlinal de Minas, donde las rocas volcánicas de la Formación Saldaña presentan resistencia media, gran dureza y módulo relativo medio.

El embalse inundará parte de los valles del río La Plata y de la quebrada Moscopán, cubriendo rocas volcánicas (Formación Saldaña), ígneas (Granito-

Gráfico de Villa Lozada), flujos de lavas basálticas (Formación Popayán),- Depósitos Aluviales y abanicos. En general, las margenes del embalse presentan buena estabilidad.

En la figura 28 se presenta la geología regional del área del Proyecto Guinea.

6.3.4. Proyecto Paicol.

El sitio de presa se encuentra ubicado en la parte media, que une el Valle de La Plata con los valles de Tesalia y Paicol, flanco oeste del Anticlinal de Minas, enteramente constituído por rocas volcánicas duras, pertenecientes a la Formación Saldaña, con una cobertura sedimentaria cretácea- en sus partes altas.

Los estribos presentan una estabilidad aceptable a nivel de roca sana moderadamente diaclasada con una resistencia media y consistencia fuerte, gran dureza y módulo relativo medio.

El embalse cubre en su mayor parte el Valle de La Plata involucrando los cauces de los ríos Páez, La Plata y Negro de Nárvaez, cubriendo depósitos- aterrazados tobaceos-sedimentarios y las Formaciones Caballos, Villeta y Guadalupe.

Las características del Valle de La Plata, relativamente plano y extenso,- hacen que las margenes presenten pendientes muy suaves sin problemas de - desplazamientos especiales ni fugas eventuales hacia otras cuencas aguas abajo.

Las alternativas de túnel cruzarán las estructuras anticlinales de Minas y La Ocha y el Sinclinal de Tesalia constituídos por rocas sedimentarias de las formaciones Saldaña, Guadalupe, Caballos, Villeta, Guaduas y Gualan -

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA BIBLIOTECA

day.

6.4. ESTUDIOS SISMOLOGICOS.

El estudio sismológico del área en consideración abarcó el análisis del marco tectónico general del Territorio Nacional de Colombia, y la sismicidad regional dentro del área de influencia de los proyectos, área que se estableció como un circulo de 200 Km de radio con centro en el sitio del proyecto Paicol.

Las principales fuentes sismogénicas estan asociadas a los siguientes mecanismos de liberación de energía: mecanismo de subducción de la Placa Nazca bajo la Placa de Suramérica, mecanismo de fallamiento inverso mixto a lo largo de la falla frontal de la cordillera Oriental y el mecanismo tipo transcurrencia a lo largo de la Falla Romeral.

Existen otras fuentes sismogénicas asociadas a mecanismos más locales de menor trascendencia generalizada, pero de interés por su cercanía a los sitios de proyectos, a las cuales se pueden asociar ciento nueve (109) sismos, como son las Fallas de Nátaga, Iquira, Magdalena y Altamira y otras no asociadas.

A partir del análisis de los eventos sismícos registrados con las fuentes anotadas, se pudo establecer la frecuencia media de ocurrencia, la profundidad media y la magnitud Mb asociadas con cada fuente así:

FUENTE SISMOGENICA	FRECUENCIA MEDIA DE OCURRENCIA (Nº de eventos/año)		PROFUNDIDAD MEDIA (Km).	MAGNITUD Mb.
- Falla Frontal de la Cordillera Oriental.	2 - 3		60	7.5
- Falla Romeral.	1.5 - 2		60	7.0
- Zona de subducción Placa Nazca.	1	mayor	160	7.5
- Falla Iquira.	0.2		80	6.0
- Falla Nátaga.	0.3		50	6.0
- Falla Magdalena.	0.2		60	6.0
- Falla al Occidente del Magdalena.	0.2		40	6.0
- Otros.	1.78		60	6.0

El análisis del riesgo sismíco se realizó empleando el programa "Línea - Fuente" (Line Source Model) desarrollado en la Universidad de Illinois, USA.

Se entiende por riesgo sísmico el valor máximo esperado para la acelera - ción espectral sobre un terreno firme en la zona del proyecto, para un período de retorno variable. De los resultados de éste estudio, se considera que un valor de la aceleración del terreno firme, o roca base de cimenta - ción, podria ser del órden del 18% de la aceleración de la gravedad, valor que ha sido tenido en cuenta para los análisis de estabilidad de las pre - sas.

7.- ESTUDIOS DE SUELOS Y MATERIALES.

7.1. INTRODUCCION.

Los estudios de suelos y materiales tienen por objeto establecer la disponibilidad de fuentes de materiales en las zonas cercanas a los proyectos, establecer las propiedades mecánicas de los materiales y los volúmenes disponibles en cada fuente y con está información, seleccionar las fuentes de materiales para cada proyecto y realizar análisis preliminares de estabilidad para presas y ataguías y ángulos de corte para las excavaciones.

7.2. INVESTIGACIONES DE CAMPO Y ENSAYOS DE LABORATORIO.

Las investigaciones de campo comprendieron la ejecución de ciento once - (111) sondeos, repartidos entre barrenos, apiques y trincheras, para obtener los datos necesarios a fin de evaluar las propiedades mecánicas y las características de los materiales impermeables para la construcción de - núcleos, de los materiales rocosos para el cuerpo de presas y ataguías y para las protecciones exteriores, gravas y arenas para filtros y agregados de concreto.

7.3. MATERIALES IMPERMEABLES PARA NUCLEOS.

Se investigaron varias fuentes para la explotación de materiales finos, - con destino a los núcleos de las presas, siendo las más importantes, tanto por sus características como por su volúmen, las de Nátaga, La Balsa y La-Esmeralda.

En la fuente de Nátaga se encontraron limos arcillosos de alta plasticidad mezclados con cantos de areniscas meteorizadas pertenecientes a la Formación Caballos (Kic). En la fuente La Balsa, en cercanías de Itaibe, se encontraron arcillas moderadas de baja plasticidad intercaladas de arcillolitas pertenecientes a la Formación Guaduas (TKg). La fuente de La Esmeralda está formada por suelos limosos de alta plasticidad de la Formación-

Popayán (Qpy).

En la figura 62 se presenta la ubicación de las fuentes descritas.

7.4. MATERIALES DE ENROCADOS Y PROTECCIONES.

Se estudiaron y analizaron cuatro (4) tipos de rocas diferentes masas rocosas que afloran en las cercanías de los proyectos, que corresponden a rocas volcánicas, rocas sedimentarias del cretáceo, rocas ígneas de tipo granito y rocas ígneas de tipo gabro.

Las rocas volcánicas son de tipo ignimbrítico pertenecientes a la Formación Saldaña (TRs), las cuales afloran a 5 Km al Este de Paicol sobre la margen izquierda del río Páez y sobre el eje de la presa Guinea. De acuerdo con los análisis de laboratorio se catalogaron como rocas de grano semiduro.

Las rocas cretácicas están constituídas por una arenisca de grano fino de la Formación Caballos (Kic), ubicada en la margen derecha del río Páez. Debido a su desgaste, a la abrasión y absorción se les clasificó como rocas de grano blando.

Las rocas ígneas tipo granítico comprenden la masa de rocas pertenecientes al complejo del Macizo de La Plata (Pep), y al granito Gráfico de Villa Lozada (Pzv). Para su análisis se tomaron muestras en Gallego, El Hato y Puerto Valencia, unificando sus características mecánicas y clasificandolas como rocas de grano semiduro.

Las rocas ígneas de tipo gabroide, igualmente pertenecen al compeljo del Macizo de La Plata pero con mejores características mecánicas que las del tipo granítico. Estas afloran principalmente en cercanías a Belalcázar especialmente en la región del Proyecto Piedra Grande. Se clasifican como ro

cas degrano duro.

En la figura 62 se presenta la ubicación y volúmenes disponibles en las diversas fuentes de material.

7.5. MATERIALES PARA CONCRETO Y FILTROS.

Los materiales para concretos se obtendrán principalmente de los aluviales de los ríos Páez, La Plata y Magdalena, y en algunas terrazas y vegas de quebradas confluentes cercanas a los sitios de proyecto. Estos materiales deben ser complementados por medio de la explotación de la Formación Gualanday Superior (Tgs), en cercanías a Tesalia, para la obtención de agregados gruesos y de la explotación y trituración de arenisca de la Formación Caballos (Kic), para la obtención de agregados finos. Como los materiales de filtros en las presas pueden tolerar mayores rangos en la granulometría que los materiales de concreto, parte de estos se podrán obtener de los materiales procedentes de las excavaciones para la fundación de las presas y de los vertederos.

7.6. UTILIZACION DE LOS MATERIALES EN LOS SITIOS DE PROYECTO.

Definidas las fuentes de materiales disponibles y analizadas sus características mecánicas, el concepto de la utilización en los sitios de presas se basó fundamentalmente en el costo, factor que ha sido determinante en la adopción de un diseño de presas con enrocado compactado y pantallas de concreto.

El análisis comparativo de costos entre presas de enrocado con pantalla de concreto y presas de enrocado con núcleo impermeable, evidencia que los costos adicionales ocasionados por el mayor volúmen de las presas con núcleo impermeable y el valor de sobreacarreo de los materiales finos, justifica para los cuatro (4) proyectos analizados, adoptar presas de enrocado con

pantalla de concreto por su menor costo.

Adicionalmente el mejor comportamiento de este tipo de presas bajo condiciones de sismos reafirma la decisión tomada.

7.7. DISEÑO DE LAS PRESAS.

Las presas fueron diseñadas como zonificadas, en las cuales los materiales tienen tamaños ascendentes, desde aguas arriba hacia aguas abajo, con el fín de soportar eventuales almacenamientos temporales de las crecientes durante la construcción de las obras aún sin haber terminado la colocación de la pantalla de concreto.

Se han previsto las siguientes zonas:

- Zona de material semipermeable bajo la cara de concreto con tamaño máximo de 15 cm, compactada en capas de 45 cm y 5 m de espesor.
- Zona de filtro, colocada bajo la zona 1 de 5 m de espesor, con tamaños máximos de 30 cm, colocada y compactada en capas hasta de 60 cm.
- El cuerpo de la presa que se deberá construír con material proveniente de canteras, libre de finos y tamaños máximos entre 0.45 y 0.60 m, compactado en capas de 90 cm.
- Se ha previsto aprovechar parte del material proveniente de las excavaciones de los estribos y de los vertederos para ser colocadas en el centro de la presa y hacia aguas abajo.
- El pie de la presa hacia aguas abajo, y en el espaldon aguas abajo, se colocará un enrocado con los mayores tamaños.

La losa de concreto tendrá espesores variables en función de la presión hidrostática máxima a que va a ser sometido, con un mínimo de 0.30 m. En el punto de contacto entre la losa de concreto y los estribos, se construirá

un zócalo. Bajo el zócalo se realizarán cuatro (4) filas de inyecciones para impermeabilizar los estribos, con longitudes proporcionales al 40% de la presión hidrostática máxima.

Teniendo en cuenta que las obras de desviación y ataguías han sido diseñadas para la creciente máxima probable con período de retorno de 25 años, se ha previsto ejecutar la construcción de la presa con una zona prioritaria, tal que permita alcanzar en el menor tiempo posible la altura de ataguía necesaria para soportar la creciente máxima probable de 500 años.

En las figuras 10, 19, 30 y 43 se presenta la zonficación y diseño dado para las presas de los cuatro (4) proyectos.

7.8. FUENTES DE MATERIALES SELECCIONADAS PARA CADA PROYECTO.

7.8.1. Presa Piedra Grande.

El material de enrocado se obtendrá de bloques de material ígneo tipo gabro, existente a partir del nivel 1800 m.s.n.m., en el estribo de la presa.

Una descripción de las rocas investigadas para la construcción de la presa se presenta en los anexos de "Geología" y "Suelos y Materiales". Los materiales de filtro y agregados de concreto se explotarán en las terrazas aluviales existentes en el río Páez entre Belalcázar y la quebrada Coquiyú.

7.8.2. Presa Macama.

El enrocado se obtendrá de bloques de material ígneo de composición granitica perteneciente al Macizo de La Plata, localizado en la margen derecha del río entre 3 y 4 Km aguas abajo del sitio de presa.

Los materiales de filtro para agregados de concreto se explotarán de las-

terrazas aluviales existentes sobre el río Páez entre el sitio de presa y la cantera de enrocado descrita anteriormente.

7.8.3. Presa Guinea.

El enrocado se obtendrá de bloques de material igneo, de composición granito gráfico de Villa Lozada, localizados en la márgen derecha del río La Plata entre 2.5 y 4 Km aguas arriba del sitio de presa.

Los materiales de filtro y los agregados de concreto se explotarán de los aluviones existentes en el lecho del río, inmediatamente aguas arriba y aguas abajo del sitio de presa.

7.8.4. Presa Paicol.

El enrocado se obtendrá de bloques de material volcánico ignimbrítico de composición riolítica pertenecientes a la Formación Saldaña, localizados - aguas abajo del sitio de presa y de las excavaciones del vertedero y túneles de desviación.

El enrocado de protección del talud aguas abajo, y para la ataguía, se obtendrá a partir de las rocas intrusivas y migmatíticas pertenecientes a la Formación del Macizo de La Plata, localizadas en las cercanías del municipio de Itaibe.

Los materiales del filtro se explotarán de la terraza existente en la márgen derecha del eje de presa, los cuales deberán ser removidos para la adecuada fundación de la misma; de la terraza existente aguas abajo de la confluencia de la quebrada Guamito con el río Páez, y de las excavaciones del vertedero.

Los materiales para agregados se obtendrán de las terrazas descritas.

8.- ESTUDIOS DE POTENCIA Y ENERGIA.

8.1. INTRODUCCION.

El alcance de los estudios de potencia y energía abarcó la simulación de la operación de los embalses para todos los proyectos identificados operando en forma individual con el fin de seleccionar para cada uno de ellos la altura de presa y longitud de las conducciones, cuantificar las energías generadas y las capacidades instalables, y estimar los costos y los beneficios obtenibles por la venta de energía generada por cada proyecto.

Estos análisis permitieron seleccionar los mejores proyectos considerados en forma individual, y plantear con ellos diversos esquemas de desarrollo de los recursos hidroeléctricos de la cuenca, y seleccionar el más atractivo desde el punto de vista energía y costo.

Los estudios de generación de potencia realizados permitieron evaluar, para todos los proyectos analizados, la energía confiable anual (firme), la energía secundaria promedio anual, la energía media anual, la capacidad confiable y la capacidad instalada para los factores de planta variables entre 0.1 y 0.9 y el desembalse máximo.

8.2. MODELO DE OPERACION DE EMBALSES.

Los análisis de operación de embalses se realizaron utilizando un módelo de simulación, desarrollado por "Consultores Civiles e Hidráulicos Limitada", empleando un microcomputador digital PET - COMMODORE módelo 8032.

El programa lee como dato de entrada, requerimientos anuales de energía que deben ser satisfechos por el proyecto. La operación de embalse es simulada de tal manera que satisfaga esta demanda distribuyendola a nivel mensual, y corresponde a la energía contínua mensual que debe generar el proyecto. El modelo supone que es posible utilizar toda la energía generada, por lo cual es independiente de los requerimientos de demanda del sis

tema.

La generación de energía de la planta durante cada mes se compara con la energía requerida. Si la producción de energía obtenible con los volúmenes de agua que entran al embalse durante el mes, es mayor que el requerimiento de energía, el exceso de agua se almacenará en el embalse; si la producción de energía es menor que el requerimiento, se toma agua del embalse para satisfacer el requerimiento.

Si el nivel de embalse al terminar el mes es inferior al nivel mínimo de operación se limita la generación de energía a la que se pueda obtener con los volúmenes de agua que entran al embalse durante ese mes, y si es el caso se calcula el déficit de energía.

Si el nivel del embalse al iniciar el mes está comprendido entre los niveles máximos y mínimos de operación, la generación se limitará a la demanda.

Si el nivel del embalse al iniciar el mes es mayor o igual al nivel máximo de operación y el volúmen de agua que entra al embalse es mayor del necesario para generar la demanda, se calcula toda la energía secundaria que se puede generar con la potencia instalada.

En caso de que los volúmenes que entren al embalse sean superiores a los máximos turbinables, se calculará el volúmen que se vierte por el rebosadero durante el mes en consideración.

En cada simulación se determina la capacidad instalada y la energía generada para los factores de planta de 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8,- y 0.9.

La capacidad instalada se calcula en función de la potencia necesaria para producir la energía contínua, dividida por el factor de planta y por la re

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA
BIBLIOTECA

lación entre la cabeza promedio de generación y la cabeza mínima, relación elevada a la potencia 1.5.

El resultado de cada simulación permite establecer la energía firme anual-(continua), la energía secundaria, la energía media, el desembalse máximo requerido para satisfacer la demanda de la capacidad instalada para los diversos factores de planta.

Con los resultados de simulaciones para diversas demandas anuales, se puede seleccionar el desembalse máximo (óptimo), la capacidad instalable, el factor de planta óptimo y las energías contínua, secundaria y media.

8.3. METODOLOGIA UTILIZADA.

La metodología utilizada para el proceso de selección de la configuración-óptima de cada proyecto del esquema de desarrollo más atractivo para la - cuenca fué la siguiente:

8.3.1. Identificación de los Sitios de Presa.

Sobre los mapas existentes se seleccionaron todos aquellos sitios que topográficamente se encontraron adecuados para el emplazamiento de presas, resultando 31 sitios en el río Páez, 8 en el río La Plata y uno aguas abajo-de la confluencia de estos ríos. En la figura 2 se presenta la localiza - ción en planta de los sitios identificados.

Para los cuarenta (40) sitios identififcados se realizó un análisis preliminar de sus características geológicas, y se calcularon los volúmenes de presa para alturas similares. Este análisis permitió eliminar todos aquellos sitios con problemas geológicos evidentes o con condiciones topográficas muy desfavorables.

8.3.2. Selección de los mejores Sitios de Presa.

Para los sitios restantes se ponderaron para alturas similares de presa, - los siguientes parámetros de comparación: volúmenes de presa, geología, - capacidad instalable para desarrollos a píe de presa y capacidad instala - ble para diversas longitudes de las conducciones. Con estos análisis se seleccionaron dentro de los grupos de proyectos mutuamente excluyentes, a quellos con las condiciones más ventajosas, resultando de tal ponderación- los siguientes quince (15) proyectos:

Río Páez: Dublin, Cohetandillo, Piedra Grande, Avirama, Coquiyú, La Palma, Macama, Puerto Valencia, El Frayle, Aranzazu, Chapetón y Paicol.

Río La Plata: El Cedro, Villa Lozada y Guinea.

8.3.3. Selección Configuración Optima de cada Proyecto.

La selección de la mejor configuración para cada proyecto se realizó con base en la siguiente metodología:

- Todos los quince (15) proyectos fueron considerados operando en forma individual y para cada uno de ellos se realizaron análisis de simulación de operación de embalses para diversas alturas de presa. Para aquellos proyectos donde la longitud de las conducciones no estaba definida o limitada por las restricciones físicas, los análisis se realizaron adicionalmente para diversas longitudes de conducción.

- Obteniendo los resultados de generación para cada proyecto, se estimaron los costos asociados para cada alternativa de altura de presa y longitud de túnel y se determinó, mediante un análisis de valor presente- de beneficios netos, la altura de presa y la longitud de las conducciones para las cuales se obtienen los mayores beneficios netos, definien

do asi para cada para cada proyecto su configuración óptima.

8.3.4. Selección del Esquema de Desarrollo.

Con la configuración seleccionada para los quince (15) proyectos, se plantearon las alternativas de configuración del esquema de desarrollo para los tramos individuales de los ríos Páez y La Plata teniendo en cuenta la posibilidad de crear:

- Cadenas de proyectos con casa de máquinas a pie de presa, en las cuales los proyectos se ubican uno a continuación del otro, donde el nivel de descarga de las unidades corresponde al nivel máximo extraordinario del proyecto inmediatamente aguas abajo.

- Cadenas de proyectos aprovechando la diferencia de nivel entre dos (2) embalses consecutivos mediante túneles o conducciones. A partir de las alturas de presa y las longitudes de las conducciones seleccionadas para cada uno de los quince (15) proyectos, se plantearon y compararon las alternativas de cadena, eliminando inicialmente las cadenas evidentemente menos atractivas, al considerar en cada tramo los mejores proyectos mutuamente excluyentes entre si y las sumas de energías generables y los costos agregados de los proyectos que componen cada cadena.

Las cadenas seleccionadas se presentan en la figura 3 y fueron las siguientes:

RIO	CADENA	PROYECTOS QUE INTEGRAN LA CADENA
La Plata.	1	Guinea 1262/1000 - Paicol 960/600
Páez.	2	Piedra Grande 1607/1264 - Macama 1254/970 Paicol 960/700.
Páez.	3	Piedra Grande 1607/1264 - Macama 1254/1150 Frayle A. 1140/970 - Paicol 960/700.
Páez.	4	Piedra Grande 1607/1264 - Macama 1254/1090 Chapetón 1080/970 - Paicol 960/700.

Para las cuatro (4) cadenas propuestas se repitieron los análisis de simulación de embalses y los análisis de valor presente neto de beneficios netos agregados, simulando la operación de embalses desde aguas arriba hacia aguas abajo con el fín de tener en cuenta la regulación parcial o modificación del hidrograma de caudales, producida por los embalses de aguas arriba sobre los de aguas abajo.

Con base en los resultados de los análisis se seleccionó la mejor cadena - de proyectos de cada uno de los ríos Páez y La Plata compuesta por los - proyectos Piedra Grande 1607/1292, Macama 1288/1000 y Guinea 1262/1000.

Dado que el análisis se realizó para seleccionar el mejor esquema de aprovechamiento de los ríos Páez y La Plata, aguas arriba de su confluencia, - todas las cadenas consideraron la misma alternativa del Proyecto Paicol, - alternativa que aunque no coincidió con la finalmente seleccionada mantiene válida la selección de las cadenas.

En la figura 4 se presentan los resultados de estos análisis.

8.3.5. Selección Configuración Optima del Proyecto Paicol.

Teniendo en cuenta que el proyecto Paicol es el mejor proyecto individual y representa el 65% de la potencia instalada, para éste proyecto, se realizó un análisis especial utilizando una metodología similar a la empleada para la de los análisis anteriores y considerando diversas alturas de presa, longitudes de las conducciones y puntos de descarga así:

- Proyecto Paicol generando sobre el embalse de El Quimbo, (Casa de máquinas cota 722.5 m.s.n.m.).

- Proyecto Paicol generando en el río Magdalena (Cota 575).
- Proyecto Paicol generando en el río Páez con diversas longitudes en las conducciones.
- Proyecto Paicol generando en cascada en la cota 700 y la cota 575 (río - Magdalena).

La alternativa que produce mayores valores presentes de beneficios netos y energía firme es la alternativa de generación sobre el río Magdalena con un túnel de 26 Km. Sin embargo, se ha decidido presentar adicionalmente como alternativa el desarrollo en cascada con el fín de disminuir los tiempos de construcción del primer proyecto y diferir durante un tiempo mayor las inversiones requeridas.

8.3.6. Generación de los Proyectos del Desarrollo Seleccionado.

Definido el esquema de desarrollo de la cuenca, se revisaron los análisis - de operación de embalse y generación de los proyectos seleccionados, considerando los valores definitivos de altura de presa, longitudes de túnel, niveles máximos y mínimos de operación y máximo extraordinario de los embal - ses, las dimensiones de los conductos de presión, etc., con el fín de establecer los valores definitivos de generación, capacidad instalada, desembalses, etc.

En las figuras 63 a 66 se presentan los resultados de la simulación para - los cuatro (4) proyectos operando en cadena. Para cada proyecto se indica la variación de energía contínua y la energía media, para factores de planta de 0.9, 0.7, 0.5 y 0.3 en función del desembalse, el desembalse máximo- seleccionado, y para este valor de desembalse, la relación de capacidad- instalada y energías medias para diversos factores de planta.

8.3.7. Influencias Sobre el Proyecto Betania.

El efecto producido sobre el proyecto Betania por los embalses previstos - en los ríos Páez y La Plata, se analizó simulando inicialmente la opera - ción del proyecto Betania operando en forma individual, y posteriormente - considerando la modificación del hidrograma de entrada al embalse producida por la regulación media de los cuatro (4) embalses de los ríos Páez y - La Plata, comparando y contrastando los resultados de estas dos (2) simulaciones.

En la figura 67 se presentan conjuntamente los resultados de las dos (2) - simulaciones, en donde se pueden comparar las variaciones de las energías contínuas y medias en función del desembalse y para el desembalse máximo las relaciones entre energía media y la capacidad instalada para diversos factores de planta encontrando que, el proyecto Betania aumentará su energía firme en 300 Gwh anuales y su energía media en 100 Gwh, con lo cual mejorará sustancialmente los beneficios de este proyecto.

9.- ESTUDIOS DE INFRAESTRUCTURA.

9.1. LINEAS DE TRANSMISION Y SUBESTACIONES.

9.1.1. Sistema de Transmisión del Conjunto.

El sistema de transmisión previsto, tiene por objeto la evacuación de la potencia generada en los proyectos Piedra Grande (115 Mw), Macama (306 Mw), Paicol (960 Mw) y Guinea (106 Mw), hacia los centros de consumo regionales y nacionales a través de la red de distribución nacional de 230 Kv.

La selección del esquema de transmisión ha sido realizada con base en los análisis de potencia proyectados al año 1.991 por ISA para el sistema nacional, tomando en consideración los flujos y la configuración del sistema regional aledaño a los proyectos.

Comparando la capacidad de generación de los cuatro (4) proyectos con la predicción de demanda regional, resultó evidente que la mayoría de la potencia deberá ser aportada hacia el sistema nacional, para lo cual, la conexión con éste debe ser de gran capacidad y confiabilidad.

La configuración propuesta se presenta en la figura 68 e incluye las siguientes líneas a 230 Kv y 115 Kv:

- Línea Piedra Grande-Popayán, 230 Kv, 70 Km doble circuito.
- Línea Piedra Grande-Macama, 230 Kv, 25 Km doble circuito.
- Línea Macama - Paicol, 230 Kv, 15 Km doble circuito.
- Línea Paicol - Betania, 230 Kv, 50 Km doble circuito.
- Línea Paicol - Popayán, 230 Kv, 95 Km doble circuito.
- Dos líneas Guinea - Altamira 115 Kv, 80 Km doble circuito.

Se ha propuesto la conformación del anillo Popayán - Piedra Grande - Macama - Paicol - Popayán para aumentar la confiabilidad de la evacuación de -

la potencia generada hacia el sistema nacional.

Débido a la proximidad del proyecto Guinea al Sistema de Electrohuila, a 115 Kv, la subestación Guinea puede conectarse, con éste nivel de voltaje, a la subestación Altamira y suministrar parte de la demanda de la región.

Para la alternativa del proyecto Paicol en cascada se ha previsto la interconexión de cada una de las subestaciones en doble circuito lo cual permitirá una conexión más rígida del proyecto a la red nacional.

Dada la potencia instalada en los cuatro (4) proyectos, se recomienda que durante los estudios de factibilidad se analice el sistema de transmisión-dentro del contexto del sistema nacional, y se determine la factibilidad - de líneas a mayor voltaje (500 Kv), para la evacuación de la potencia generada en la región hacia la red nacional.

9.1.2. Equipos Electromecánicos y Subestaciones.

El dimensionamiento de generadores, transformadores y patios de conexiones se realizó con base en los siguientes criterios:

9.1.2.a. Generadores: se han diseñado generadores sincrónicos, trifásicos de 60 Hz, para los cuales se ha considerado como sobre carga máxima admisible el 5%-de la potencia nominal de la turbina, la eficiencia promedio del 98%, factor de potencia del 0.9 y tensión de generación de 13.8 Kv.

9.1.2.b. Transformadores: cada generador se conectará directamente al correspondiente banco de transformadores por medio de barras de 13.8 Kv, sin interruptor intermedio.

Se ha considerado como sobrecarga máxima del transformador el 15% de la capacidad nominal de los generadores. Los pesos máximos admisibles por trans

porte serán de 85 Tn por lo cual los transformadores para las centrales del proyecto Paicol serán monófasicos.

Se han propuesto transformadores con refrigeración de aire y aceite forzados (FOA) para las casas de máquinas superficiales y subestaciones de intemperie, y con aceite y agua forzado (FWO) para las casas de máquinas subterráneas.

Las características técnicas de los generadores y transformadores se presentan en las fichas técnicas de cada proyecto incluidas en el cuadro 3 del presente informe.

9.1.2.c. Diagramas Unifilares: Los diagramas unifilares propuestos corresponden al esquema barra principal y barra de transferencia. En las figuras 15, 26, - 36, 50, 53 y 57 se presenta el diagrama unifilar de cada uno de los proyectos.

9.2. VIAS.

9.2.1. Introducción.

Los estudios en el área de vías tuvieron por objeto estudiar a nivel de anteproyecto las variantes a las vías existentes, para reemplazar los tramos - que serán inundados por los embalses, y las vías adicionales necesarias para construír y operar las estructuras y obras que forman parte de cada proyecto.

9.2.2. Tráfico Futuro y Características Geométricas.

El volúmen del tráfico futuro se estimó a partir de la información disponible en el Ministerio de Obras Públicas y Transporte, para un horizonte de planeamiento a 20 años.

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA
BIBLIOTECA

El tráfico promedio diario futuro de diseño, (TPDF) está comprendido entre 1000 y 2000 vehículos por día y dado que el terreno es escarpado, se estableció que las vías deben diseñarse para un índice MOPT - TM - 4.

Las características geométricas de diseño adoptadas fueron las siguientes:

- Velocidad	40	K.p.h.
- Ancho de Calzada.	7	m.
- Ancho de Bermas.	1.5	m.
- Corona.	10	m.
- Pendiente Máxima.	6%	
- Radio Mínimo.	50	m.
- Entretangencia:		
Curvas diferente séntido.	90	m.
Curvas igual séntido.	180	m.

9.2.3. Variantes.

Las variantes necesarias a las vías existentes son las siguientes:

9.2.3.a. Proyecto Guinea: se requiere construír una variante de 11.55 Km a la vía actual La Plata - Belén, y conectar, utilizando la presa de Guinea como - puente, a la vía que conduce al caserío de San Vicente tal como se muestra en la figura 69.

9.2.3.b. Proyecto Piedra Grande: es necesario construír una variante de 7.40 Km en la vía que conecta los municipios de Belalcázar, Tálaga y Tóez, en la figura 70 se presenta la variante mencionada.

9.2.3.c. Proyecto Macama: la construcción del proyecto Macama implica la construcción de variantes en tres (3) vías existentes así:

i. Vía Pedregal - Puerto Valencia con una longitud de 4 Km.

ii. Vía Puerto Valencia - Belalcázar con una longitud de 16 Km.

iii. Vía Belalcázar - Inzá, se requiere construír una variante con una longitud de 7.28 Km y un puente de 280 m de luz sobre el embalse de Macama. En la figura 71 se presentan las vías mencionadas.

9.2.3.d. Proyecto Paicol: se requiere construír dos (2) tramos de variantes en las vías Paicol - La Plata, con una longitud de 15.85 Km; adicionalmente es necesario construír una variante de 2.5 Km para conectar el ramal hacia Nátaga con las variantes proyectadas, utilizando la presa de Paicol como puente. En la figura 72 se presentan las mencionadas vías.

9.2.4. Carreteras de Acceso.

Para la construcción de las obras y estructuras que forman parte de los proyectos, y posteriormente para la operación y mantenimiento de las mismas, se ha previsto la construcción de 27 Km de vías secundarias discriminadas así:

PROYECTO	LONGITUD (Km).
Guinea	4.5
Piedra Grande.	2.4
Macama.	8.3
Paicol.	11.8
Paicol I.	9.8
Paicol II.	2.0

10.- ESTUDIOS VARIOS.

Se han denominado como estudios varios, los estudios ecológicos, agrológicos y socio-económicos, realizados sobre el área de influencia de los proyectos.

10.1. ESTUDIOS ECOLOGICOS.

Los estudios ecológicos se realizaron al nivel de recnocimiento, teniendo como objetivo el planteamiento preliminar de la problemática ambienta generada por los desarrollos hidroeléctricos de los ríos Páez y La Plata.

Se definió el marco ecológico del área mediante el análisis de los principales parámetros, tales como el clima, las zonas de vida, la vegetación, - la fauna, la salud, la calidad de las aguas y la ictiofauna. En segundo - lugar, se planteo la problemática ambiental, enfocada desde el punto de - vista de los efectos que los proyectos puedan tener sobre el ambiente, y de las características ambientales que puedan afectar los embalses.

La vegetación de la cuenca se encuentra dividida en dos (2) regiones. La primera localizada por debajo de la cota 2500 m.s.n.m., es principalmente cultural, con predominancia de pastizales pirófilos hacia la cuenca del río Páez y cultivos de café con sombrío y áreas boscosas hacia la subcuenca del río La Plata. La segunda región localizada por encima de los 2500- m.s.n.m., la cual presenta una cobertura vegetal natural, consistente en bosques, parámos y subparámos. La fauna presenta una distribución ligada- y dependiente de la cobertura vegetal.

Las enfermedades de mayor incidencia son las diarreas y enteritis, que atacan principalmente a la población infantil (menor de 5 años); las enfermedades con vectores ligados a los cuerpos de agua tienen una baja inciden - cia en la actualidad.

La calidad de las aguas de los ríos se caracteriza por ser ligeramente ácida, blanda, de baja alcalinidad y concentraciones relativamente altas de amonio. Las muestras tomadas en el río Páez aguas abajo de la confluencia con el río La Plata, presentan concentraciones relativamente altas en fósforo, indicando contaminación por abonos y/o efluentes de poblaciones.

En la actualidad el recurso pesquero no reviste mayor importancia, pués se presenta como actividad ocasional de la población.

Entre los efectos que pueden plantear los proyectos sobre el ambiente y éste sobre los proyectos se deben señalar los siguientes: aunque todos los proyectos inundan áreas con zonas de cultivos y pastos de menor importancia, el proyecto Guinea inundará las poblaciones de Gallego y Villa Lozada, poblaciones que deben relocalizarse.

El micro clima en los alrededores de los embalses, se verá modificado, - produciendo alteraciones de humedad atmosférica y temperatura.

Existe un mínimo riesgo de que el embalse del proyecto Paicol contribuya - al aumento de enfermedades de origén hídrico.

Las concentraciones relativamente altas de amonio y fósforo encontradas en los ríos y afluentes del proyecto Paicol, implican riesgos potenciales de eutrificación en éste embalse; por lo cual se deben establecer controles en los efluentes de las poblaciones del área.

Por debajo de la cota 2500 m.s.n.m. las subcuencas de los ríos Páez y Negro de Nárvaez pueden convertirse a largo plazo, en focos potenciales, de erosión que deben controlarse.

Ministerio de Minas y Energía
BIBLIOTECA

10.2. ESTUDIOS AGROLOGICOS.

El estudio agrológico tuvo por objeto analizar y cuantificar el impacto producido por los proyectos como consecuencia de la inundación de las tierras- así como los beneficios producidos por la irrigación a las tierras adyacentes.

Se realizó la investigación y análisis sobre el uso actual y el uso potencial de la tierras, se identificaron y cuantificaron las áreas planas potencialmente regables, y se realizarón los cálculos preliminares sobre los requerimentos de agua para realizar está irrigación.

De las áreas que serán inundadas por los embalses, el 91% (2659 Ha), se utiza en actividades agropecuarias y el 9% (265 Ha) es zona de bosque. Estudiando el adecuado uso potencial de las tierras, solamente 1128 Ha (39%) se deberán utilizar para agricultura y el resto 1796 (61%) se deben dedicar a zona de bosque.

Aunque el análisis se realizó sobre las áreas de embalse y zonas aledañas;- al comparar los usos actuales de la terraza con los usos técnicamente recomendables, aptitud, se puede inferir por extrapolación, que la cuenca presenta un inadecuado uso de tierras, al explotar agrícolamente tierras que - deberían estar cubiertas por bosque. El mal manejo puede repercutir en procesos de degradación de la cuenca que afectarán la vida útil de los embalses.

El estudio encontró la existencia de áreas potencialmente beneficiables por los proyectos, localizadas al oriente de las áreas urbanas de Tesalia y Paicol, 80% en la margen izquierda del río Páez, aguas abajo del sitio de presa y 20% en la margen derecha. La pendiente de estos suelos es inferior al 7% lo cual permite el riego por gravedad. La superficie neta apta para riego equivale a 3420 Ha.

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA
BIBLIOTECA

En la figura 73 se presenta la localización de estas tierras, y la clasificación de acuerdo al uso potencial.

Se realizaron análisis con el fin de estimar los requerimentos de agua para los tres (3) tipos de cultivos que se considerán aptos para la zona, y que corresponden a rotación entre arroz y ganadería y algunas de las mejores áreas para establecer agricultura de subsistencia. Para el cultivo de arroz y pasto, que corresponde a los cultivos de máximas demandas de agua, el caudal requerido será de 5.3 m^3/s.

Se ha estimado preliminarmente que los beneficios económicos generados por el incremento de productividad en las tierras actualmente regadas, más el volúmen adicional de producción que se generará al introducir riego al área de 2.400 Ha se estimó en 532.8 millones de pesos anuales.

10.3. ESTUDIOS SOCIOECONOMICOS.

El objetivo de éste estudio fué el estimar el impacto de los proyectos sobre la socioeconomía no sólo dentro del contexto de la cuenca, sino obtener algunos órdenes de magnitud del impacto sobre los departamentos del Cauca y Huila.

Los resultados de los dos (2) últimos censos de población, 1.964 - 1.973 acusan un lento crecimiento tanto en la población total como en las cabeceras.

Se observa permanencia de las comunidades indígenas del Cauca, comunidades - que se han preservado por la existencia de dos (2) mecanismos fundamentales, como son el resguardo el cual es un territorio adscrito a un grupo social y el cabildo cuya autoridad es reconocida por los miembros del grupo. Dentro- de estos grupos existe una ideología particular cuyo rasgo más visible es el de su identidad indígena.

La zona arqueológica de Tierradentro contiene manifestaciones artísticas y culturales muy diversas, que corresponden a distintos grados de desarrollo - tanto tecnológico como económico de sus artífices. El centro de interés se ubica en la zona circunvecina al caserío de San Andrés de Pisimbalá en el municipio de Inzá. Se destacan como elementos de mayor interés arqueológico y artístico los hipogeos o tumbas subterráneas, únicas en América Latina, la estatuaria del tablón y algunas céramicas que estan expuestas en el Mu - seo del Parque Arqueológico, zonas que no quedarán inundadas por los embalses.

El impacto de los proyectos sobre la socioeconomía de la región y sobre la producción general de la cuenca, se reduce principalmente a los beneficios - derivados de la sustitución de riego por bombeo, por el riego de gravedad- en la terraza de Tesalia, y la irrigación de las terrazas de Paicol desarro llando un distrito de riego de 3.420 Ha.

La demanda temporal de mano de obra no calificada durante la construcción - de los proyectos provocará una disminución de la emigración del área. Con la construcción de los embalses se estimulará el turismo que empieza a desa rrollarse en la zona arqueológica.

La cría de peces y la pesca tendrán las posibilidades de expandirse, con lo cual aparecerá un nuevo renglón en la actividad económica.

Del articulado de la Ley 56, se derivan seis (6) puntos de carácter económi co que beneficiarán la región pero que deberán ser tenidos en cuenta por la entidad propietaria de las obras: se deberá reconocer anualmente a los munici pios el impuesto predial de los inmuebles adquiridos y el que corresponde a edificios y viviendas de su propiedad; el pago por una sóla véz, de un va lor equivalente al pago hecho a los antiguos propietarios; los impuestos de Industria y Comercio; las primas de reubicación familiar equivalentes a un salario mínimo por hijo y dos (2) salarios mensuales por cada conyuge, y a destinar el 4% del valor de las ventas de energía en bloque, para reforesta ción, protección del medio ambiente y electrificación rural.

11.- COSTOS PRESUPUESTOS Y PROGRAMAS DE CONSTRUCCION.

Para los cuatro (4) proyectos que forman parte del esquema de desarrollo seleccionado para los ríos Páez y La Plata, y para la alternativa de desarrollo en cascada del proyecto Paicol se realizaron análisis de costos de obras civiles, equipos, ingeniería y administración, los programas de construcción, y los programas de desembolso.

Los estimativos de costos fueron realizados con base en las cantidades de obra y preselección de los equipos realizados para cada proyecto, y en los estudios de precios unitarios en obras similares realizadas recientemente en el país, actualizados a Julio de 1.982.

Los programas de trabajo y estimativos de tiempo de construcción han sido calculados utilizando el sistema de programación de ruta crítica, con base en rendimientos promedios obtenídos en proyectos similares realizados y en ejecución en Colombia.

Los programas de desembolso se realizarón con base en los estimativos de costo y los cronográmas de ejecución, suponiendo que las inversiones se realizarán proporcionalmente a la duración de cada actividad.

En el cuadro 2 se presenta el resumen de costos de los proyectos estudiados y del Proyecto Paicol en Cascada, y en las figuras 74 a 79 los programas de trabajo de los mismos proyectos.

Debemos anotar que los estudios de costo han sido realizados en forma muy conservadora para el nivel de prefactibilidad, con el fin de que puedan resistir un severo análisis de ICEL, ISA o Planeación Nacional, y las decisiones que deban ser tomadas se basen sobre cifras realistas.

12.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Con base en los resultados de las investigaciones de campo, los análisis de las alternativas y los diversos estudios realizados, las compañías miembros del consorcio, se permiten presentar las conclusiones del estudio y hacer algunas recomendaciones para ser tenidas en cuenta durante los estudios de factibilidad.

12.1. CONCLUSIONES.

El estudio de prefactibilidad, demuestra que es viable, técnica y económicamente desarrollar el potencial hidroeléctrico de los ríos Páez y La Plata y que el costo unitario promedio de potencia instalada y energía generada es aceptable dentro del panorama nacional, con valores extremos bajos y altos respecto a los promedios nacionales; sin embargo se anota la diferencia tan marcada en el tamaño de los proyectos y en los costos por Kw instalado y generado, que se prevee un natural ordenamiento en la ejecución de los proyectos según su tamaño y costo de acuerdo con el siguiente órden: Paicol, Macama, Piedra Grande y Guinea. El costo previsible de los Proyectos Guinea y Piedra Grande es alto comparativamente.

El esquema de desarrollo de los recursos hidroenergéticos de las cuencas de los ríos Páez y La Plata está compuesto por la cadena de los siguientes proyectos:

NOMBRE	CAPACIDAD INSTALADA (Mw)	ENERGIA MEDIA (Gw-h)	COSTOS	
			US $/Kw	US $/Kw-h.
Piedra Grande.	115.0	850	1.632.61	0.0266
Macama.	306.0	1.674	1.280.58	0.0282
Guinea.	106.0	677	1.795.67	0.0339
Paicol.	960.0	4.206	929.51	0.0255
TOTAL.	1.487.0	7.407	1.117.88 1/	0.027 1/

1/ Promedio Ponderado.

Las características técnicas y los costos previsibles para el proyecto Paicol, lo convierten en una de las más atractivas alternativas de generación para el sistema ICEL, y como muy competitivo dentro del panorama nacional.

El grado de regulación sobre los ríos Páez y La Plata obtenido por el embalse de Paicol y el factor de carga óptimo obtenido en los estudios de generación permite establecer que el proyecto Paicol debe ser considerado como un proyecto de energía y no como un proyecto de potencia. Los proyectos Piedra Grande, Macama y Guinea deberán considerarse como proyectos de potencia operando con factores de planta cercanos a 0.3 debido al reducido volúmen de sus embalses.

Las características topográficas de la zona, para el emplazamiento de presas y para crear zonas de embalses, no son las más convenientes, razón por la cual los volúmenes de materiales para las presas son altos y con excepción del embalse del proyecto Paicol, los volúmenes de embalse son reducidos.

Las características geológicas del área para el emplazamiento de presas y construcción de túneles son muy buenas y existen materiales adecuados en calidad y volúmen para realizar las obras proyectadas.

La geología de la zona atravezada por el túnel de Paicol es adecuada en la mayoría de su longitud, es posible preveer algunos problemas de atravezar las zonas de fallas y las Formaciones Villeta y Guaduas, zonas donde se ha previsto utilizar soportes, inyecciones, revestimiento en concreto reforzado y aún blindaje en el cruce de las zonas de la falla.

En los embalses de los proyectos Piedra Grande y Macama se detectaron zonas potencialmente inestables, con las variaciones súbitas del nivel del embalse, las cuales deberán ser investigadas durante los estudios de factibilidad.

Los proyectos estan situados en una zona de sismicidad media alta, aspecto que deberá ser analizado con mayor profundidad durante los estudios de factibilidad.

La energía firme que puede ser generada por los cuatro (4) proyectos es de 5038 Gwh, la energía media es de 7407 Gwh, con una capacidad instalada total de 1487 Mw, operando con factores de planta de 0.5.

El proyecto Paicol, principal proyecto del desarrollo, tendría una generación firme anual de 3.155 Gwh y promedio anual de 4205 Gwh, una capacidad instalada de 960 Mw y factor de planta de 0.5. La regulación previa producida por el embalse del proyecto Paicol sobre el embalse del proyecto Betania, permite que éste proyecto aumente la energía firme anual en 300 Gwh, y la energía media en 100 Gwh, sin requerir inversiones adicionales.

Los costos obtenidos para los proyectos del desarrollo oscilan entre US $ 929 y US $ 1795 por Kw instalado, y entre US $ 0.0255 y US $ 0.0339 por Kw generado.

Los costos por Kw instalado y principalmente el costo por Kw generado obtenidos para el proyecto Paicol en una etapa, se consideran competitivos con los que se están obteniendo en otros proyectos similares estudiados por el ICEL y las otras entidades del sector eléctrico.

Adicionalmente si se cuantifica económicamente los beneficios producidos por el proyecto Paicol sobre el proyecto Betania, al aumentar su generación firme en 300 Gwh por año, y la energía media en 100 Gwh por año, y estos beneficios se suman a los directamente producidos por venta de energía del proyecto Paicol, el costo de energía generada en el proyecto Paicol se reduce de US $ 0.025 a US $ 0.0249.

El proyecto Paicol debe ser considerado como proyecto de propósito múlti

H Consultores Civiles e Hidráulicos Ltda.
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA
BIBLIOTECA
C C Consultoría Colombiana Ltda.

ple, al permitir irrigar 3420 Ha de terrazas aptas para el cultivo de arroz y ganadería en los municipios de Paicol y Tesalia.

Con éste fín se han previsto las obras necesarias y reservado un caudal de 10 m^3/s.

Los beneficios adicionales generados por el incremento de la productividad de las tierras, actualmente irrigadas con bombeo, y el volúmen adicional de producción al incorporar 2400 Ha adicionales al distrito de riego, se estiman en 532 millones de pesos anuales.

Con excepción del traslado y relocalización de dos (2) pequeños poblados inundados por el embalse del proyecto Guinea, no se preveen impactos sobre la ecología o la socioeconomía de la región que limiten o eliminen alguno de los proyectos.

12.2. RECOMENDACIONES.

Se recomienda continuar prioritariamente los estudios de factibilidad de los proyectos de Paicol y Macana con el fín de que el ICEL pueda presentarlos ante el Ministerio de Minas y Energía, Planeación Nacional, ISA y las demás entidades del sector para competir en los próximos programas de generación del sector. Esta recomendación tiene mayor válidez si se tiene en cuenta que los proyectos del Alto Magdalena, ubicados en la misma área, serán estudiados al nivel de factibilidad, que por el hecho de ser proyectos competitivos, deberían tener el mismo nivel de estudio para compararlos entre sí y fijar las prioridades de ejecución.

Se recomienda que los estudios de factibilidad del proyecto Paicol abarquen seleccionen y definan la mejor alternativa de desarrollo entre las dos (2) alternativas planteadas en el presente estudio.

- Se recomienda continuar sin interrupciones, las mediciones hidrológicas y sedimentológicas en los sitios de Paicol, río Negro de Nárvaez, Puente Ricaurte y Vega El Salado.

- Se recomienda contratar de inmediato las aerofotografías y restituciones en escala 1:25.000 faltantes de la cuenca.

- Se recomienda instalar una red de microsismos para evaluar con mayor precisión durante los estudios posteriores, los riesgos sismicos.

- Se recomienda estudiar durante la etapa de factibilidad la operación conjunta de los proyectos Betania y Paicol con el fín de optimizar la mayor cantidad de energía sencudaria.

CUADROS

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.

PROYECTO PAEZ - LA PLATA

CONSULTORIA COLOMBIANA

RESUMEN INFORMACION HIDROLOGICA DE LOS PROYECTOS

CONSULTORES CIVILES E HIDRAULICOS

	UNIDAD	PROYECTO PIEDRA GRANDE	PROYECTO MACAMA	PROYECTO GUINEA	PROYECTO PAICOL
1.- AREA DE LA CUENCA	Km^2	1208	2163	1266	4765
2.- PRECIPITACION MEDIA ANUAL	m.m.	1859	1831	1830	1808
3.- EVAPORACION MEDIA ANUAL	m.m.	492	492	923	923
4.- CAUDALES MEDIOS MULTIANUALES	m^3/s	52	93	42	176
5.- HIDROGRAMA DE CRECIENTES					
5.1- Máximo 5 años:					
-Caudal pico	m^3/s	561	760	324	1350
-Volúmen	Mm^3	56.8	85.1	39.6	258.7
-Duración	horas	78	78	69	121
5.2- Máximo 25 años:					
-Caudal pico	m^3/s	680	920	429	2000
-Volumen	Mm^3	64.7	97.8	48.5	338.9
-Duración	horas	78	78	69	121
5.3- Máximo probable:					
-Caudal pico	m^3/s	3541	7810	4571	15.200
-Volumen	Mm^3	136	320	185	836
-Duración	horas	75	120	97	144
6.- VOLUMEN DE SEDIMENTOS	Mm^3				
-10 años	-	12.2	23.0	16.2	51.1
-25 años		27.3	56.1	33.2	120.2
-50 años		55.3	109.4	62.8	239.3

CUADRO 1

CIFRAS DE GENERACION DE LOS PROYECTOS OPERANDO CONJUNTAMENTE

PROYECTO	POTENCIA		ENERGIA		FACTOR DE PLANTA		FACTOR DE CARGA	DESEMBALSE
	CONFIABLE (MW)	INSTALADA (MW)	CONTINUA (GWh)	MEDIA (GWh)	UTILIZADO	OPTIMO		MAXIMO (m)
PIEDRAGRANDE	106	115	464	851	0.5	0.35	0.84	17.50
MACAMA	234	306	1.024	1.674	0.5	0.4	0.62	49
GUINEA	90	106	395	677	0.5	0.45	0.73	28
PAICOL - ALTERNATIVA I	720	960	3.155	4.205	0.5	0.5	0.5	65.50
TOTALES	1.150	1.487	5.038	7.407				
PAICOL EN CASCADA								
PAICOL I	473	730	2.073	2841	0.5	0.5	0.44	65.50
PAICOL II	300	300	977	1.331	0.37	—	0.51	—
TOTALES	1.203	1.557	4.933	7.374				

CUADRO 2

FICHA TECNICA DE LOS PROYECTOS

	PROYECTO PIEDRA GRANDE	PROYECTO MACAMA	PROYECTO GUINEA	PROYECTO PAICOL	PAICOL EN CASCADA	
					PAICOL I	PAICOL II
1. DATOS HIDROLOGICOS.						
Area de la cuenca (Km^2)	1.208	2.163	1.266	4.765	4.765	4.765
Precipitación media anual (mm)	1.859	1.831	1.830	1.808	1.808	1.808
Caudal medio (m^3/s)	52	93	42	176	176	161.8
Caudal máximo probable (m^3/s)	3.541	7.810	4.571	15.200	15.200	
Volúmen de creciente (Mm^3)	136	320	185	836	836	
Transporte anual de sedimentos Ton $X10^3$	1.595	2.930	1.670	6.220	6.220	
Caudal derivado para irrigación (m^3/s)	–	–	–	10	10	–
2. EMBALSE.						
Nivel máximo extraordinario (m.s.n.m.)	1.610.0	1.292	1.264.8	964.5	964.5	703
Nivel máximo de operación (m.s.n.m.)	1.607.0	1.288	1.262.0	960.0	960.0	700
Nivel promedio de operacion (m.s.n.m.)	1.606.6	1.286.9	1.261.3	955.2	955.2	
Nivel mínimo de operación (m.s.n.m.)	1.589.5	1.239	1.235.4	894.5	894.5	695
Area de embalse a nivel máximo extraordinario (Km^2)	1.74	5.12	3.2	20.3	20.3	0.014
Volúmen útil (Mm^3)	14.52	146.8	60.0	436.0	436.0	0.095
Volúmen muerto (Mm^3)	55.34	36.1	41.5	239.3	239.3	
Volúmen para la laminación de crecientes (Mm^3)	4.14	17.1	9.0	100.0	100.0	0.030
Volúmen total (Mm^3)	74.00	200.0	110.5	775.3	775.3	0.125
3. DESVIACION.						
Tipo	Túnel	Túnel	Túnel	Túnel	Túnel	
Número de conductos	1	1	1	2	2	
Diámetro del conducto (m)	7.50	8.00	7.50	9.5	9.5	
Sección tipo	Circular	Circular	Circular	Circular	Circular	
Longitud (m)	600	560	340	900 c/u	900 c/u	
Caudal de diseño. (m^3/s)	680	920	429	2.000	2.000	
Tipo de ataguía	Enrocado	Enrocado	Enrocado	Enrocado	Enrocado	
Talud	IV:2H	IV:2H	IV:2H	IV:2H	IV:2H	
Altura de ataguía principal (m)	25	12	15	20	20	
Volumen de ataguía (Mm^3)	0.124	0.03	0.03	0.04	0.04	

CUADRO 3

FICHA TECNICA DE LOS PROYECTOS

	PROYECTO PIEDRA GRANDE	PROYECTO MACAMA	PROYECTO GUINEA	PROYECTO PAICOL	PAICOL EN CASCADA	
					PAICOL I	PAICOL II
4. PRESA.						
Tipo:	Enrocado con pantalla de concreto	Enrocado con pantalla de concreto	Enrocado con pantalla de concreto	Enrocado con pantalla de concreto	Enrocado con pantalla de concreto	Dique de tierra y membrana asfáltica
Nivel de corona (m.s.n.m.)	1615	1298	1270	970	970	705
Altura máxima (m.)	118	120	88.0	160	160	10
Longitud de la cresta (m)	440	434	350.0	690	690	540
Volumen de enrocado (Mm^3)	5.09	5.2	1.78	13.89	13.89	
Volumen de la pantalla (m^3)	20.000.0	32.784	16.528	65.807	65.807	
5. VERTEDERO.						
Tipo	Canal abierto	Canal abierto	Canal abierto	Canal abierto	Canal abierto	Lateral
Caudal de diseño. (m^3/s)	3149	5460	3943	10.500	10.500	324
Número de compuertas	3	3	3	4	4	—
Dimensión de las compuertas (m)	14.0 x 13.0	12.0 x 13.3	13.33 x 10.0	20.0 x 15.0	20.0 x 15.0	—
Tipo de compuerta	Radial	Radial	Radial	Radial	Radial	—
Nivel de cresta (m.s.n.m)	1599	1276	1251.5	945.00	945.00	700.9
Disipador de energía tipo	Salto Ski	Salto Ski	Salto Ski	Salto Ski	Salto Ski	—
6. BOCATOMA						
Tipo	Pozo Vertical Octogonal	Pozo Vertical Exagonal	Pozo Vertical Rectangular	Pozo Vertical Exagonal	Pozo Vertical Exagonal	Pozo Vertical Vertical
Dimensiones						
Area de rejas (m^2)	21	80	25.4	222	222	—
Caudal de diseño (m^3/s)	43.88	121.6	48.7	324	324	324
Control tipo	Cámara Subterránea	Cámara Subterránea	Cámara Subterránea	Cámara Subterránea	Cámara Subterránea	
Compuerta tipo	Wagón	Wagón	Wagón	Wagón	Wagón	
Dimensiones (m)	7.5 x 7.5	8.0 x 8.0	5.5 x 5.5	2(8.8 x 4.0)	2(9.2 x 4.0)	
Accionamiento tipo	Hidráulico	Hidráulico	Hidráulico	Hidráulico	Hidráulico	

CUADRO 3

FICHA TECNICA DE LOS PROYECTOS

	PROYECTO PIEDRA GRANDE	PROYECTO MACAMA	PROYECTO GUINEA	PROYECTO PAICOL	PAICOL EN CASCADA PAICOL I	PAICOL EN CASCADA PAICOL II
7. CONDUCCIONES						
a. POZO.						
Diámetro (m)	5.0	7.5	5.5	8.80	9.25	10.0
Longitud (m)	5.0	10.0	34.0	3.40	3.40	88.0
b. TUNEL DE PRESION						
Longitud (Km)	6.0 - 0.3	14.85	11.22	2.0 - 0.262	2.0 - 0.156	13.0
Diámetro (m)	5.0 - 4.5	7.5	5.50	8.8 - 7.0	9.25 - 7.00	10.0
Sección	Circular	Circular	Circular	Herradura - Circular	Herradura - Circular	Herradura
Tipo de revestimiento	CR ⊔	CR ⊔	CR-BL ⊔	CR ⊔	CR ⊔	CN-CR-BL ⊔
Pendiente %	0.3	0.12, 0.12, 0.07	0.91	0.5 - Vertical	0.5 Vertical	0.038
Longitud / número sifones (Km)		0.35 / 2				
c. ALMENARA						
Tipo	Simple	Simple	Simple	Simple	Simple	Se diseñaron descargadores sincrónicos en lugar de almenara.
Altura (m)	84	129	101	156	132	
Diámetro (m)	10.8	12.6	8.5	13.35	14.5	
Sección	Circular	Circular	Circular	Circular	Circular	
d. TUBERIA DE PRESION						
Tipo	Metálica soldada	Metálica soldada	Metálica soldada			
Longitud (m)	650	470	1200			
Diámetro (m)	4.5	5.6	5.5			
Espesor (cm)	5	5 - 8	8			
Número de anclajes Macizos / Silletas	5 / 24	4 / 18	3/57			
e. CONDUCTO DE FUGA						
Tipo		Canal	Canal	Flujo libre	Flujo libre	
Sección		Trapezoidal	Trapezoidal	Baúl	Baúl	
Dimensiones (m)		40 x 9	11 x 4	9.5	10.0	
Revestimiento		Concreto	Concreto	CN-CR-BL ⊔	CN-CR-BL ⊔	
Longitud (Km)		0.050	0.22	24.0	13	
Pendiente %		1.0	0.02	0.07	0.03	
Caudal de diseño		121.6	48.7	360	360	

⊔ CN Concreto Neumático – CR Concreto Reforzado – BL Bindaje

CUADRO 3

FICHA TECNICA DE LOS PROYECTOS

	PROYECTO PIEDRA GRANDE	PROYECTO MACAMA	PROYECTO GUINEA	PROYECTO PAICOL	PAICOL EN CASCADA	
					PAICOL I	PAICOL II
8. CASA DE MAQUINAS						
Tipo	Superficial	Superficial	Superficial	Subterránea	Subterránea	Superficial
Nivel de casa de máquinas (m.s.n.m.)	1303	1000	1004	600	712.5	575
Número de unidades	2	4	2	6	4	3
Tipo de turbina	Pelton	Francis	Francis	Francis	Francis	Francis
Caída neta (m)	314.6	286.9	261.3	353.7	238	110
Caudal de diseño (m^3/seg)	21.9	30.4	24.3	54	90	108
Potencia instalada (Mw)	2x57.5	4x76.5	2x53	6x160	4x182.5	3x100
Generador tipo	Sincrónico Trifásico	Sincrónico Trifásico	Sincrónico Trifásico	Sincrónico Trifásico	Sincrónico Trifásico	Sincrónico Trifásico
Velocidad sincrónica (R.P.M)	240	514.28	450	300	327.27	200
Potencia (MvA)	2x66	4x87.5	2x60.6	6x183	4x208	3x114
Voltaje de generación (Kv)	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8
9. SUB - ESTACIONES						
Tipo	Intemperie	Intemperie	Intemperie	Subterránea	Subterránea	Superficial
Tipo de transformadores	Trifásico/ FOA	Trifásico/ FOA	Trifásico/ FOA	Monofásico/FOW	Monofásico/FOW	Monofásico/FOA
Número de transformadores	2	9	2	19	13	10
Capacidad de transformación M.V.A.	2x 76	8x50	2x70	18x70	12x80	9x43.5
Voltajes (Kv.)	13.8 / 230	13.8 / 230	13.8/115	13.8/230	13.8 / 230	13.8/230
Dimensiones del patio de conexiones (m)	50 x 80	50x80	50x80	100x70	100x70	100x70
10. OBRAS DE INFRAESTRUCTURA						
Carreteras por realizar (Km)	7.40	27.28	11.55	17.8	17.8	
Líneas de transmisión tipo	Doble Circuito	Doble Circuito	Doble Circuito	Doble Circuito	Doble Circuito	
Número	2	1	2	2	2	1
Longitud (Km)	85	25	80	145	119	32
Tensión (Kv)	230	230	115	230	230	230
Vías de acceso (Km)	2.4	8.3	4.5	11.8	9.8	2.0

CUADRO 3

FICHA TECNICA DE LOS PROYECTOS

	PROYECTO PIEDRA GRANDE	PROYECTO MACAMA	PROYECTO GUINEA	PROYECTO PAICOL	PAICOL EN CASCADA	
					PAICOL I	PAICOL II
11. PARAMETROS ENERGETICOS						
Potencia instalada (C.I.) (Mw)	115.0	306	106	960	730	300
Potencia confiable (C.C.) (Mw)	105.9	234	90.1	721	475	300
Energía continua firme Gwh/año	464.0	1024	395.0	3155	2073	977
Energía secundaria promedio Gwh/año	386.6	650	281.9	1051	768	354
Energía media anual Gwh/año	850.6	1674	676.9	4206	2841	1331
Factor de planta	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.37
Factor de carga	0.84	0.62	0.73	0.51	0.41	0.50
12. COSTOS UNITARIOS						
US $ / Kw	1632.61	1280.58	1795.67	929.51	996.65	
US $ Kw - H	0.0266	0.0282	0.0339	0.0255	0.0296	

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.

PROYECTO PAEZ - LA PLATA

CONSULTORIA COLOMBIANA

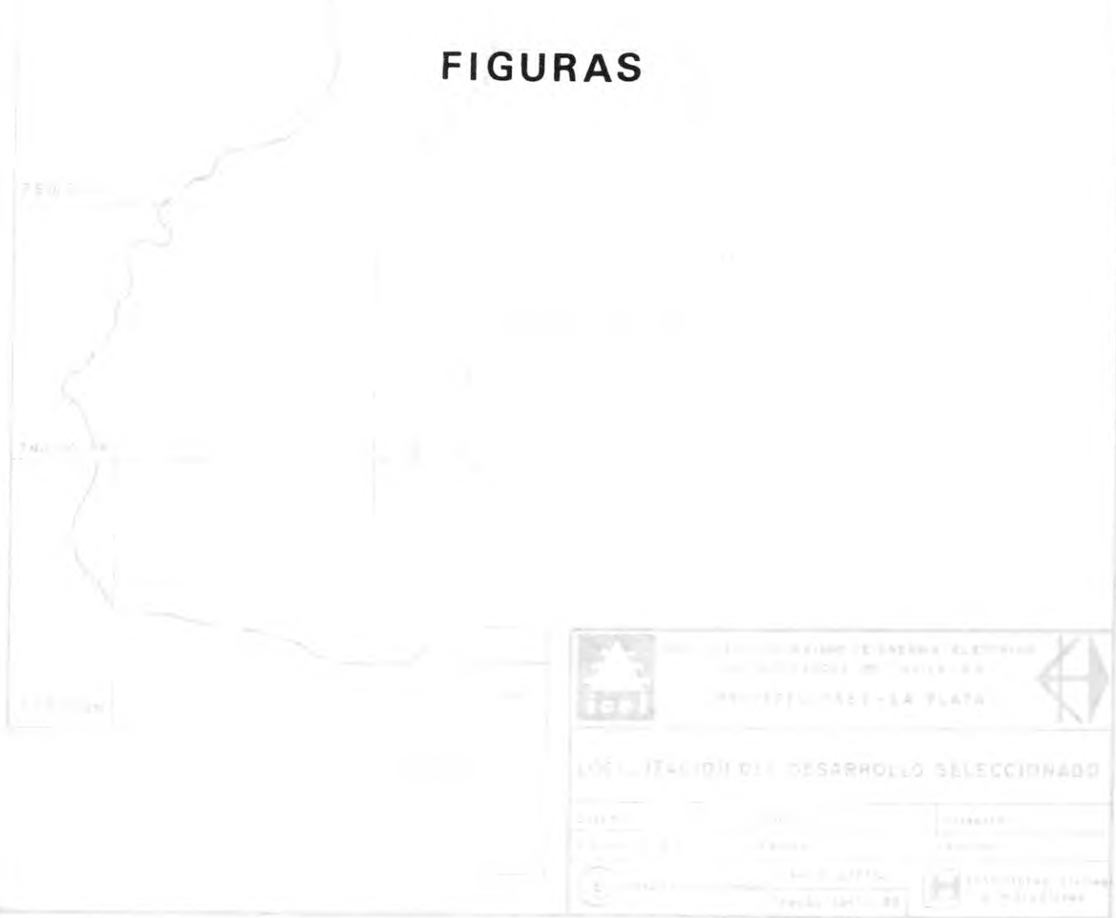
RESUMEN DE COSTOS
(US $ x 10^3 - JULIO 1982)

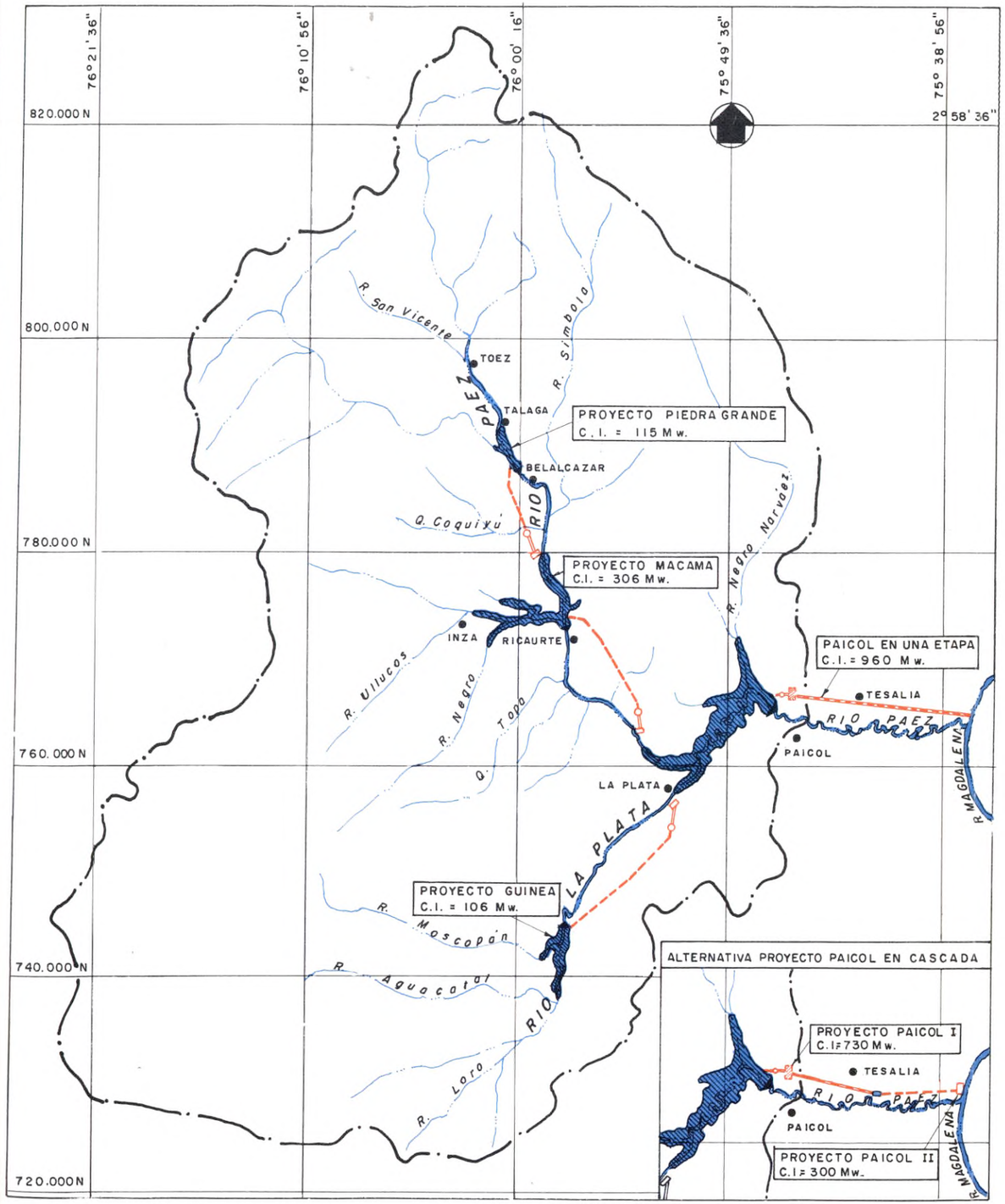
CONSULTORES CIVILES E HIDRAULICOS

No	ITEM	PROYECTO					
		PIEDRA GRANDE	MACAMA	GUINEA	PAICOL EN la ETAPA	PAICOL I	PAICOL II
I	Obras de infraestructa	12759.35	35867,70	16465,13	34767,06	29869,75	4949,32
II	Presa y obras anexas	49052,05	48293,07	24400,12	140483,72	140483,72	
III	Desviación, Ataguías, Descargador de fondo	7025,69	14715,73	8306,34	31182,06	31182,06	
IV	Vertedero	25489,54	17846,01	19979,58	38574,13	38574,13	
V	Bocatoma o tanque	1938,65	5652,56	6628,04	6962,63	7235,89	1334,43
VI	Túnel de carga	17952,47	100352,87	39938,38	15075,61	16473,10	228167,95
VII	Tubería de carga	6209,20	35268,91	11709,49			
VIII	Casa de máquinas	2624,72	2212,23	1045,02	18748,44	13176,59	5888,26
IX	Equipos electromecánicos	19870,00	36512,44	16313,88	89607,00	71744,89	37980,00
X	Túnel o canal de fuga			391,38	303264,66	153359,77	
	Subtotal C.D.	142921,67	296721,52	145177,36	678665,31	502099,90	278319,96
	Imprevistos						
	Obra civil	21625,57	48593,26	22217,11	108674,53	76952,76	48029,08
	Equipos	4147,83	6281,43	3777,30	14536,95	12382,16	4557,60
	Subtotal C.D + I	168695,07	351596,21	171171,77	801876,79	591434,82	330906,64
	Ing. y administración						
	Obra civil	15570,41	34987,15	15996,32	78245,66	55405,98	34580,94
	Equipos	3484,18	5276,40	3172,93	12211,04	10401,02	3828,38
	TOTAL	187749,66	391859,76	190341,02	892333,49	657241,82	369315,96
	TOTAL U.S. $/KW	1632,61	1280,58	1795,67	929,51	900,33	1231,05

CUADRO 4

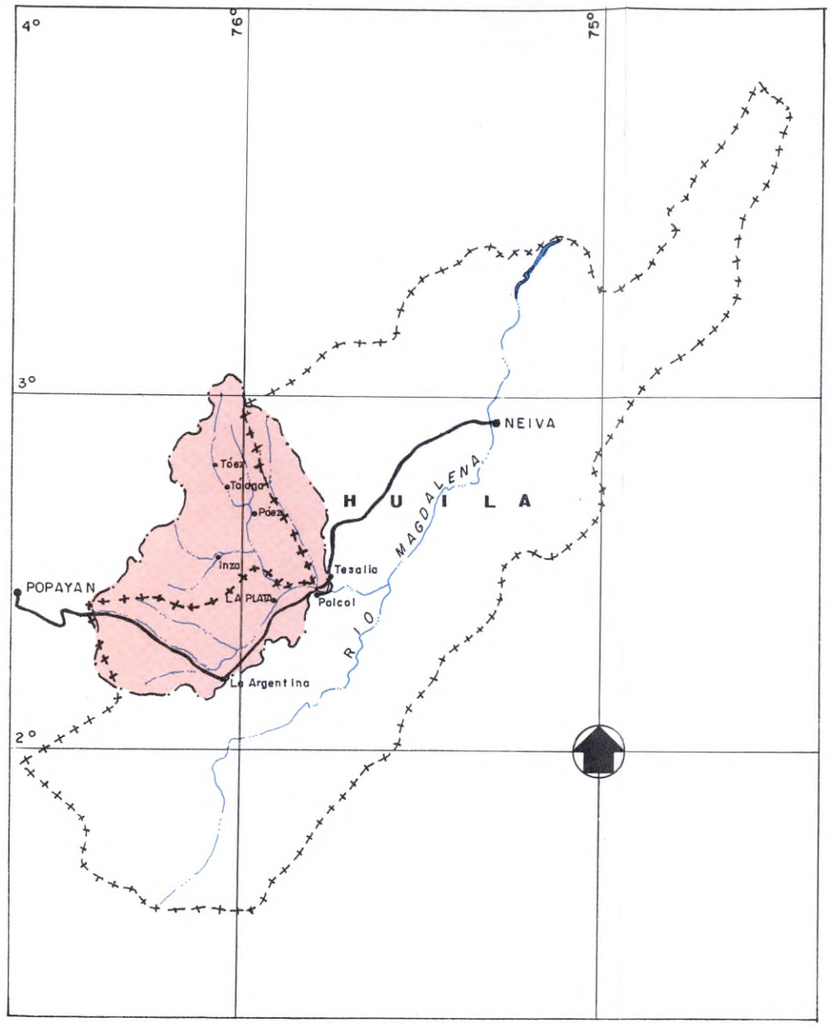
FIGURAS





LOCALIZACION DE LOS PROYECTOS

0 10 20 Km.



ZONA DE INFLUENCIA REGIONAL

0 20 40 60 Km.

MAPA GENERAL

CONVENCIONES

- Túnel de fuga
- Túnel de carga
- Tubería de presión
- Almenara
- Embalse
- Casa de máquinas superficial
- Casa de máquinas subterránea
- Ríos o quebradas
- Límite de la cuenca.
- Límite departamental.
- Municipio.
- Carretera.

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.

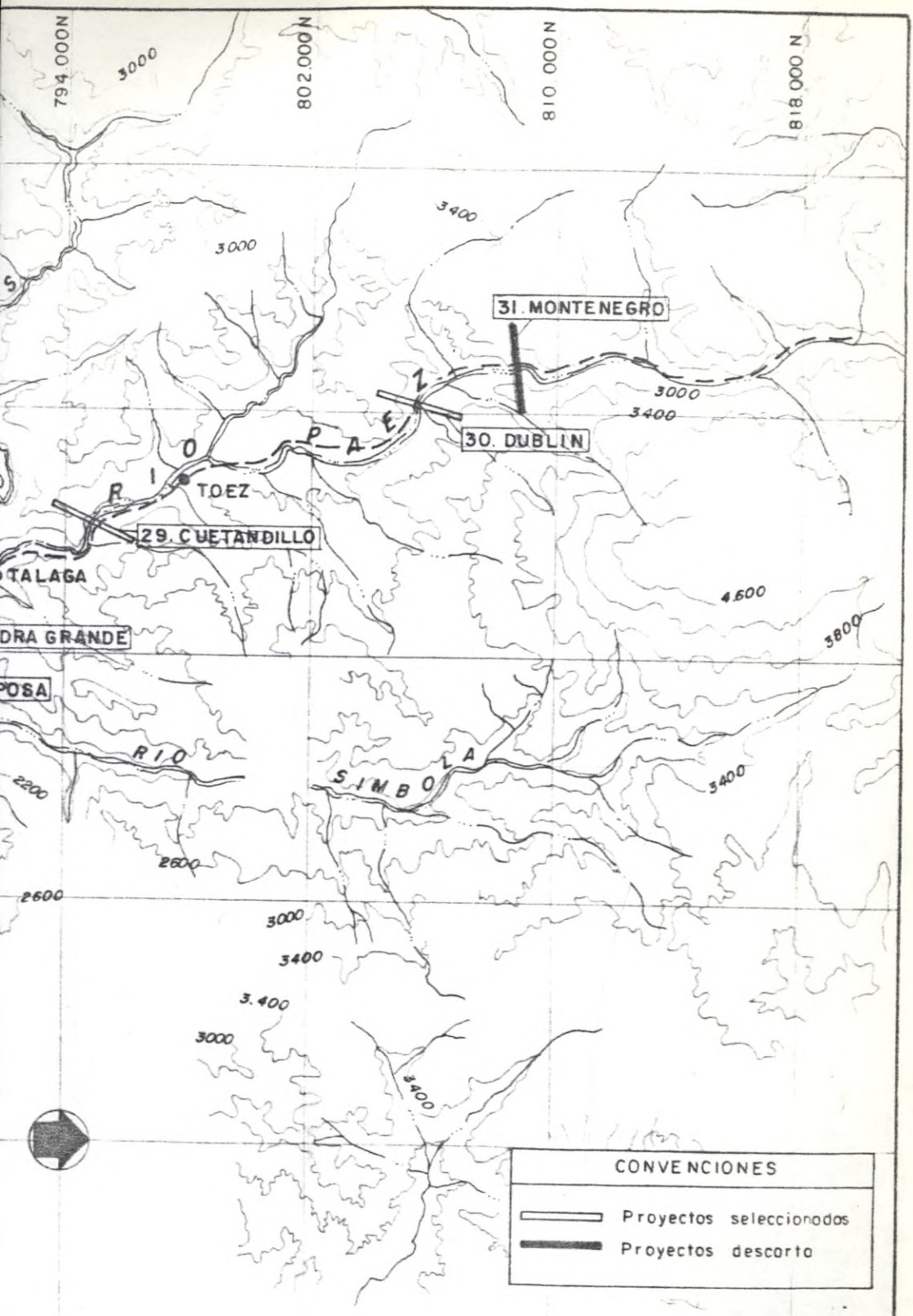
PROYECTO PAEZ - LA PLATA

LOCALIZACION DEL DESARROLLO SELECCIONADO

Diseño:	Calculó:	Presentó:
Dibujó: N.B.A.	Revisó:	Aprobó:
consultoría colombiana	Escala, gráfica	consultores civiles e hidráulicos
	Fecha: Abril - 83	

FIGURA 1

730.000 N
738.000 N
754.000 N
762.000 N
770.000 N
778.000 N
786.000 N
1'104.000 E
1'112.000 E
1'120.000 E
1'128.000 E
1'136.000 E
1'144.000 E
7. EL CEDRO
8. LA COLONIA
RIO LORO
RIO AGUACATAL
RIO EL SALADO
RIO LLUCOS
RIO NEGRO
RIO COQUIYU
INZA
ARGENTINA
6. VILLA LOZADA
5. GUINEA A.
2 3.4. LOS BOJOS
1. PAN DE AZUCAR
LA PLATA
17. RICAURTE B
15. PTO VALENCIA
14. CASAS VIEJAS
13. CUEVAS
12. EL FRAILE
9. ARANZAZU
6. POTRERILLO
5. NAGASA
4. LADERAS
1. CHAPETON
23. BUENAVISTA
22. COHETANDO
25. COQUIYU
21 MESETA
20. GUAMBICO
19. MACANA
18 RICAURTE-A
16. EL DANUBIO
11. FRAILE B
10. TAMBITO
8. EL RAMO
7. LA AVISPA
3. SAN FRANCISCO
2. SAN JUANITO
24. LA PALMA
26. AVIRAMA
SAN ANDRES
O PAICOL
PAICOL
TESALIA
NATAGA
RIO NEGRO DE NARVAEZ
RIO PAEZ
2200
1800
1400
1000
3000
2600
3400
2800

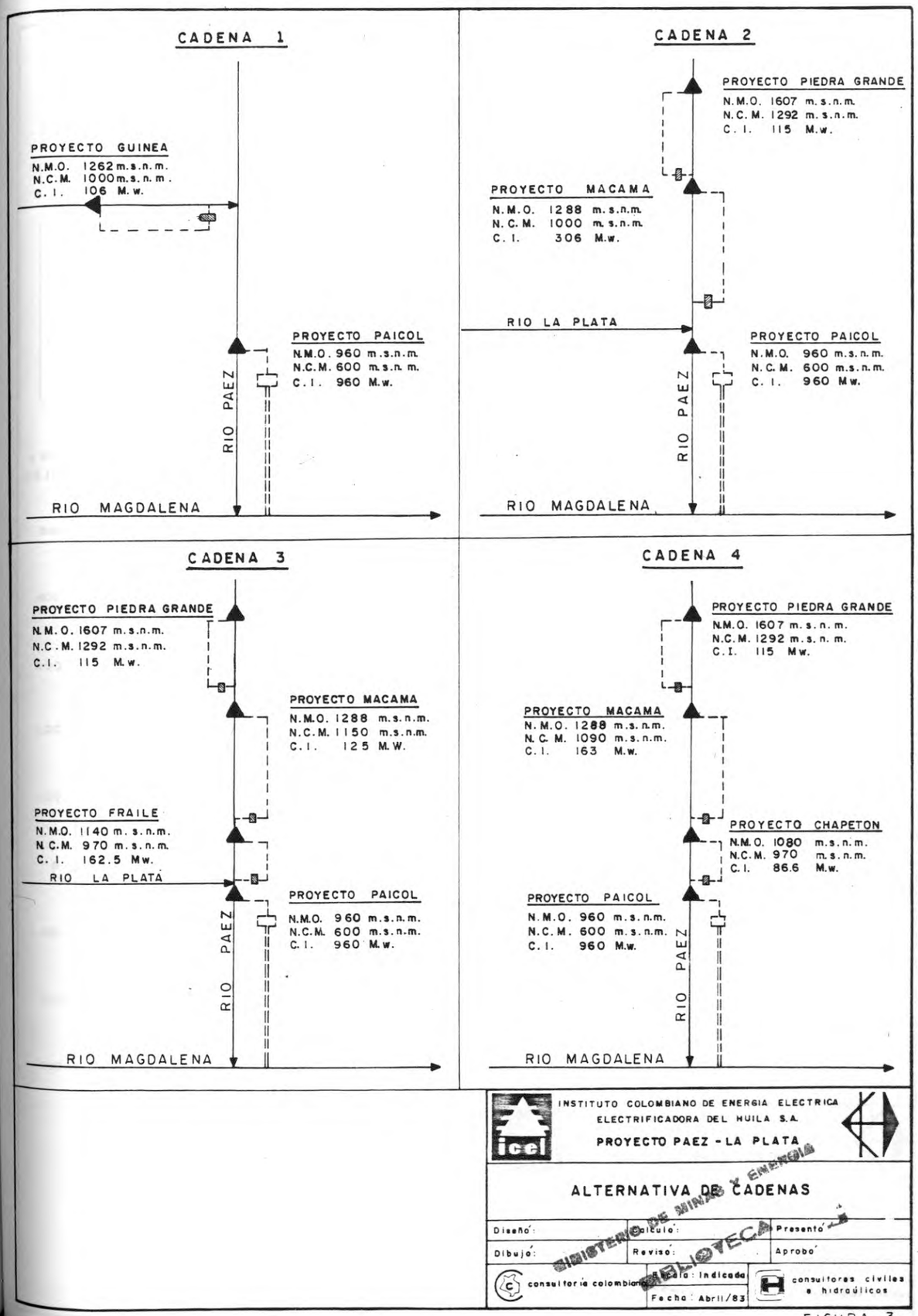


INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A
PROYECTO PAEZ - LA PLATA

LOCALIZACION DE LOS SITIOS DE PRESA ANALIZADOS

Diseñó	Calculó	Presentó
Dibujó	Revisó	Aprobó
consultoría colombiana	Escala	consultores civiles e hidráulicos
	Fecha: Abril / 83	

FIGURA 2



INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.
PROYECTO PAEZ - LA PLATA

ALTERNATIVA DE CADENAS

Diseñó:	Calculó:	Presentó
Dibujó:	Revisó:	Aprobó

consultoría colombiana | Escala: Indicada | Fecha: Abril/83 | consultores civiles e hidráulicos

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA
BIBLIOTECA

FIGURA 3

ALTERNATIVA	E. MEDIA	F. CONT.	COSTO	VPN 1 1C/KWH	VPN 2 2C/KWH	VPN 3 4C/KWH	CAP. CONF.	U$ KW
	GWH/AÑO	GWH/AÑO	U$ x 10^6	U$ x 10^6	U$ x 10^6	U$ x 10^6	M.W.	
CADENA 1	3923.00	2813.0	609.7	- 283.8	+ 41.9	+ 693.5	642.2	949.3
CADENA 2	5386.00	3655.0	876.9	- 429.5	+ 17.7	+ 912.3	834.4	1050.8
CADENA 3	5288.00	3567.0	930.0	- 490.0	- 51.6	+ 826.6	814.3	876.3
CADENA 4	5290.00	3550.0	887.1	- 447.7	- 8.4	+ 870.2	810.5	1094.5

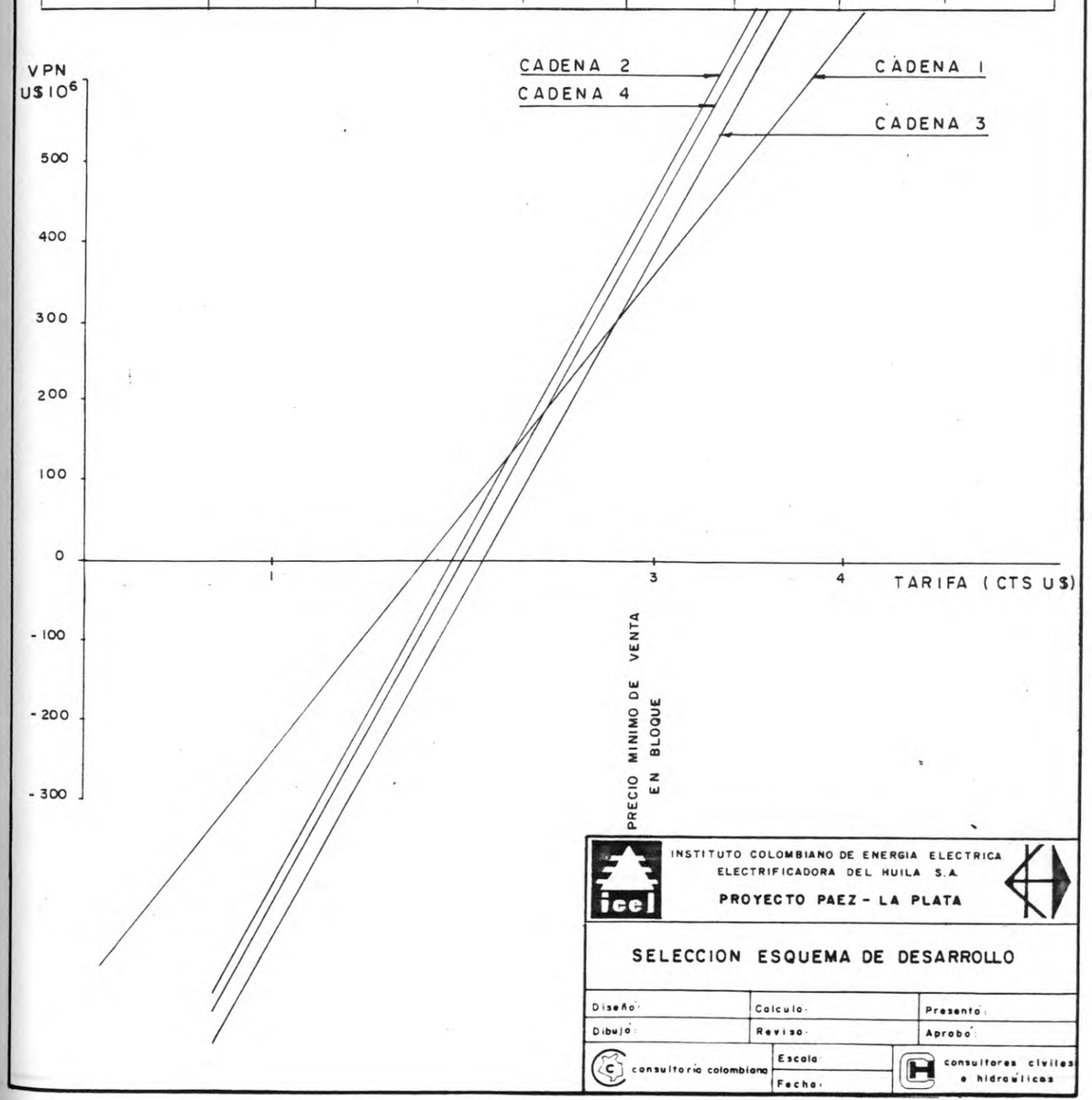


FIGURA 4

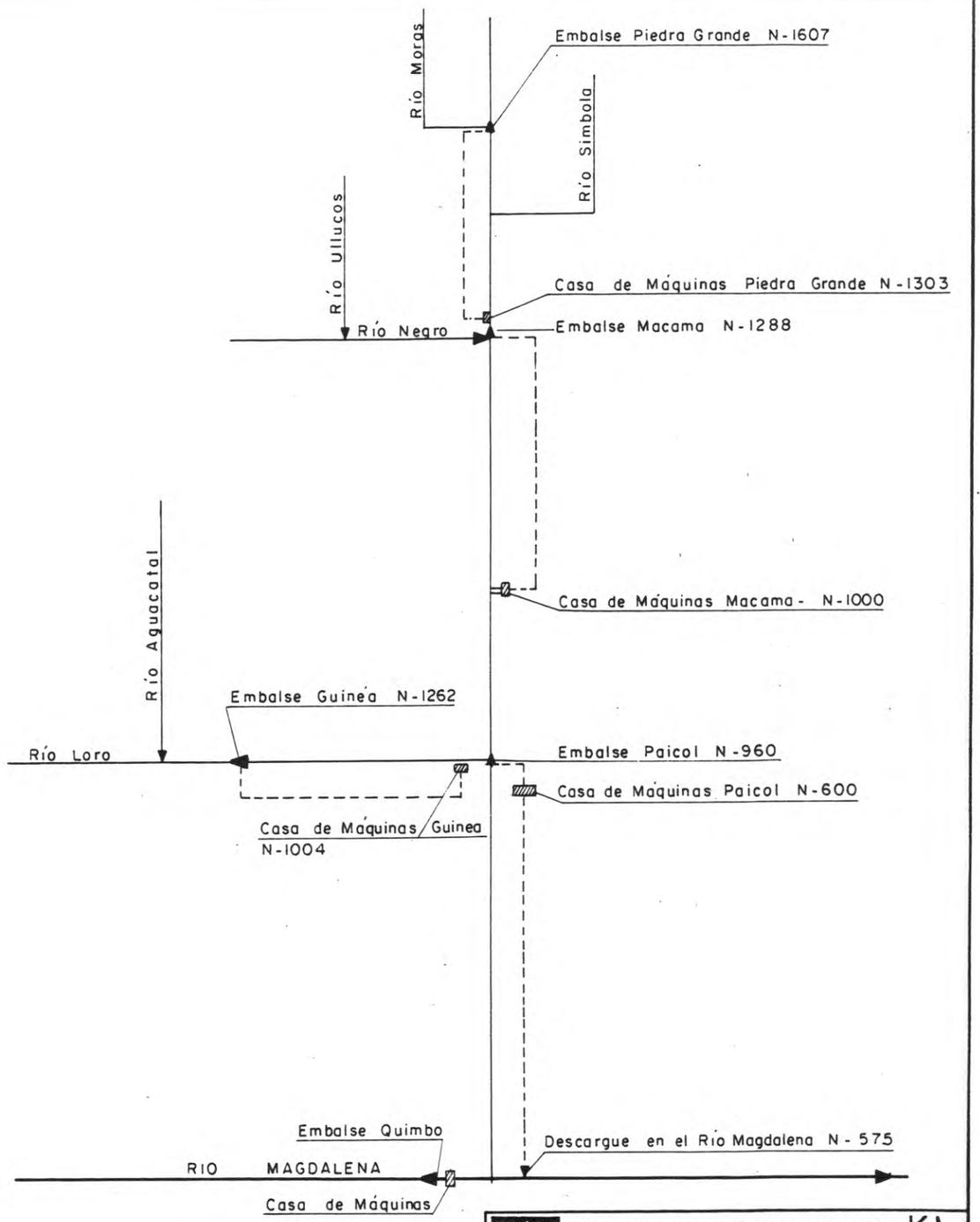

Río Morras
Embalse Piedra Grande N-1607
Río Simbola
Río Ullucos
Casa de Máquinas Piedra Grande N-1303
Río Negro
Embalse Macama N-1288
Casa de Máquinas Macama- N-1000
Río Aguacatal
Embalse Guinea N-1262
Río Loro
Embalse Paicol N-960
Casa de Máquinas Paicol N-600
Casa de Máquinas Guinea N-1004
Embalse Quimbo
Descargue en el Río Magdalena N-575
RIO MAGDALENA
Casa de Máquinas
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.
PROYECTO PAEZ - LA PLATA
ALTERNATIVA DE DESARROLLO CON PAICOL EN UNA ETAPA
Diseñó:
Calculó:
Presentó:
Dibujó:
Revisó:
Aprobó:
consultoría colombiana
Escala: Indicada
Fecha: Abril/83
consultores civiles e hidráulicos

FIGURA 5

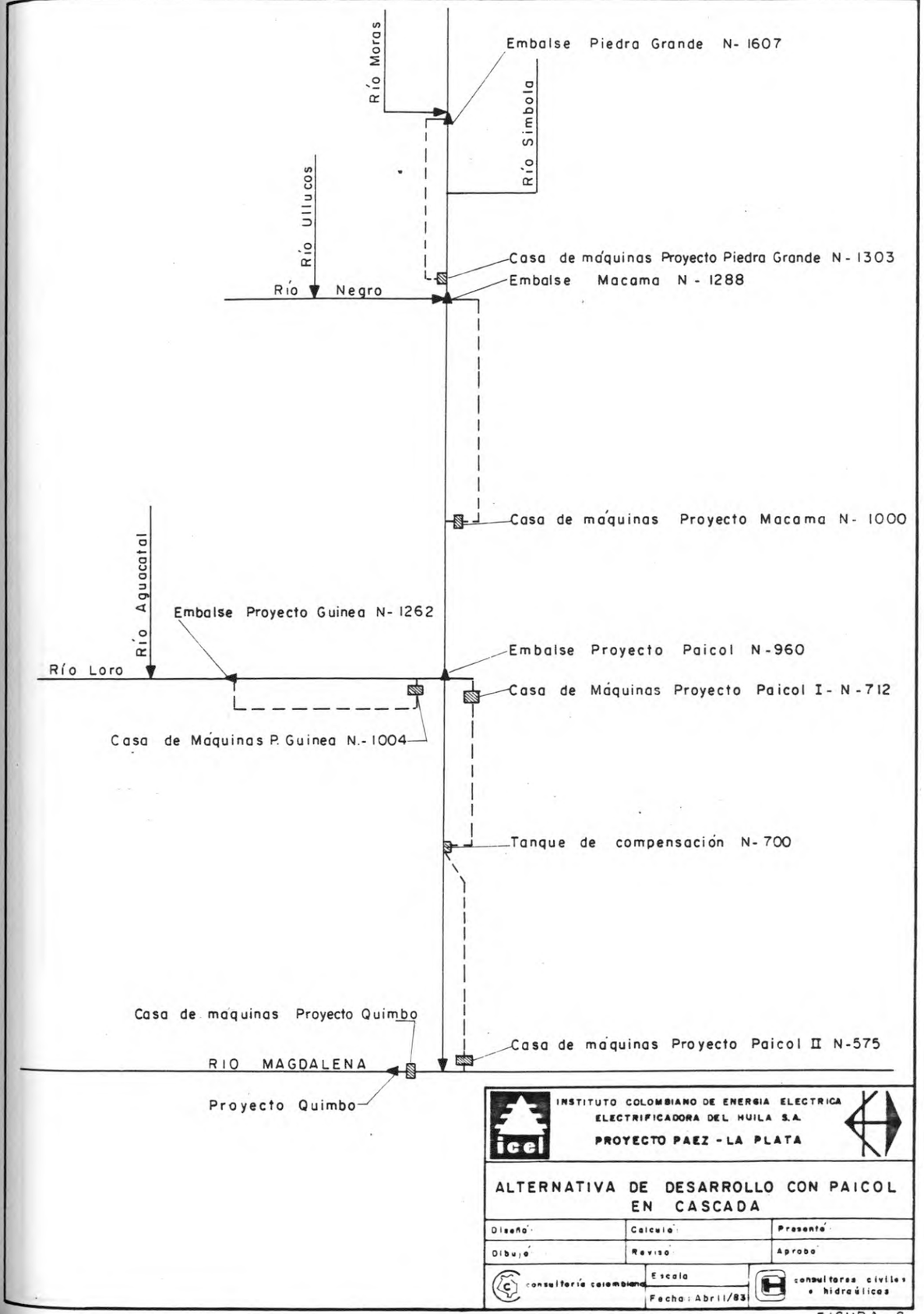
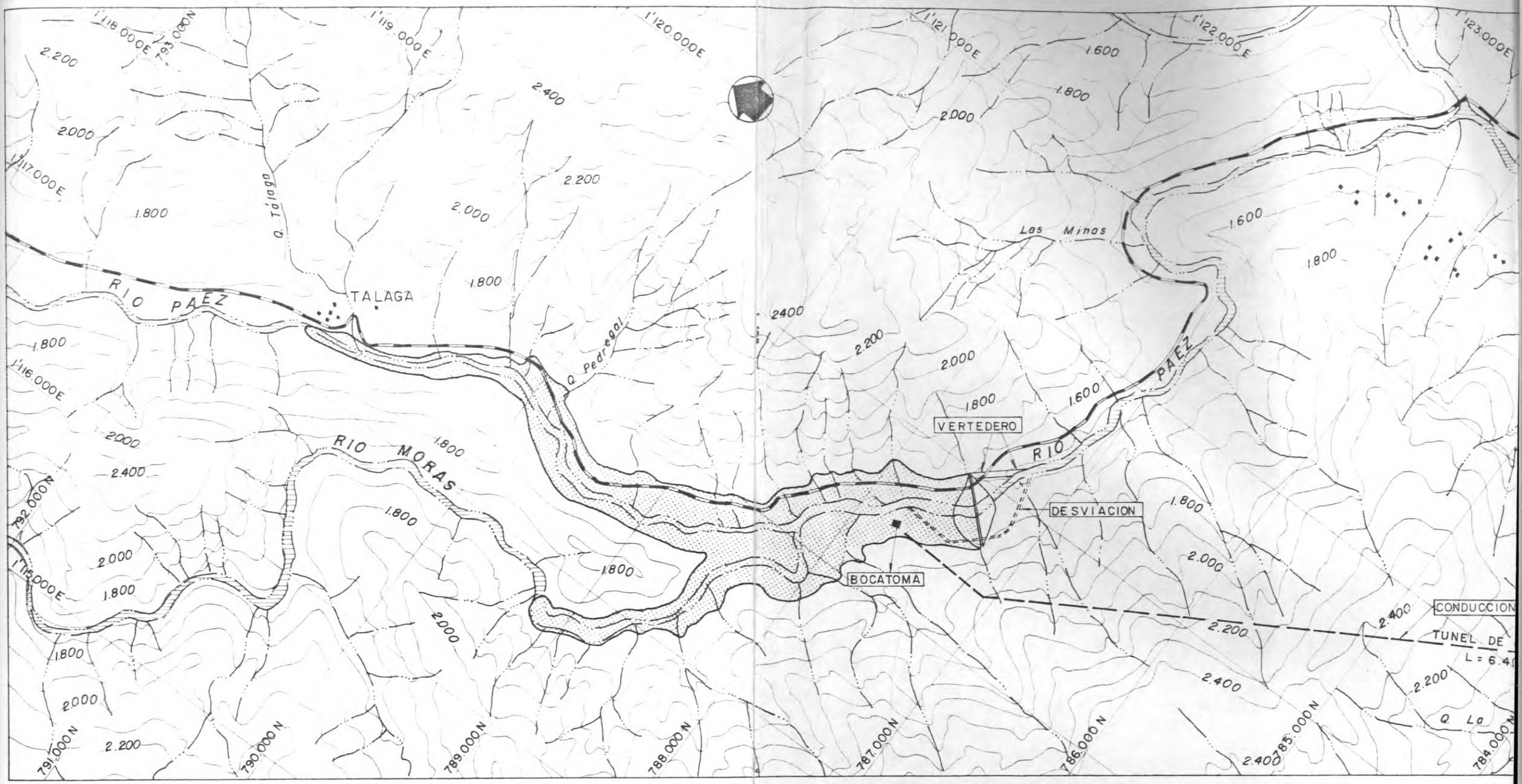
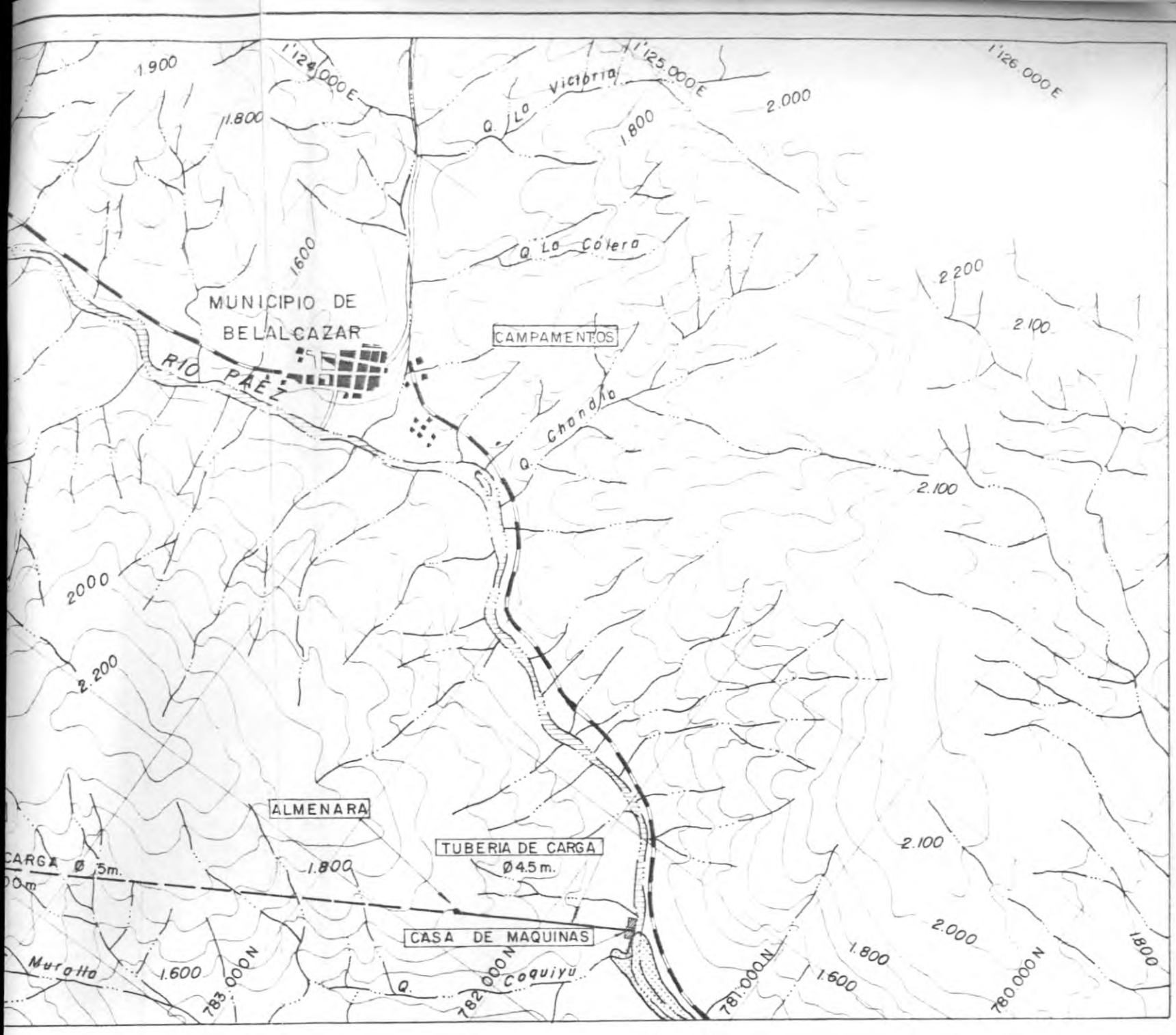
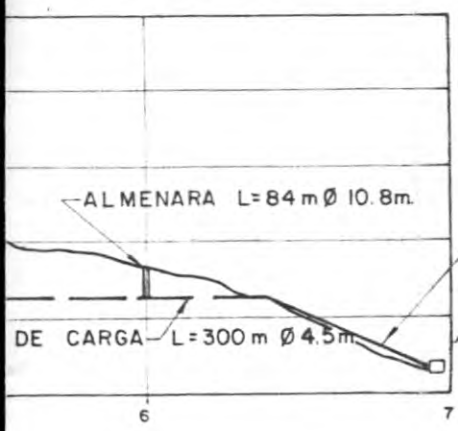

Río Moras
Embalse Piedra Grande N- 1607
Río Simbola
Río Ullucos
Casa de máquinas Proyecto Piedra Grande N- 1303
Río Negro
Embalse Macama N - 1288
Casa de máquinas Proyecto Macama N- 1000
Río Aguacatal
Embalse Proyecto Guinea N- 1262
Río Loro
Embalse Proyecto Paicol N-960
Casa de Máquinas Proyecto Paicol I- N-712
Casa de Máquinas P. Guinea N.- 1004
Tanque de compensación N- 700
Casa de maquinas Proyecto Quimbo
Casa de máquinas Proyecto Paicol II N-575
RIO MAGDALENA
Proyecto Quimbo
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.
PROYECTO PAEZ - LA PLATA
ALTERNATIVA DE DESARROLLO CON PAICOL EN CASCADA
Diseñó
Calculó
Presentó
Dibujó
Revisó
Aprobó
consultoría colombiana
Escala
Fecha: Abril/83
consultores civiles e hidráulicos

FIGURA . 6



SECCION LONGITUDINAL OBRAS DE GENERACION (Km.)





TUBERIA DE CARGA L=6.00 m. Ø 4.5m

CASA DE MAQUINAS 1.294.5 m.s.n.m.

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.
PROYECTO PAEZ - LA PLATA

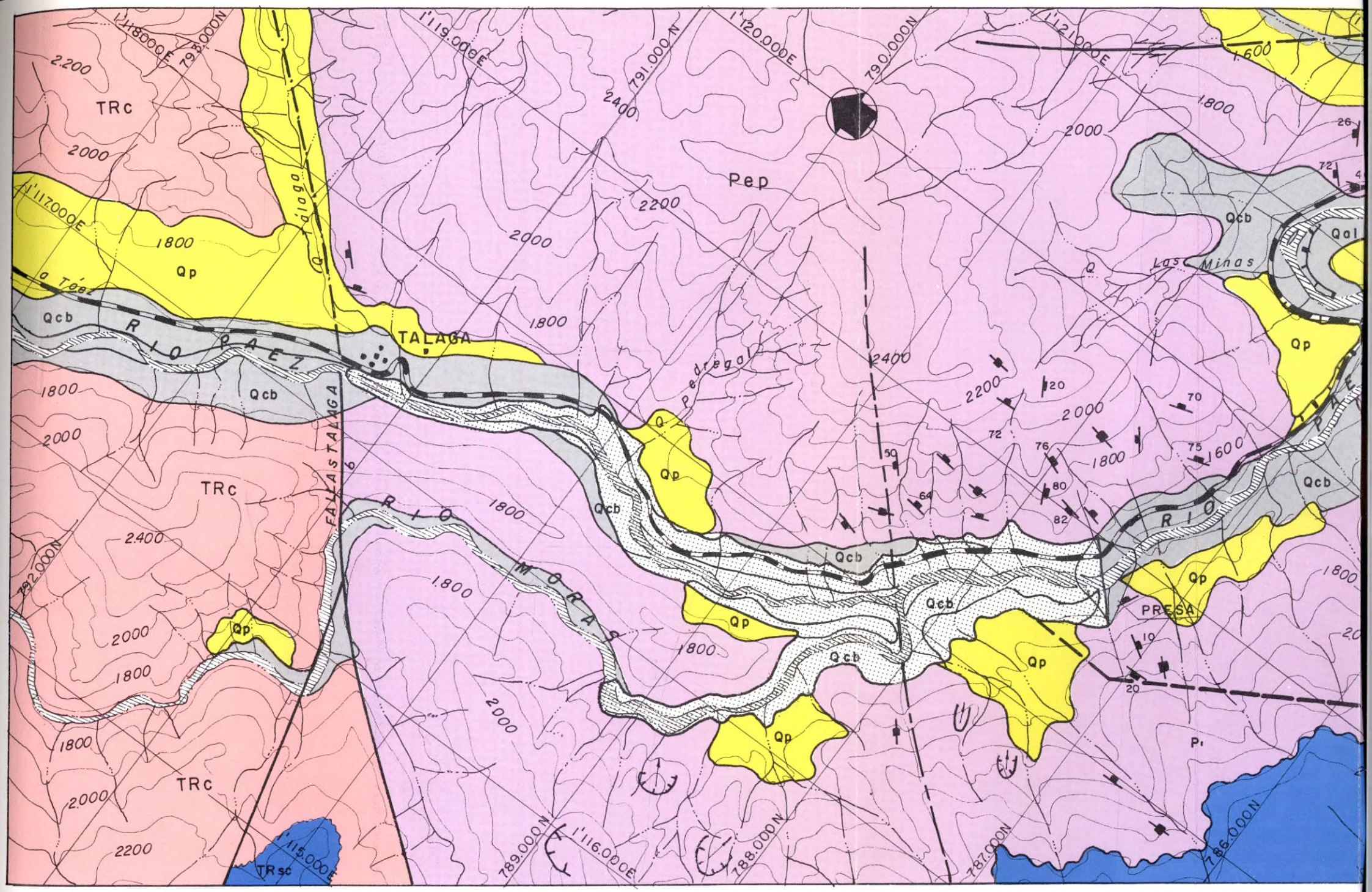
PROYECTO PIEDRA GRANDE

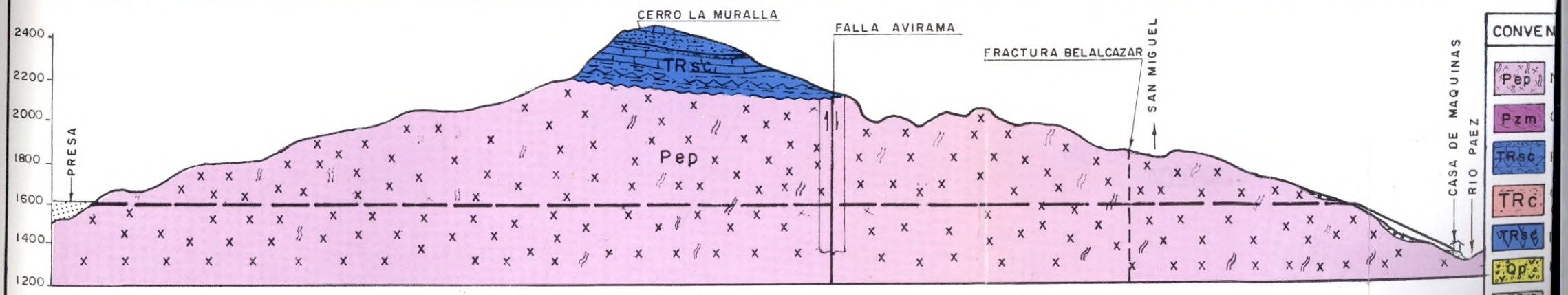
LOCALIZACION Y PERFIL GENERAL

Diseñó:	Calculó:	Presentó:
Dibujó: M.C.R.	Revisó:	Aprobó:
consultoría colombiana	Escala: Indicada	consultores civiles e hidráulicos
	Fecha: Abril/83	

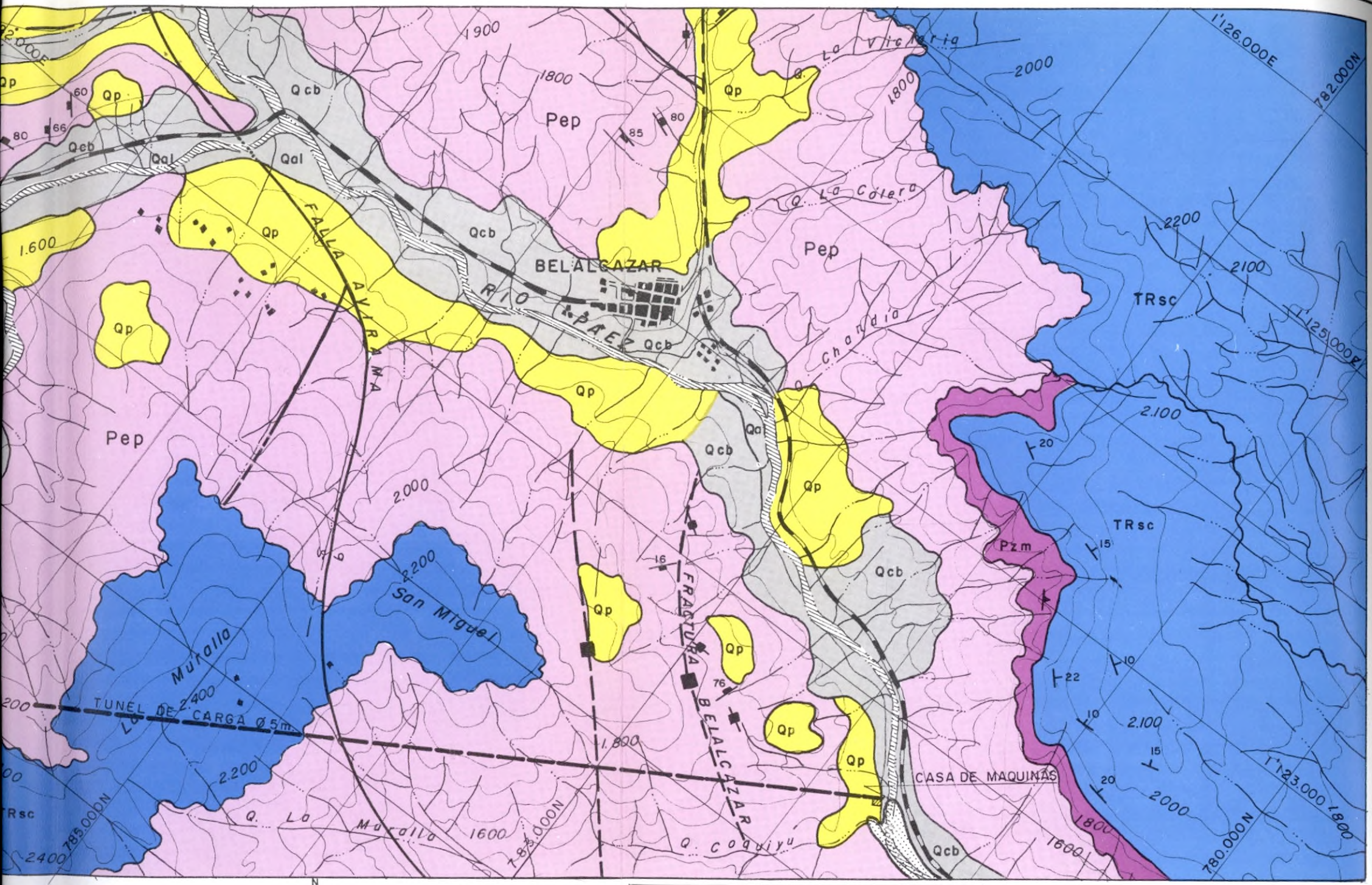
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA BIBLIOTECA

FIGURA 7





CORTE GEOLOGICO A TRAVES DEL TUNEL DE CARGA



...ONES LITOLOGICAS

- ...cizo de la Plata.
- ...mplejo Macamo.
- ...mación Coquiyú.
- ...nito de Coetan-...lo.
- ...mación Saldaña.
- ...oclasticos del Paez.
- ...luviales y aluviales

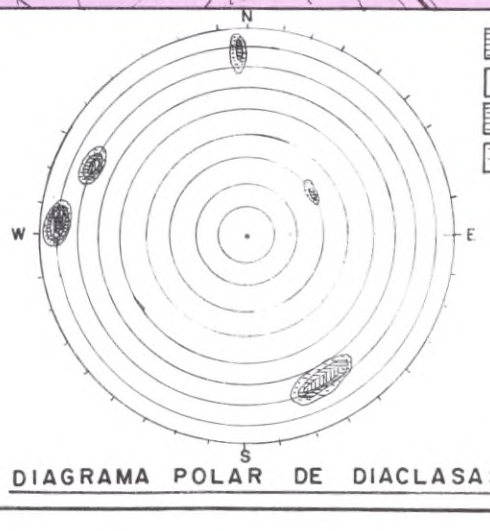


DIAGRAMA POLAR DE DIACLASAS

8%
5%
4%
3%

CONVENCIONES ESTRUCTURALES

- Contacto geológico definido.
- Contacto geológico discordante.
- Falla geológica cubierta.
- Falla direccional.
- Fractura por acción de falla.
- Rumbo y buzamiento de diaclasa.
- Rumbo y buzamiento de las copas.
- Rumbo y buzamiento de foliación.
- Zona de deslizamiento activo.
- Zona de influencia cataclástica y milonitas.
- Trazo de tunel.

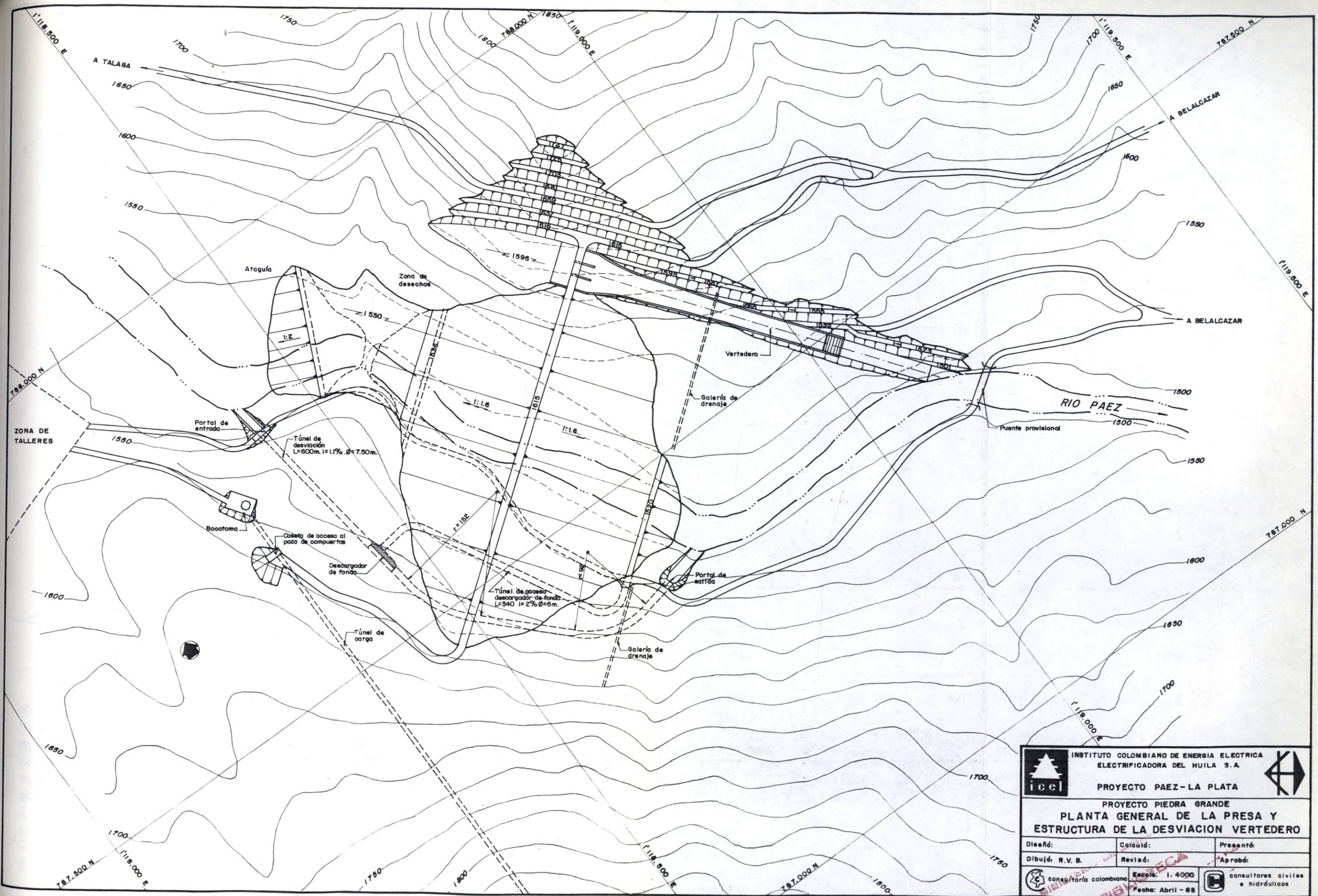
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.
PROYECTO PAEZ - LA PLATA

PROYECTO PIEDRA GRANDE

GEOLOGIA REGIONAL

Diseñó:	Calculó:	Presentó:
Dibujó: N.B.A.	Revisó:	Aprobó:
consultoria colombiana	Escala: 1:25.000	consultores civiles e hidráulicos
	Fecha: Abril/83	

FIGURA 8



INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.

PROYECTO PAEZ - LA PLATA

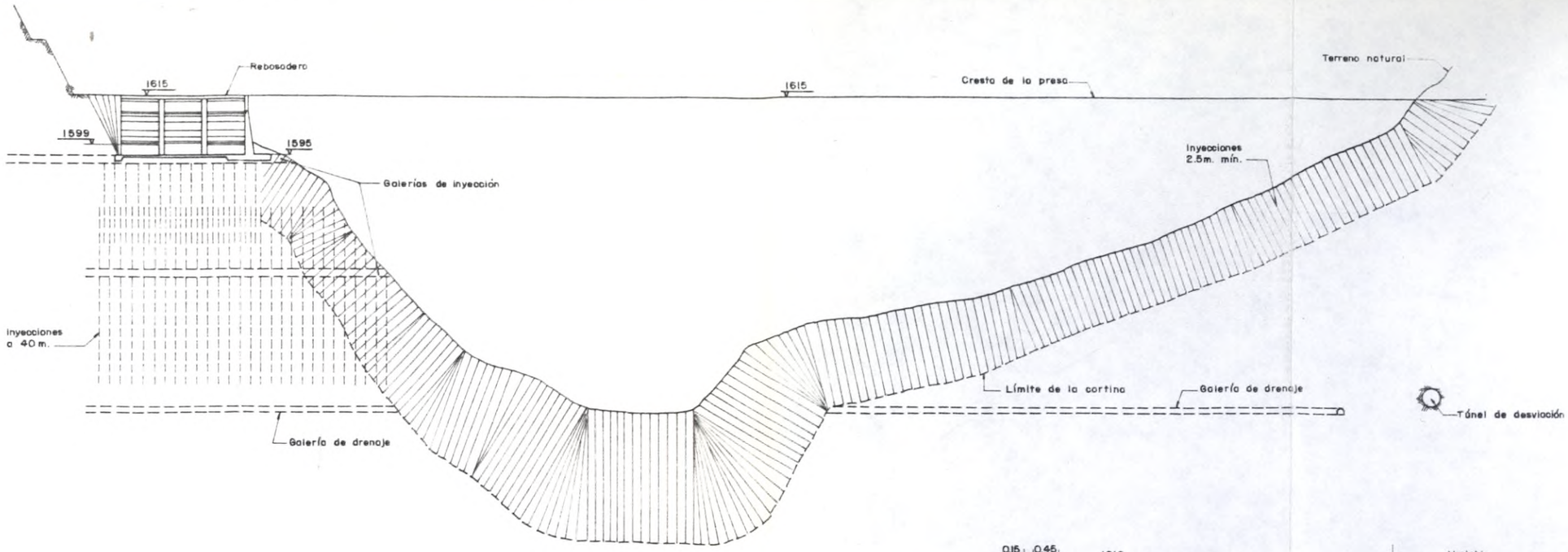
PROYECTO PIEDRA GRANDE

PLANTA GENERAL DE LA PRESA Y ESTRUCTURA DE LA DESVIACION VERTEDERO

Diseñó:	Calculó:	Presentó:
Dibujó: R.V.B.	Revisó:	Aprobó:
consultoría colombiana	Escala: 1:4000 Fecha: Abril - 65	consultores civiles e hidráulicos

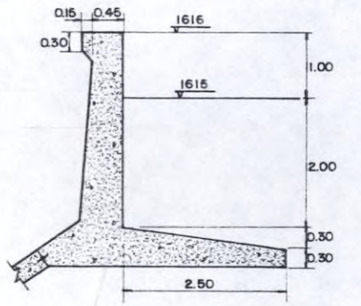
BIBLIOTECA

FIGURA 9



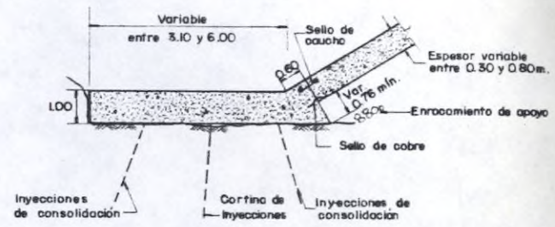
CORTE LONGITUDINAL PRESA PIEDRA GRANDE

ESCALA 1:2000



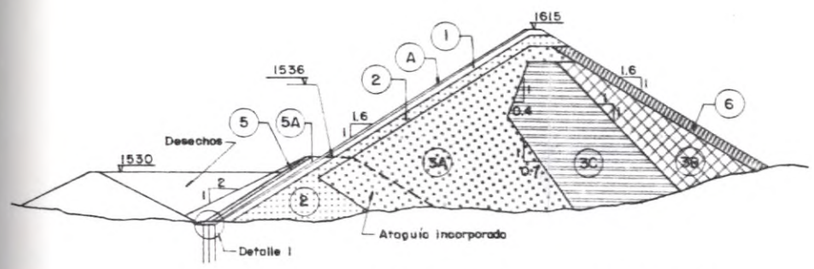
DETALLE PARAPETO

ESCALA 1:100



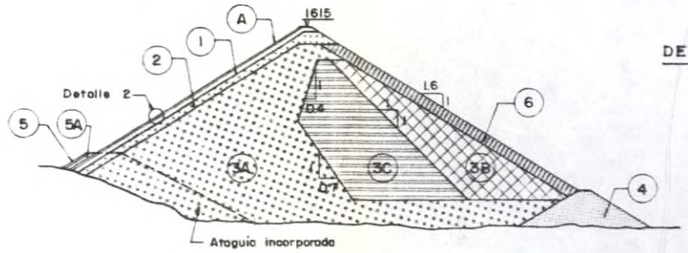
ZOCALO - DETALLE 1

ESCALA 1:200



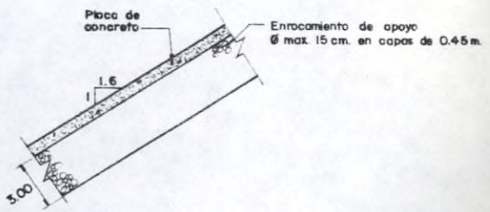
CORTE POR EL ESTRIBO IZQUIERDO

ESCALA 1:4000



CORTE POR EL ESTRIBO DERECHO

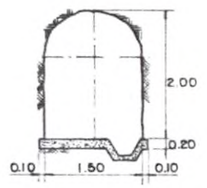
ESCALA 1:4000



DETALLE 2

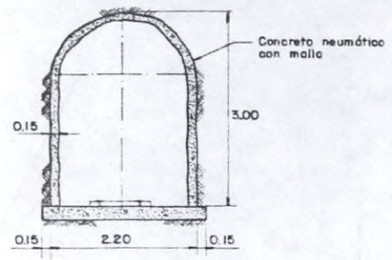
ESCALA 1:400

- (A) Placa de concreto
- (1) Enrocado especial para soporte placa
- (2) Enrocado permeable tipo filtro
- (3A) Enrocado tamaño intermedio
- (3B) Enrocado con grandes bloques
- (3C) Enrocado procedente de excavaciones
- (4) Dique de grandes piedras
- (5A) Berma de material impermeable
- (5) Berma de enrocado para confinamiento
- (6) Enrocado de acabado colocado



GALERIA DE DRENAJE

ESCALA 1:100



GALERIAS DE INYECCION

ESCALA 1:100

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.

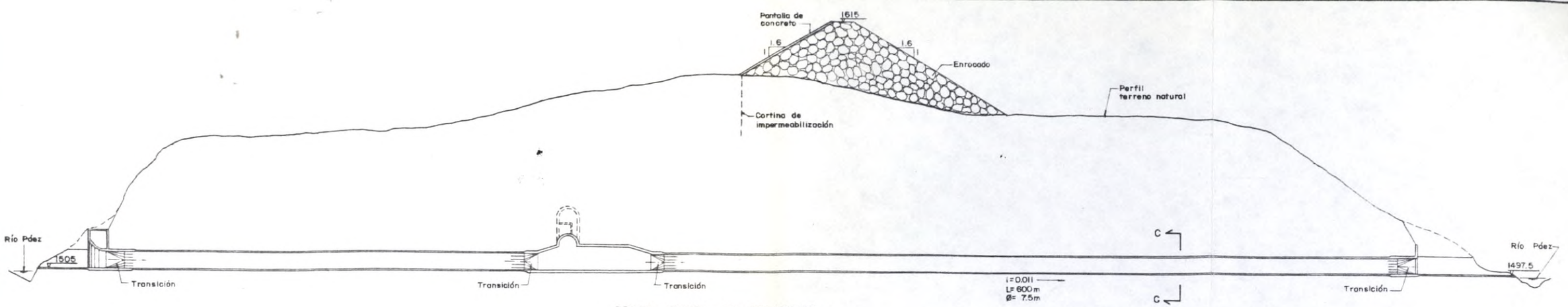
PROYECTO PAEZ - LA PLATA

PROYECTO PIEDRA GRANDE

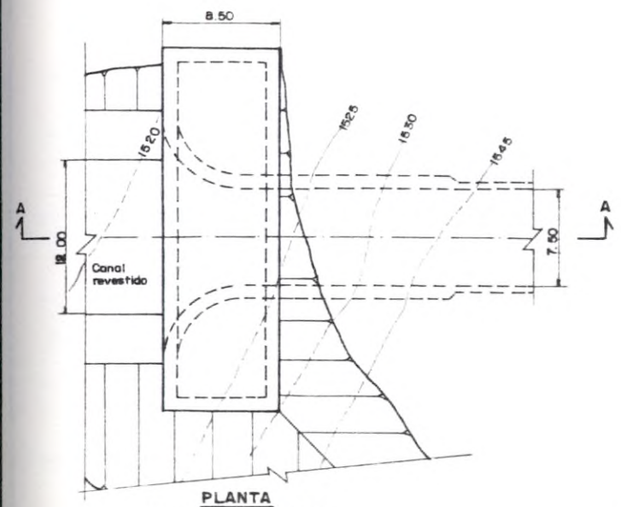
CORTES DE LA PRESA - GALERIAS - INYECCIONES

Diseñó	Calculó	Presentó
Dibujó R.V.B.	Revisó	Aprobó
consultoría colombiana	Escala indicadas	consultores civiles e hidráulicos
	Fecha Abril - 83	

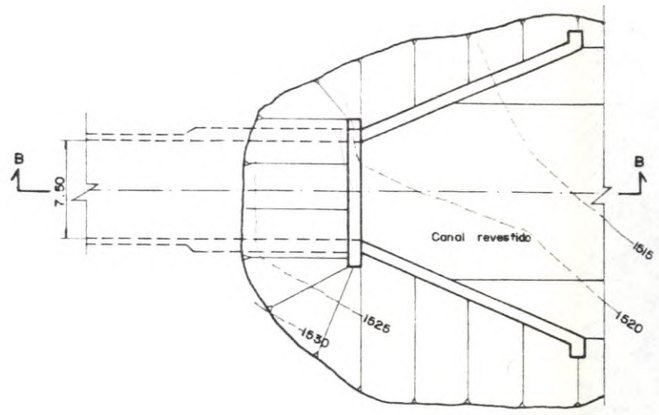
FIGURA 10



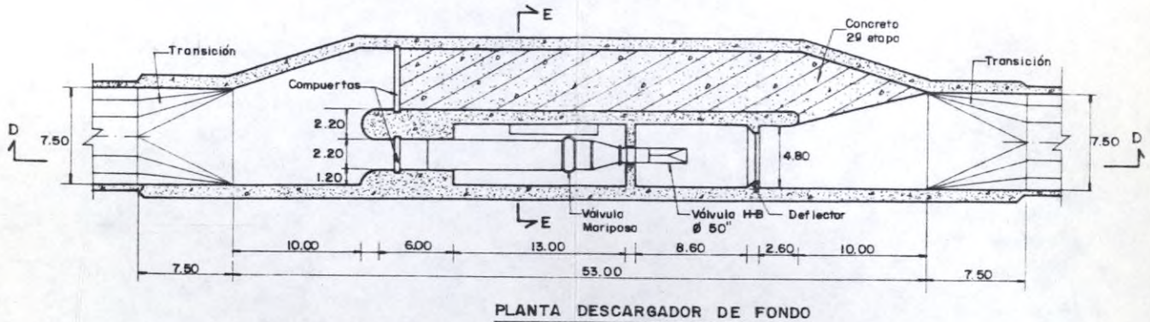
PERFIL TUNEL DE DESVIACION
ESCALA 1:2000



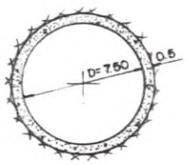
PLANTA
PORTAL DE ENTRADA
ESCALA 1:500



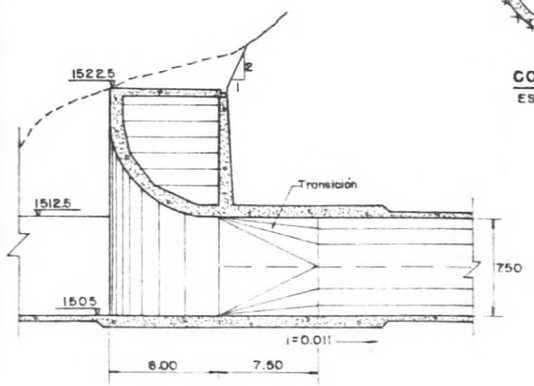
PLANTA
PORTAL DE SALIDA
ESCALA 1:500



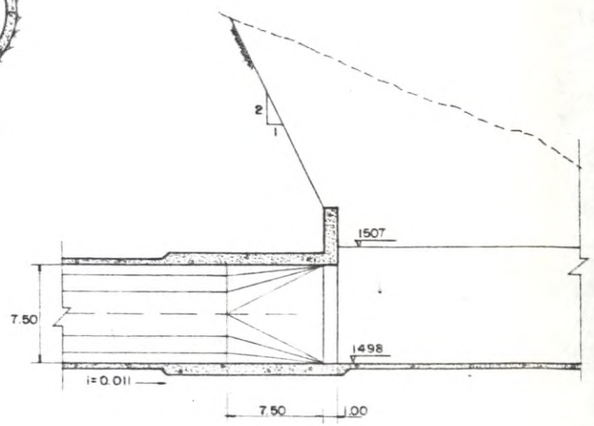
PLANTA DESCARGADOR DE FONDO
ESCALA 1:500



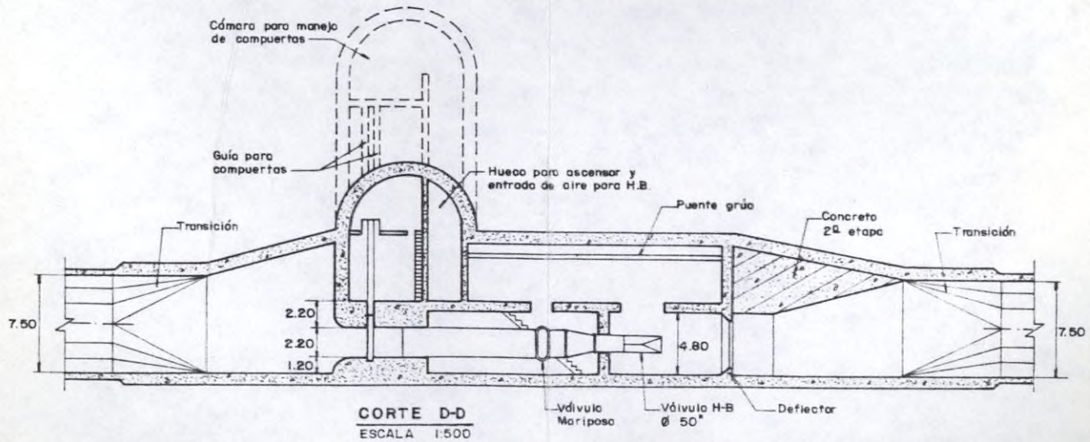
CORTE C-C
ESCALA 1:40



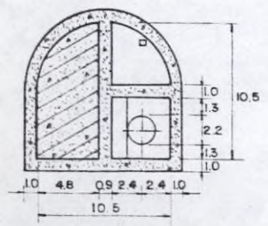
CORTE A-A
ESCALA 1:500



CORTE B-B
ESCALA 1:500



CORTE D-D
ESCALA 1:500



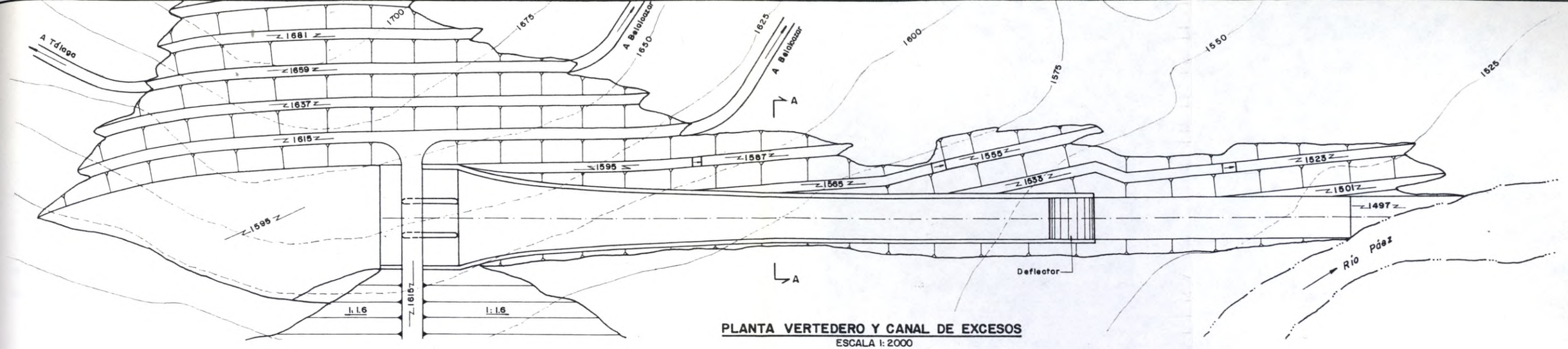
CORTE E-E
ESCALA 1:500

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.
PROYECTO PAEZ - LA PLATA

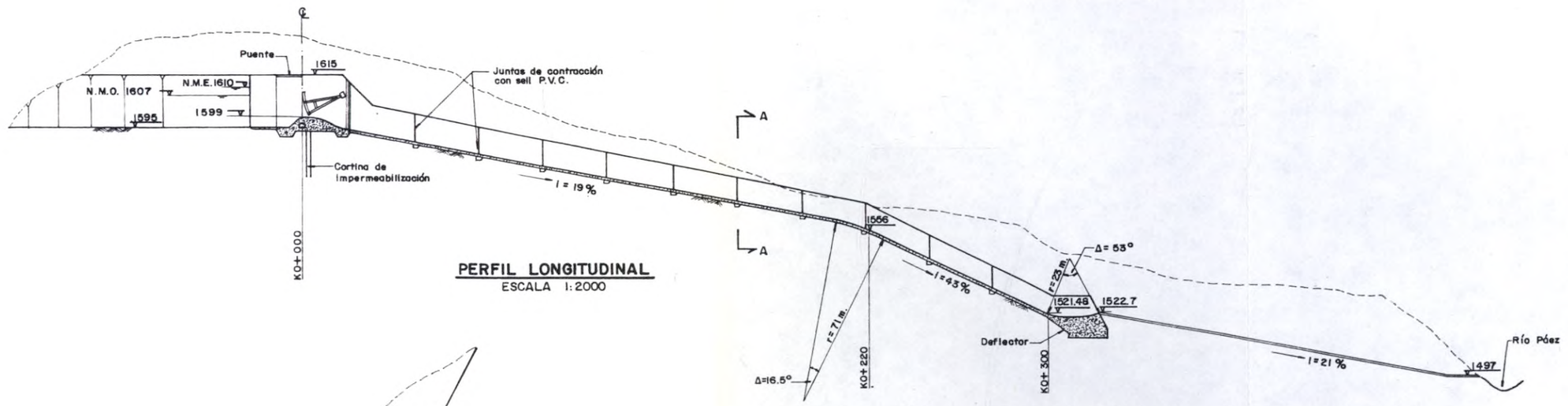
PROYECTO PIEDRA GRANDE
DESVIACION DESCARGA DE FONDO - PLANTA
PERFIL Y DETALLES

Diseñó: A.L.	Calculó:	Presentó:
Dibujó: R.V.B.	Revisó:	Aprobó:
consultoría colombiana	Escala: Indicadas	consultores civiles e hidráulicos
	Fecha: Abril - 83	

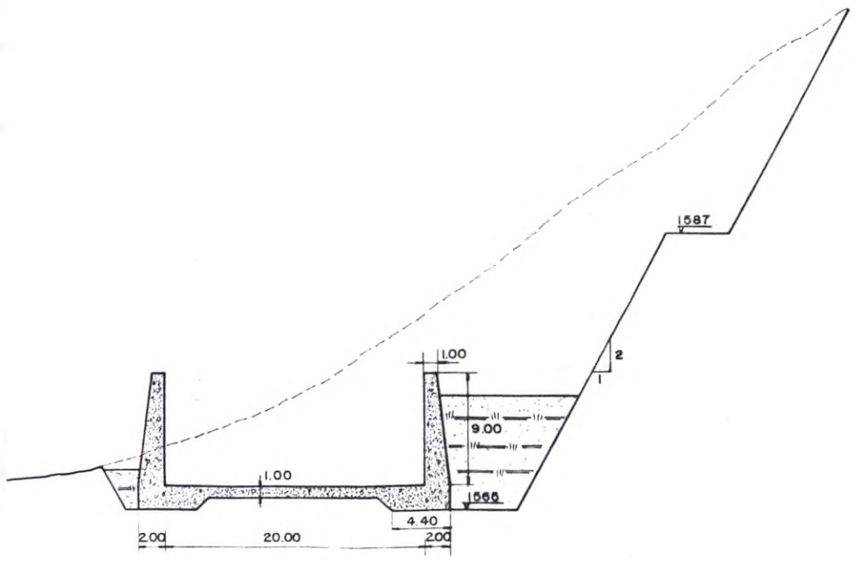
FIGURA 11



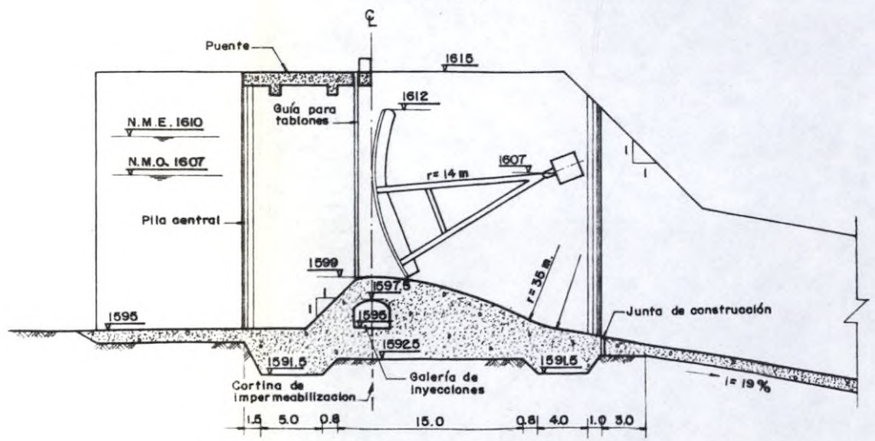
PLANTA VERTEDERO Y CANAL DE EXCESOS
ESCALA 1: 2000



PERFIL LONGITUDINAL
ESCALA 1: 2000



CORTE A-A
ESCALA 1: 500



DETALLE CRESTA DEL VERTEDERO
ESCALA 1: 500

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.

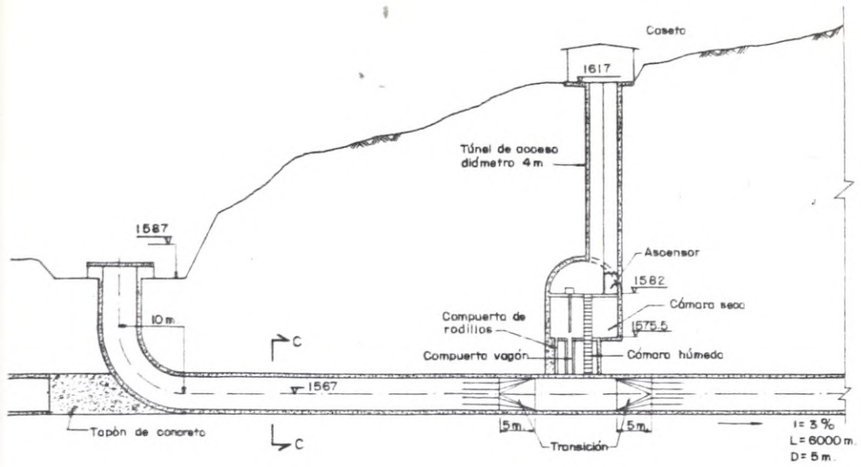
PROYECTO PAEZ - LA PLATA

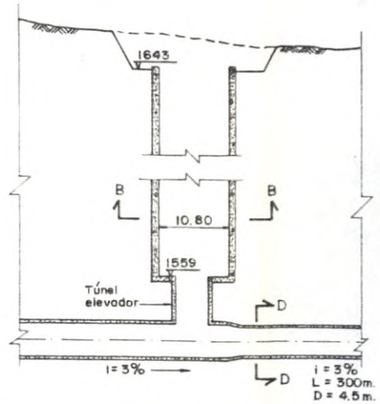
PROYECTO PIEDRA GRANDE

REBOSADERO- PLANTA - PERFIL Y DETALLES

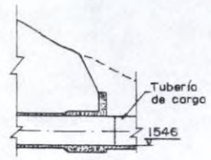
Diseñó:	Calculó:	Presentó:
Dibujó: R.V.B.	Revisó:	Aprobó:
consultoría colombiana	Escala: Indicadas	consultores civiles e hidráulicos
	Fecha: Abril -83	

FIGURA 12

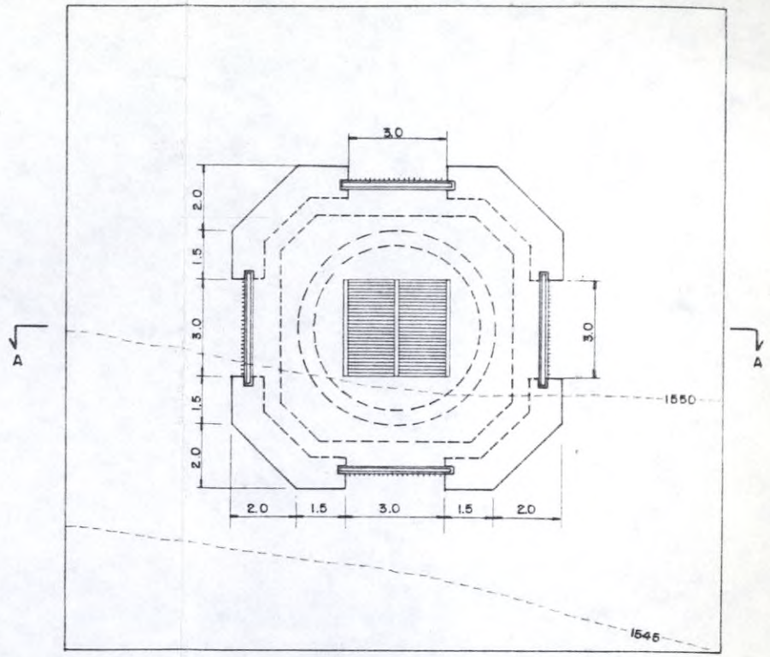




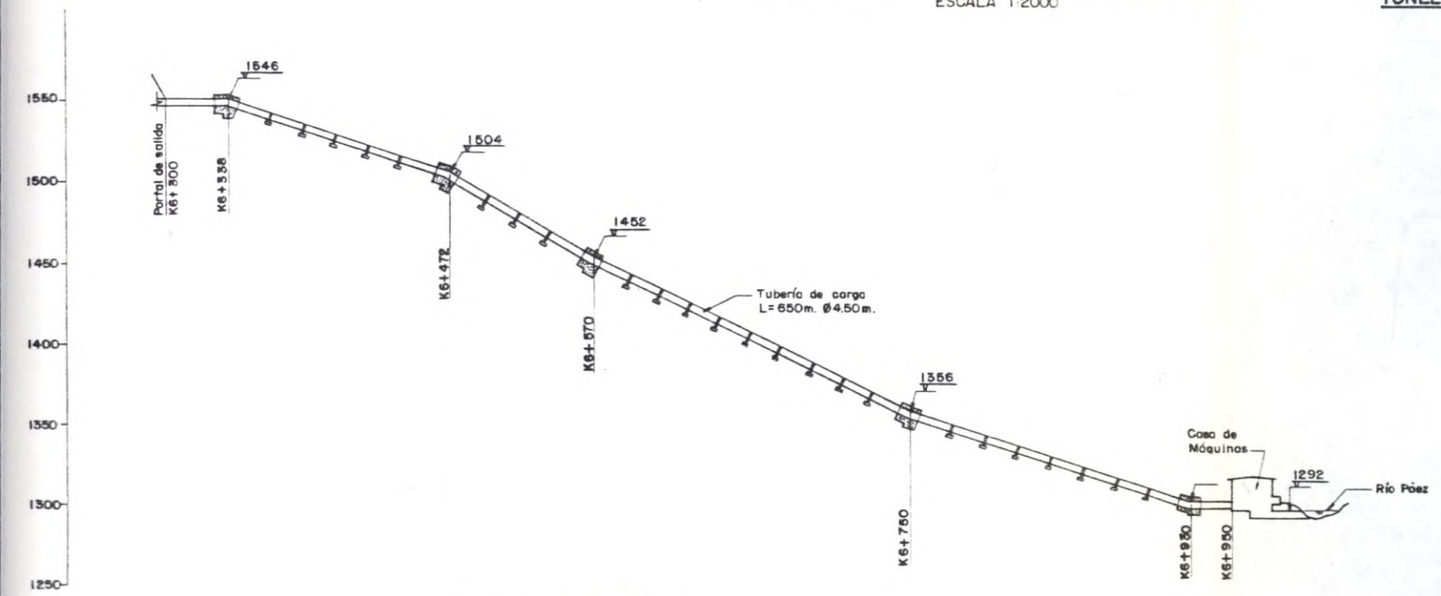
TUNEL DE ADUCCION - CORTE LONGITUDINAL
ESCALA 1:2000



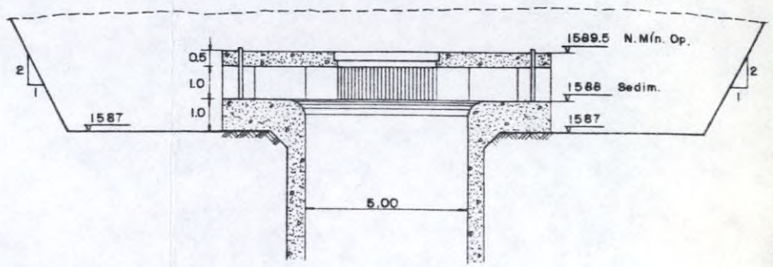
PORTAL DE SALIDA TUNEL DE ADUCCION



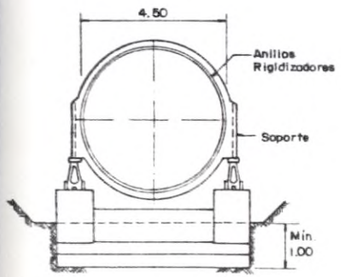
PLANTA BOCATOMA
ESCALA 1:200

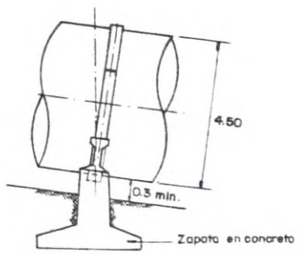


PERFIL TUBERIA DE CARGA
ESCALA 1:4000

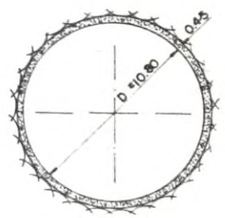


CORTE A-A
ESCALA 1:200





SECCION TIPICA DE SILLETAS
ESCALA 1:200



CORTE B-B
ESCALA 1:400

CORTE C-C
ESCALA 1:400

CORTE D-D
ESCALA 1:400

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.

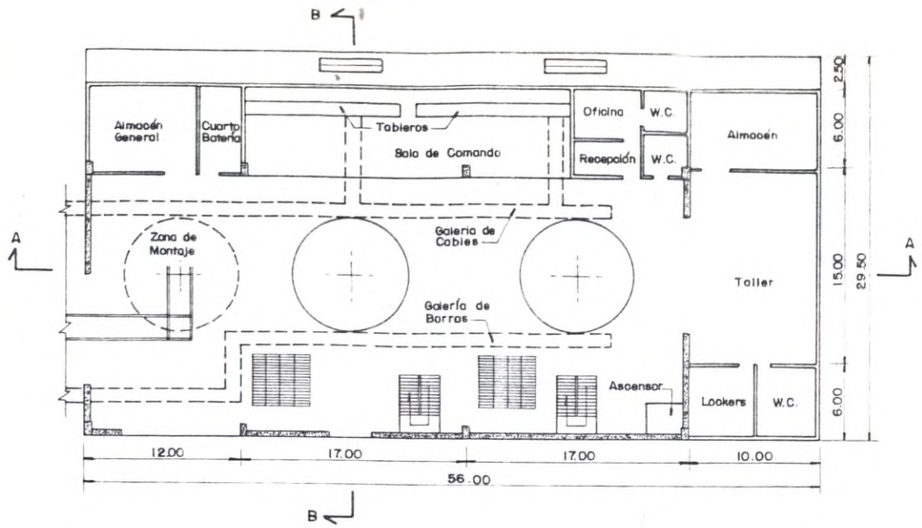
PROYECTO PAEZ - LA PLATA

PROYECTO PIEDRA GRANDE

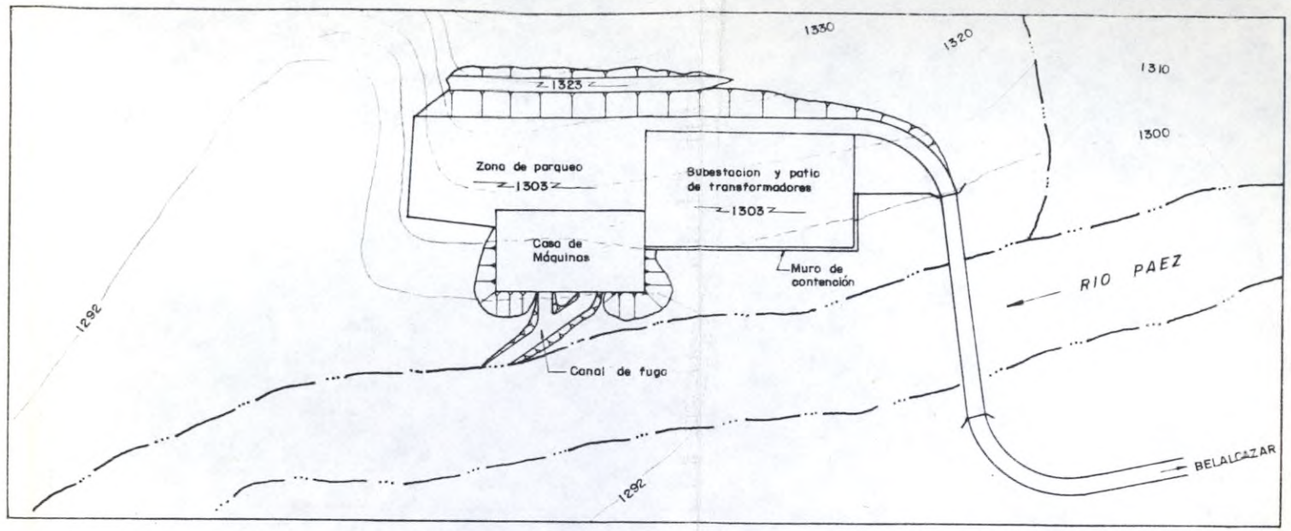
BOCATOMA, CONDUCCION, ALMENARA Y TUBERIA DE CARGA

Diseñó:	Calculó:	Presentó:
Dibujó: R.V.B.	Revisó:	Aprobó:
consultoría colombiana	Escala indicadas	consultores civiles e hidráulicos
	Fecha: Abril - 83	

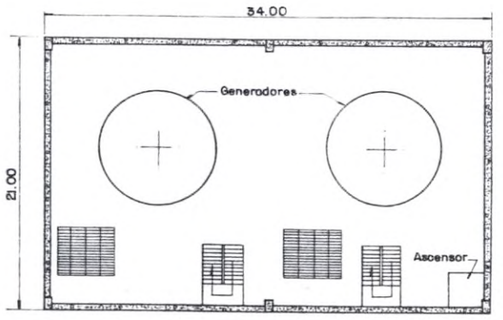
FIGURA 13



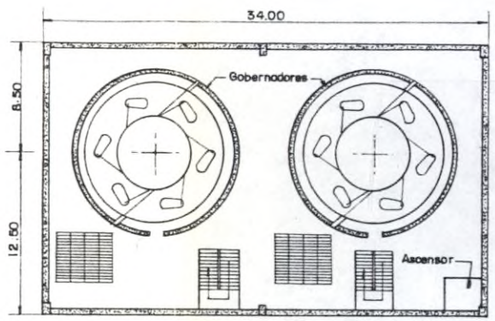
PLANTA NIVEL 1303.25
ESCALA 1:500



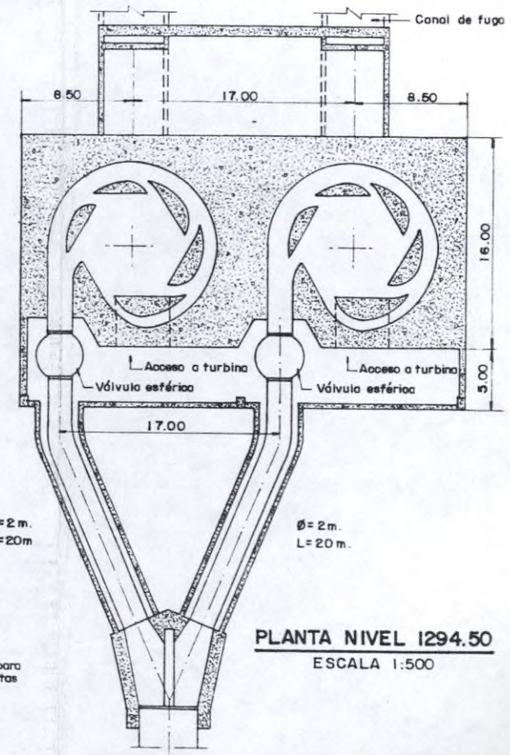
LOCALIZACION
ESCALA 1:2500



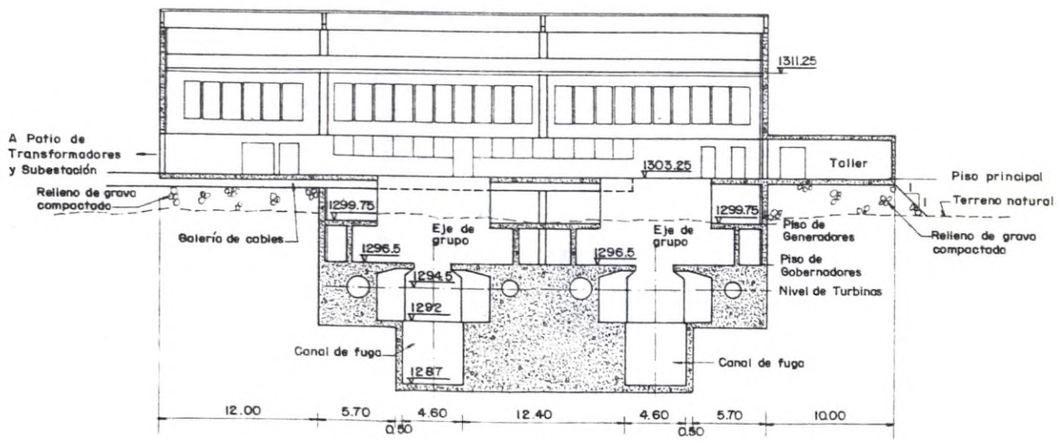
PLANTA NIVEL 1299.75
ESCALA 1:500



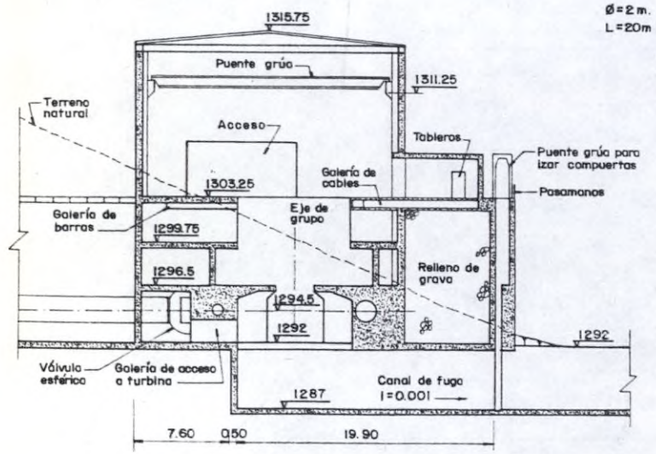
PLANTA NIVEL 1296.50
ESCALA 1:500



PLANTA NIVEL 1294.50
ESCALA 1:500



CORTE A-A
ESCALA 1:500



CORTE B-B
ESCALA 1:500

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.

PROYECTO PAEZ - LA PLATA

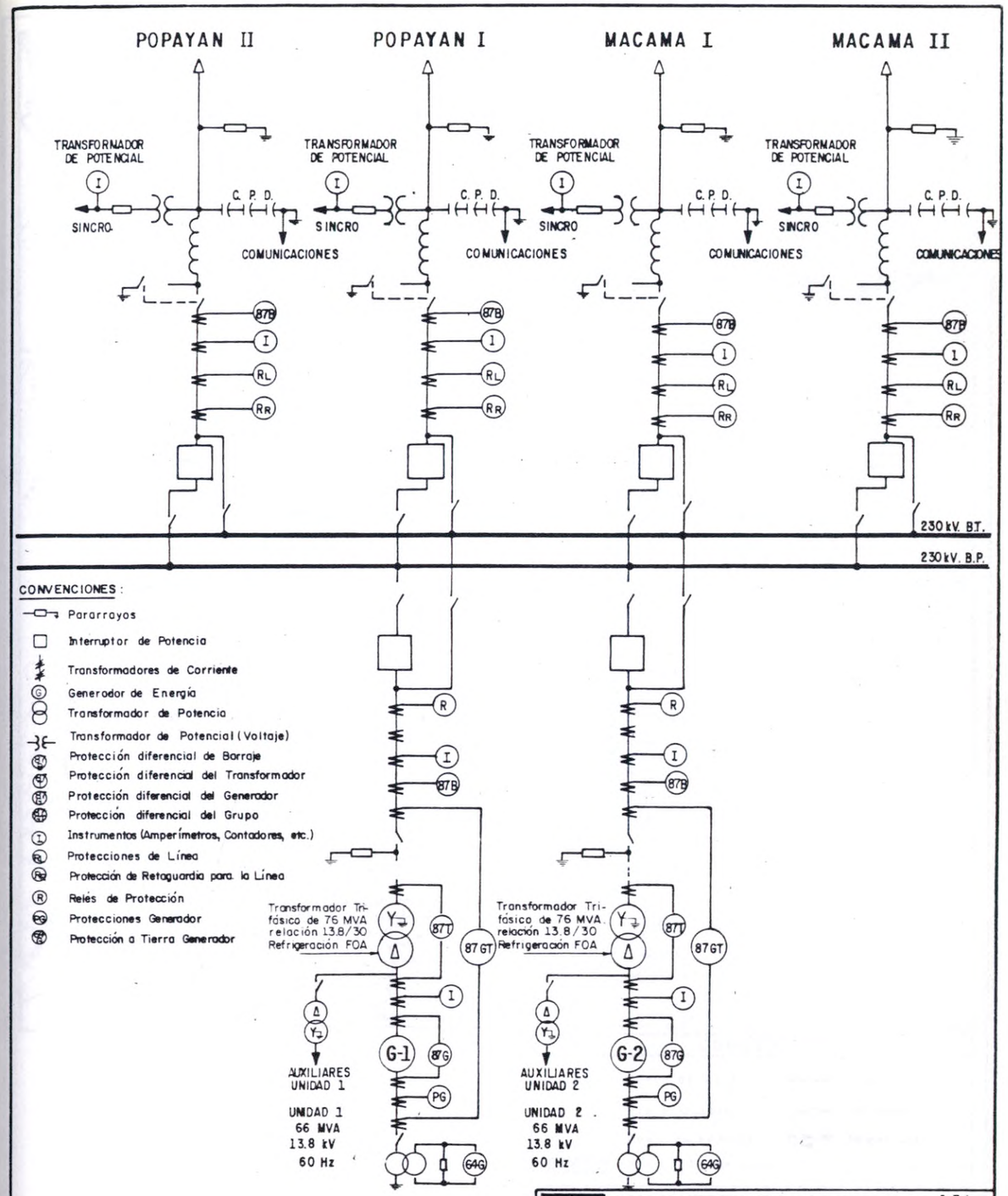
PROYECTO PIEDRA GRANDE

CASA DE MAQUINAS - PLANTA Y CORTES

Diseñó:	Calculó:	Presentó:
Dibujó: R. V. B.	Revisó:	Aprobó:
consultoría colombiana	Escala: Indicadas	consultores civiles e hidráulicos
	Fecha: Abril - 83	

BIBLIOTECA

FIGURA 14



NOTA :

OTROS TIPOS DE DISPOSICION COMO: BARRAJE SECCIONADO, DOBLE BARRAJE, INTERRUPTOR Y MEDIO, ETC... SE DEBERAN ESTUDIAR DURANTE LAS ETAPAS POSTERIORES.

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.

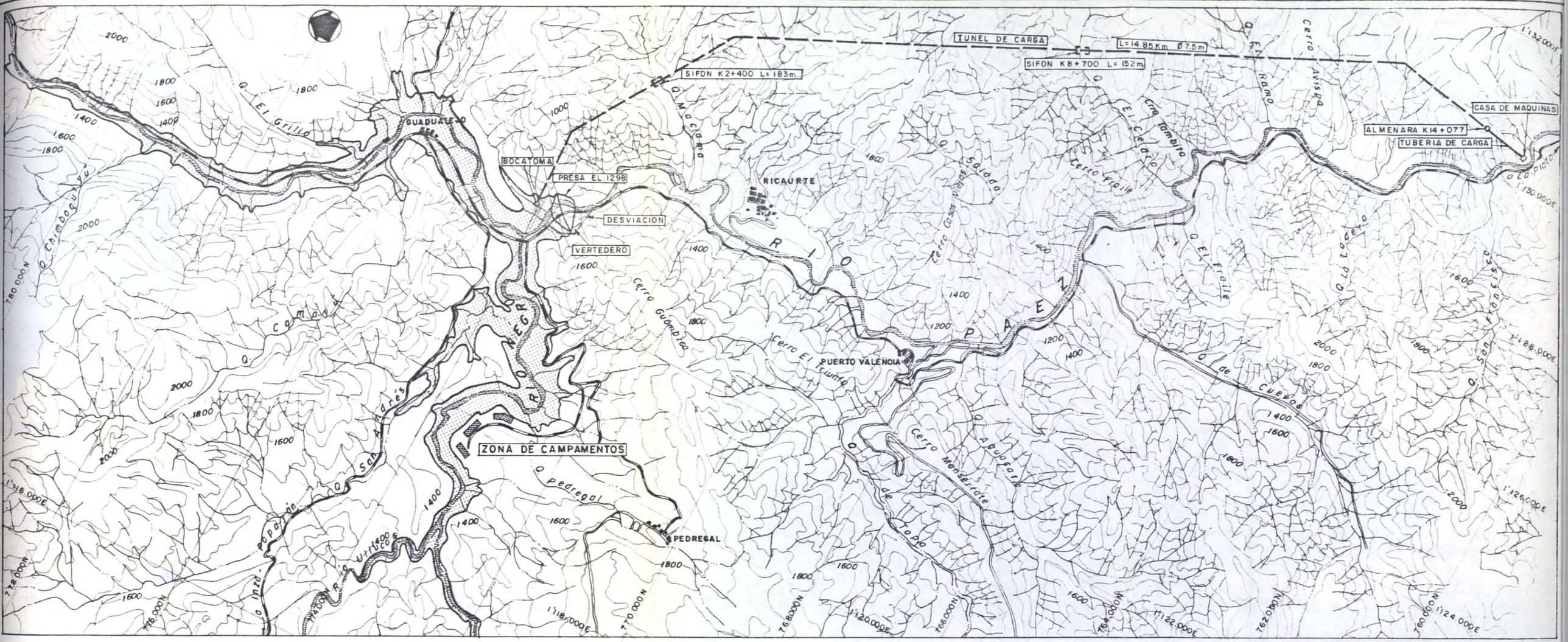
PROYECTO PAEZ - LA PLATA

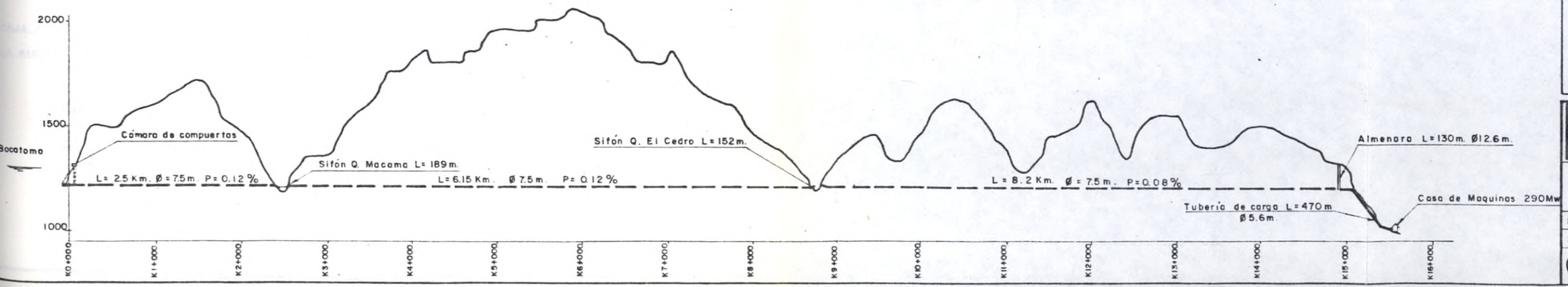
PROYECTO PIEDRA GRANDE

DIAGRAMA UNIFILAR DEL PATIO DE CONEXIONES

Diseño:	Calculo:	Presento:
Dibujó:	Revisó:	Aprobó:
consultoría colombiana	Escala	consultores civiles e hidráulicos
	Fecha:	

FIGURA 15





CONVENCIONES

- Curva de nivel
- Río o Quebrada
- Zona de embalse
- Zona campamentos
- Trazo de tunel
- Carretera
- Poblaciones

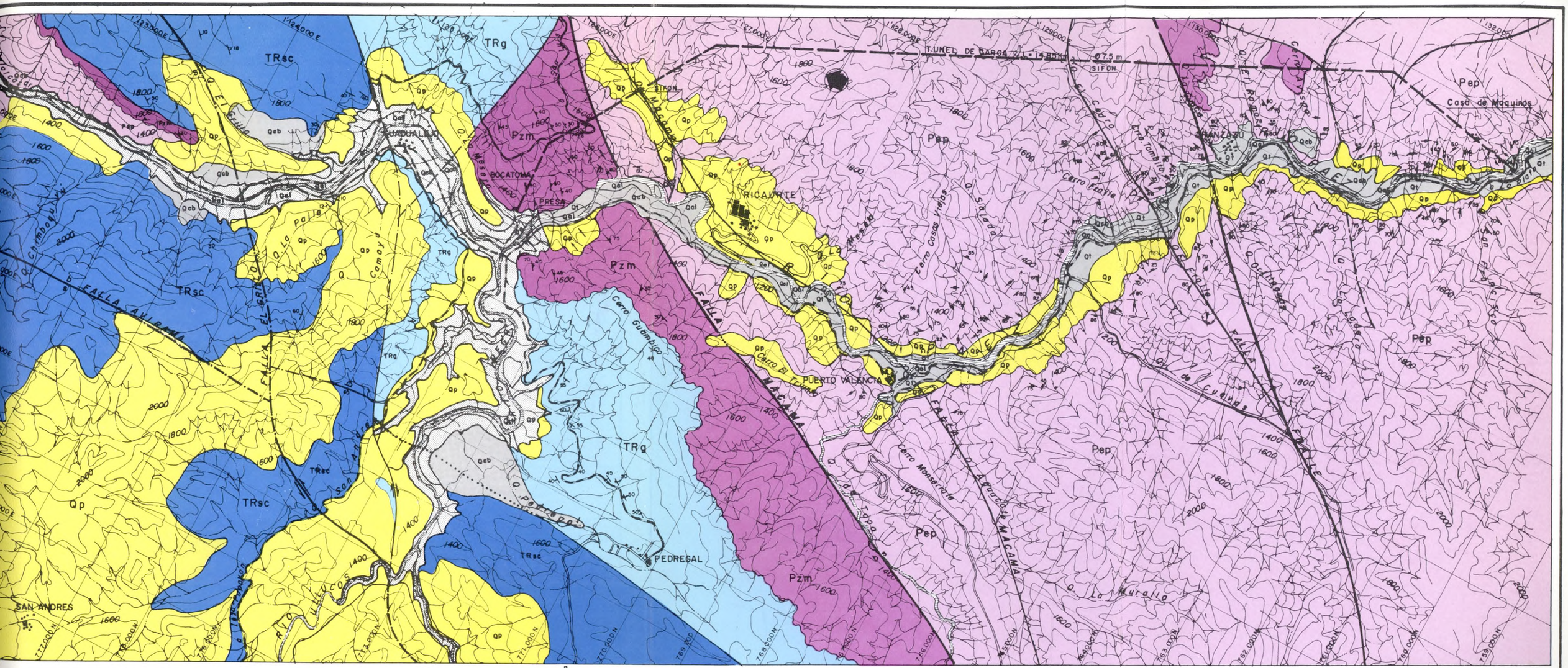
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.
PROYECTO PAEZ - LA PLATA

PROYECTO MACAMA

LOCALIZACION DE LAS OBRAS Y PERFIL DEL PROYECTO

Diseñó:	Calculó:	Presentó:
Dibujó: N.B.A.	Revisó:	Aprobó:
consultoría colombiana	Escala: 1:50.000	consultores civiles e hidráulicos
	Fecha: Abril - 83	

FIGURA 16



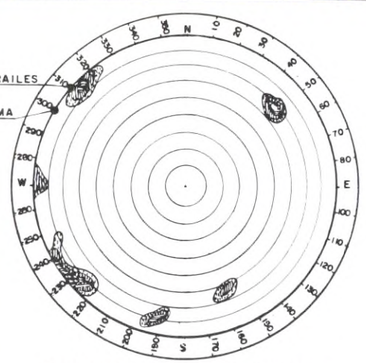
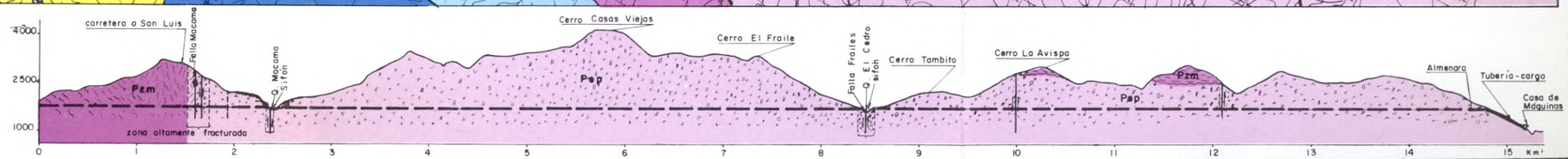


DIAGRAMA POLAR DE DIACLASAS

5%
4%
3%
2%
420 POLOS



CORTE GEOLOGICO K - K' A TRAVES DEL TUNEL DE CARGA

0 500 1000 1500m.
ESCALA GRAFICA

CONVENCIONES LITOLOGICAS

Pep — Macizo de la Plata. (neises - granitos - gabros).	Tsc — Formación Coquiyú. (shale - limos - chert - calizas - areniscas con cataclasis fuerte a incipiente.
Pzm — Complejo de Macama. (esquistos - cuarcitas - tobas ignimbriticas - metabasaltos)	Qp — Piroclastos del Páez.
TRc — Conglomerado del Guambico. (aglomerado en la base - areniscas - limos intercalado niveles conglomeraticos.	Qt - Qd Qal - Qcb — Sedimentos recientes: terrazas aluviales, derrubios, aluviónes y coluviónes.

CONVENCIONES ESTRUCTURALES

Contacto geológico definido.	25 Rumbo y buzamiento de las capas.
Contacto geológico inferido.	45 Rumbo y buzamiento de foliación.
Contacto geológico probable.	Diaclasa vertical.
Contacto geológico discordante.	Zona de deslizamiento. activo.
Falla geológica. cubierta.	Zona de influencia cataclastica y milonitas.
Borde de terraza.	Traza de tunel.
Falla direccional (s = sube b = baja)	Río o quebrada
Fractura por accion de falla.	Carretera.
40 Rumbo y buzamiento de diaclasa.	Caserío o población

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.

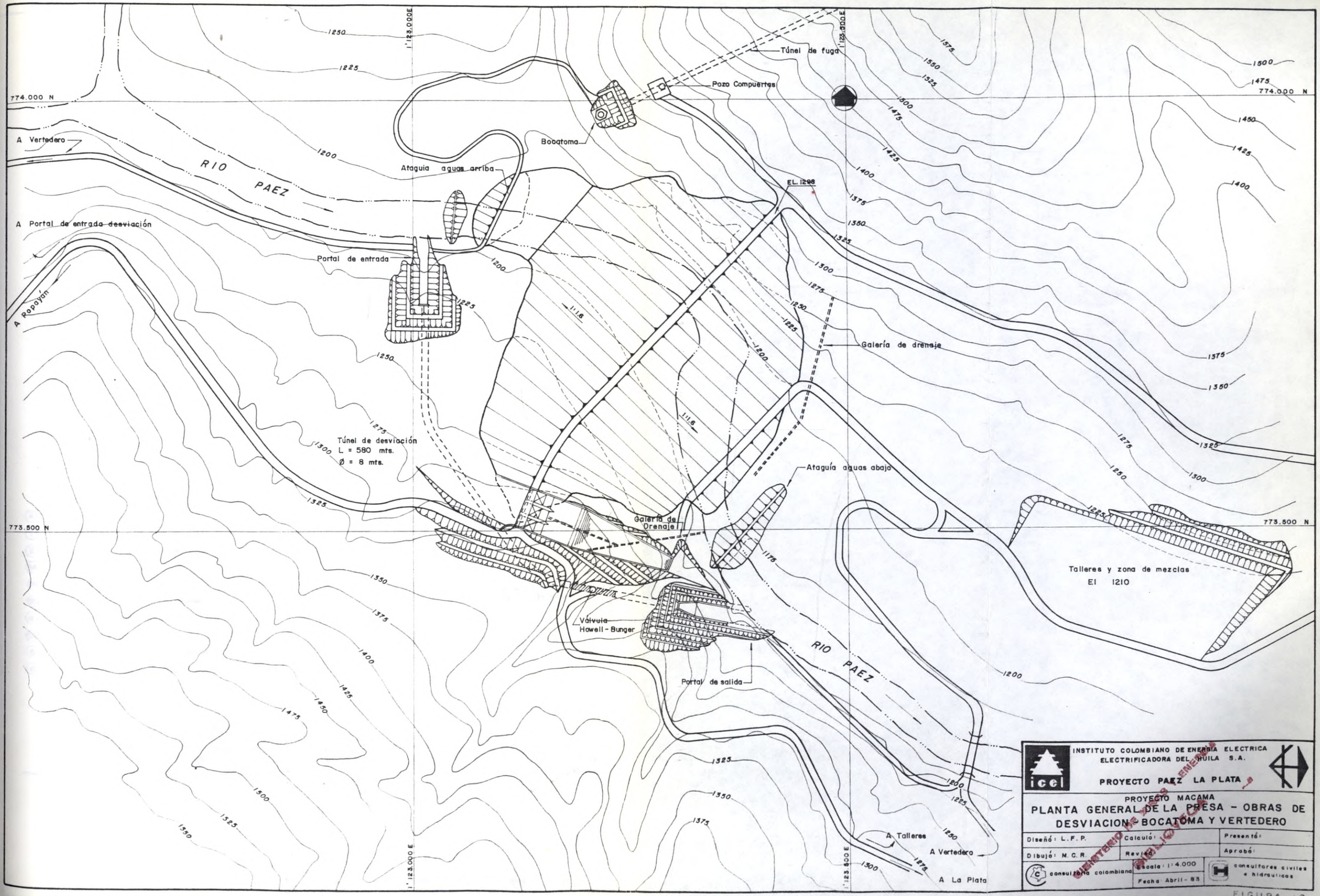
PROYECTO PAEZ - LA PLATA

PROYECTO MACAMA

GEOLOGIA . REGIONAL

Diseñó:	Calculó:		Presentó:
Dibujó: N.B.A.	Revisó:		Aprobó:
CONSULTORIA COLOMBIANA	Escala: Grafica	Fecha: Febrero-83	CONSULTORES CIVILES E HIDRAULICOS
	PLANO No. DE		

FIGURA 17



INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.

PROYECTO PAEZ LA PLATA

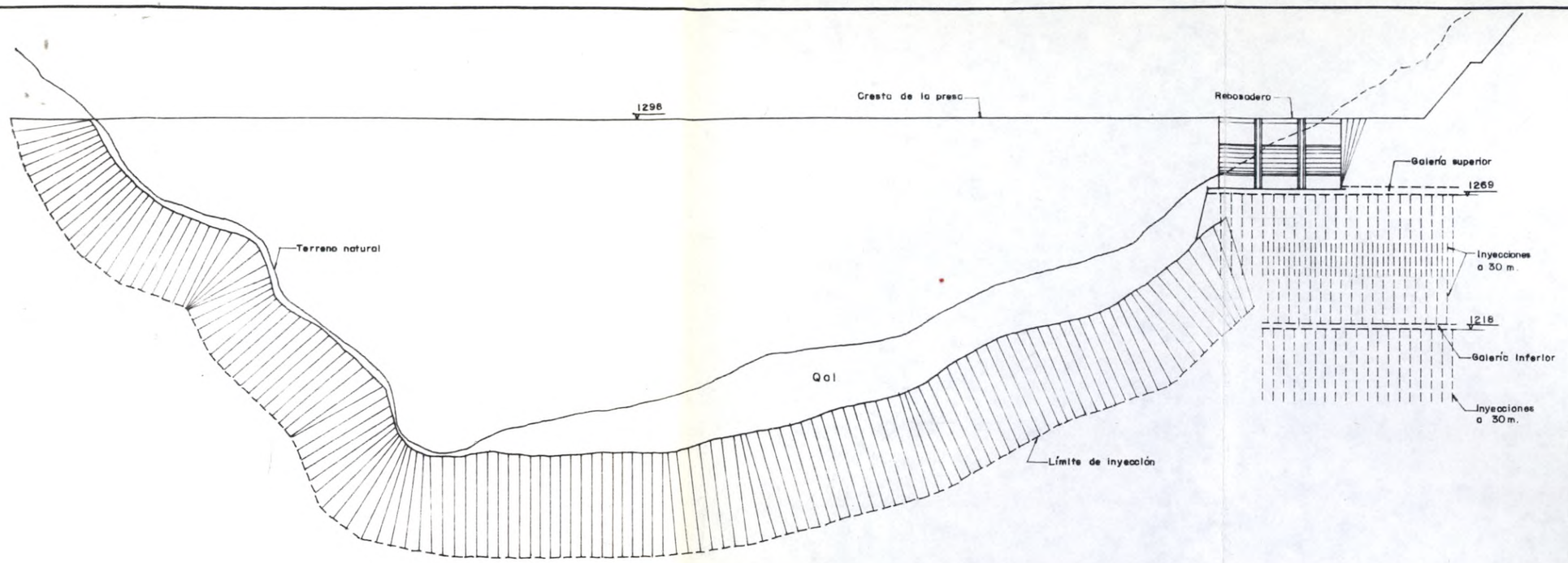
PROYECTO MACAMA

PLANTA GENERAL DE LA PRESA - OBRAS DE DESVIACION - BOCATOMA Y VERTEDERO

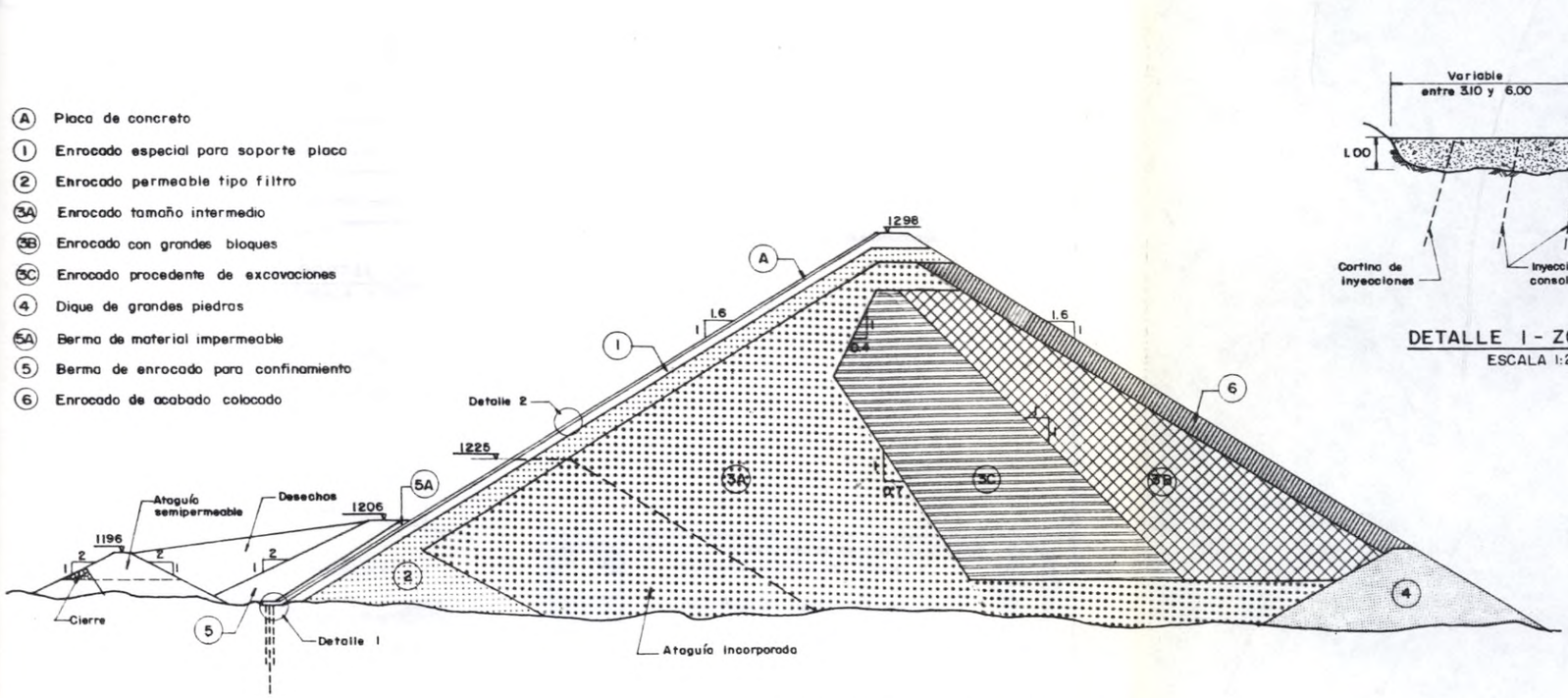
Diseñó: L.F.P.	Calculó:	Presentó:
Dibujó: M.C.R.	Revisó:	Aprobó:
consultoría colombiana	Escala: 1:4.000	consultores civiles e hidráulicos
	Fecha Abril - 83	

MIEMBRO DE LA SOCIEDAD COLOMBIANA DE INGENIEROS

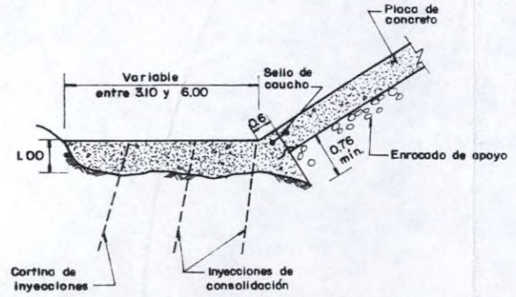
FIGURA 18



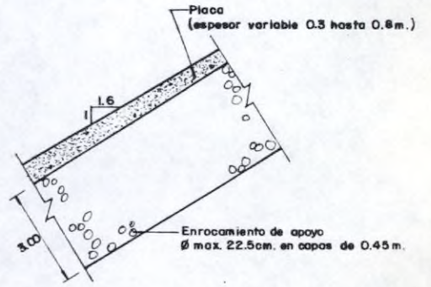
CORTE LONGITUDINAL PRESA MACAMA
ESCALA 1:2000



CORTE TRANSVERSAL PRESA MACAMA
ESCALA 1:2000



DETALLE 1 - ZOCALO
ESCALA 1:200



DETALLE 2
ESCALA 1:200

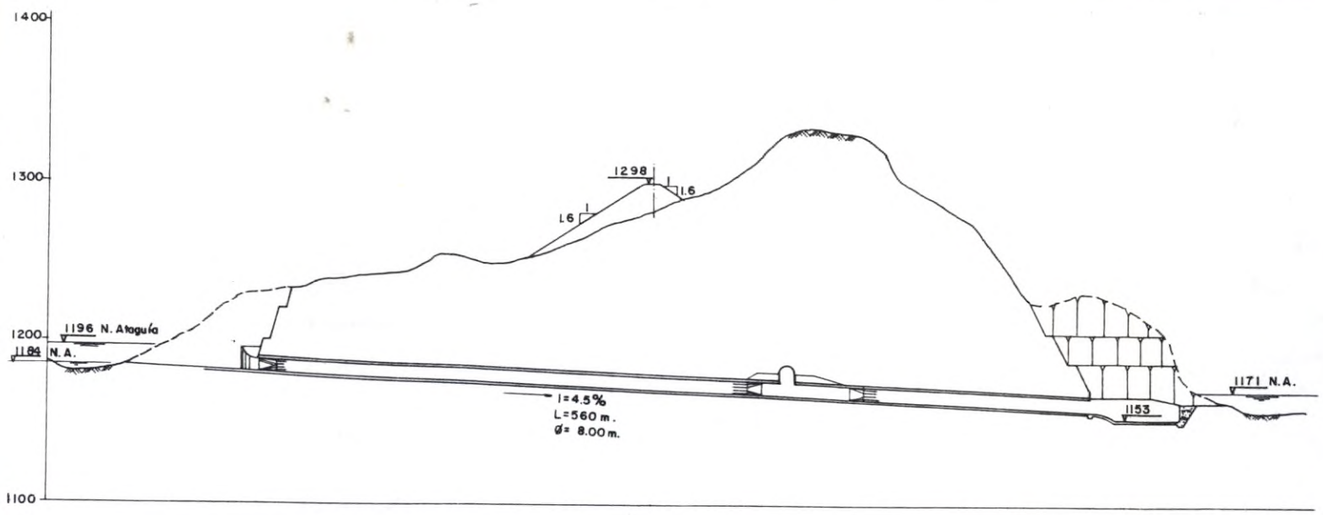
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S. A.
PROYECTO PAEZ - LA PLATA

PROYECTO MACAMA

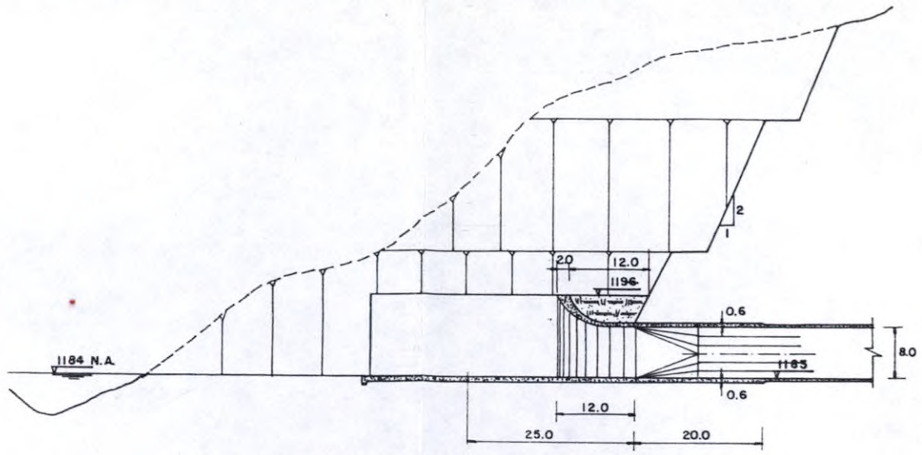
CORTES DE LA PRESA - GALERIAS

Diseñó:	Calculó:	Presentó:
Dibujó: R.V.B.	Revisó:	Aprobó:
consultoría colombiana	Escala: Indicadas Fecha: Abril -83	consultores civiles e hidráulicos

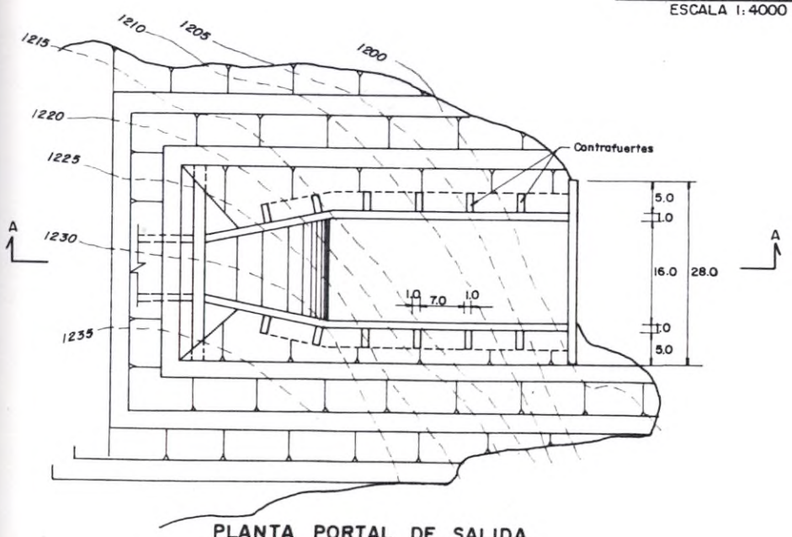
FIGURA 19



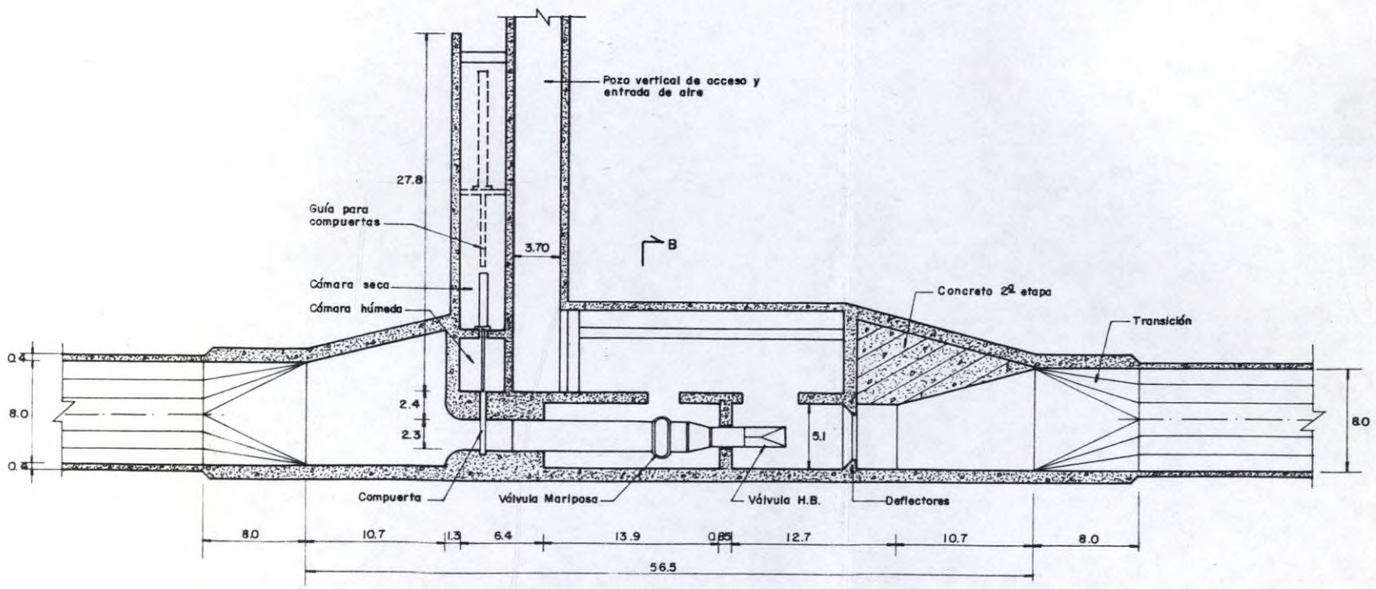
TUNEL DE DESVIACION
ESCALA 1:4000



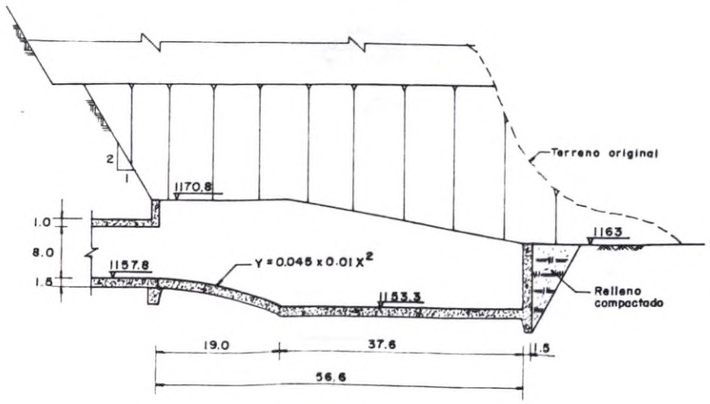
PERFIL PORTAL DE ENTRADA
ESCALA 1:1000



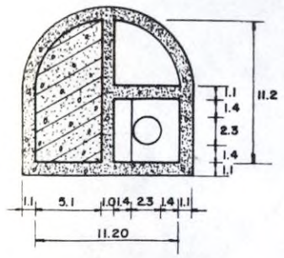
PLANTA PORTAL DE SALIDA
ESCALA 1:1000



DESCARGADOR DE FONDO
ESCALA 1:500



CORTE A-A
ESCALA 1:1000



CORTE B-B
ESCALA 1:500

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.

icel

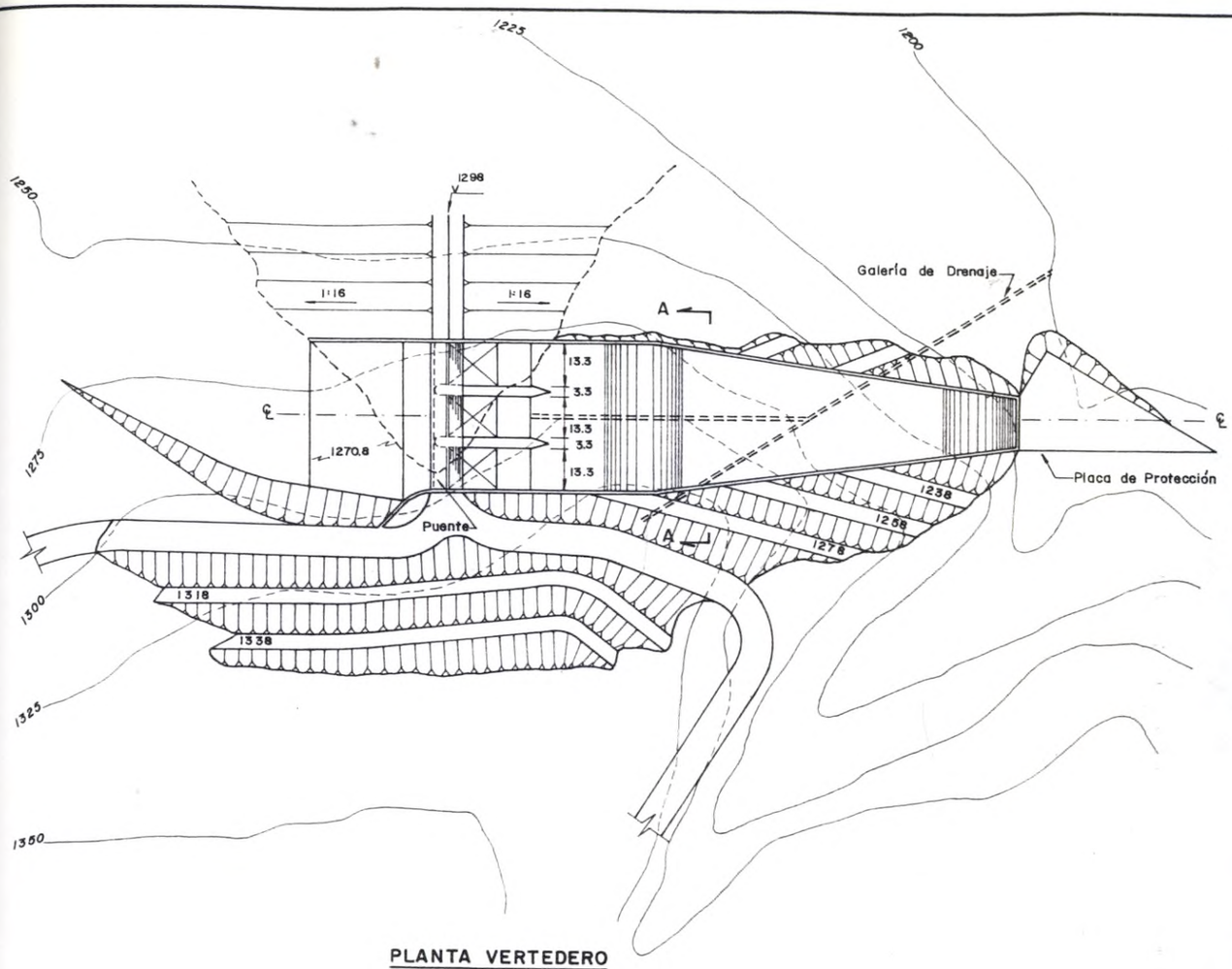
PROYECTO PAEZ – LA PLATA

PROYECTO MACAMA

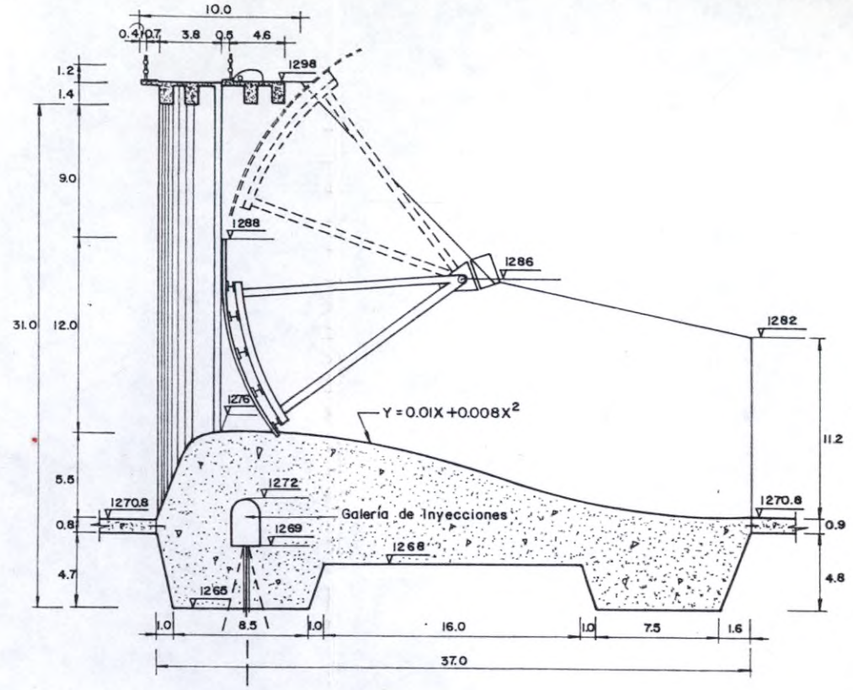
DESVIACION DESCARGA DE FONDO PLANTA Y PERFILES

Diseñó:	Calculó:	Presentó:
Dibujó: R.V.B.	Revisó:	Aprobó
consultoría colombiana	Escala: Indicadas	consultores civiles e hidráulicos
	Fecha: Abril – 83	

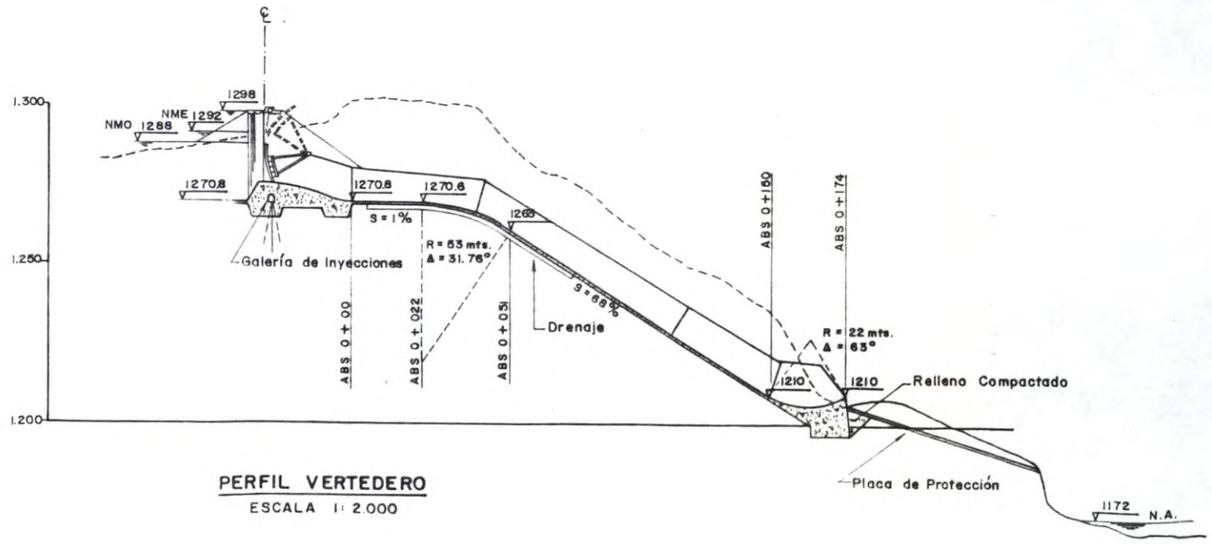
FIGURA 20



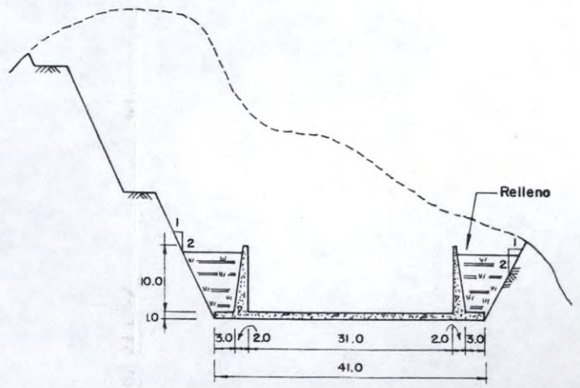
PLANTA VERTEDERO
ESCALA 1:2.000



DETALLE CRESTA
ESCALA 1:400



PERFIL VERTEDERO
ESCALA 1:2.000



CORTE A-A
ESCALA 1:1000

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.

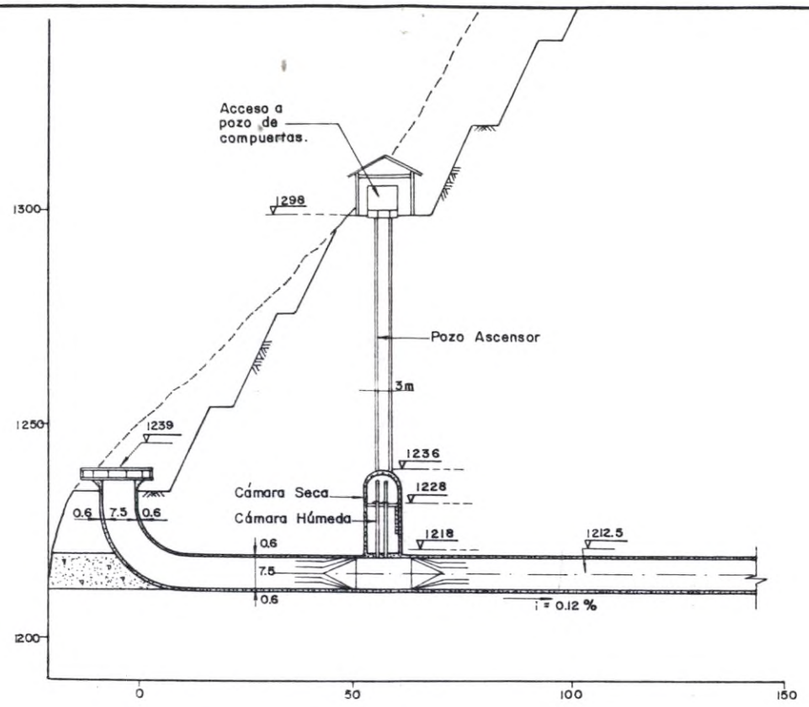
PROYECTO PAEZ LA PLATA

PROYECTO MACAMA

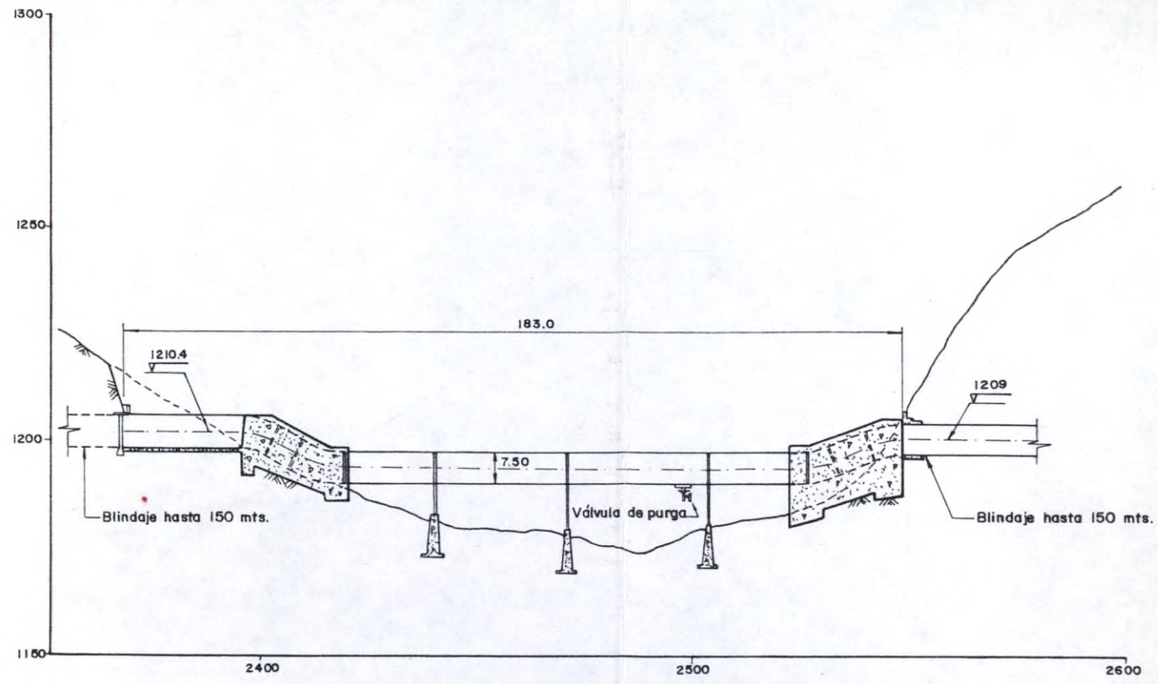
REBOSADERO PLANTA - PERFIL Y DETALLES

Diseñó: L.F.P.	Calculó:	Presentó:
Dibujó: M.C.R.	Revisó:	Aprobó:
consultoría colombiana	Escala: Indicadas	consultores civiles e hidráulicos
	Fecha: Abril - 85	

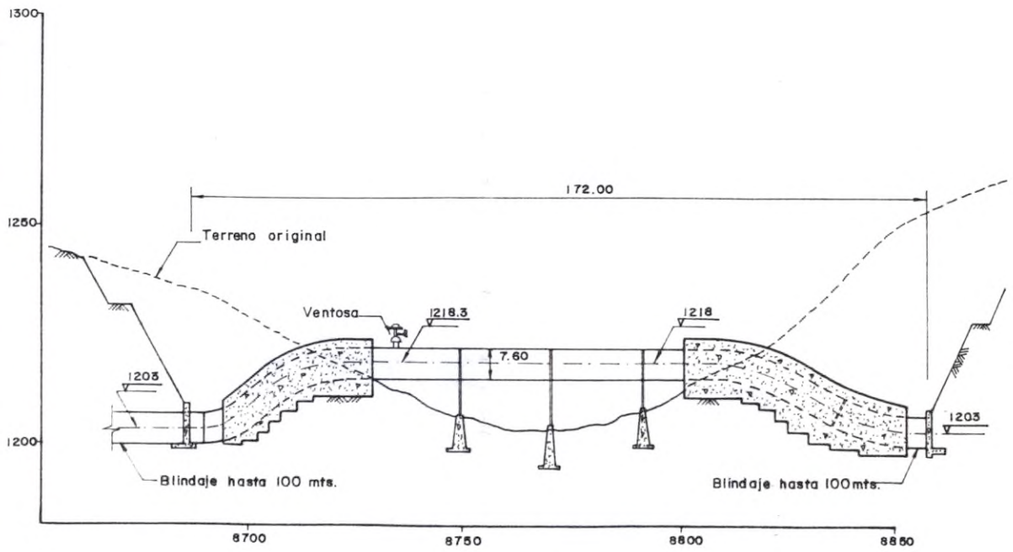
FIGURA 21



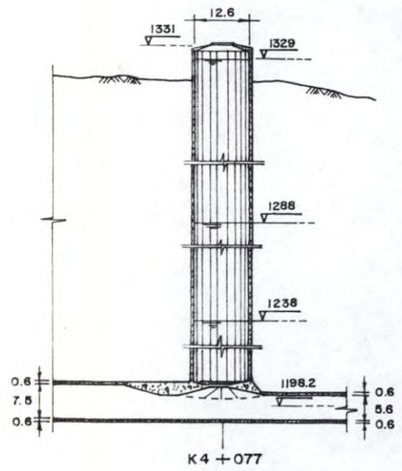
BOCATOMA
ESCALA 1:1.500



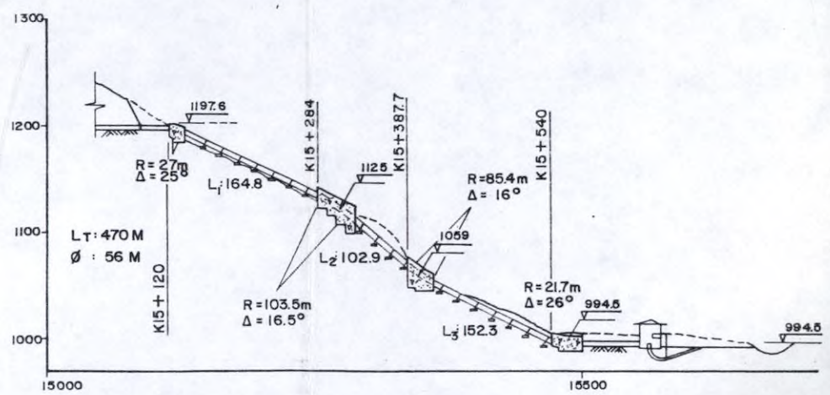
SIFON Q. MACAMA
ESCALA 1:1.500



SIFON Q. EL CEDRO
ESCALA 1:1.500



ALMENARA
ESCALA 1:1.500



TUBERIA DE PRESION
ESCALA 1:6000

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.

PROYECTO PAEZ - LA PLATA

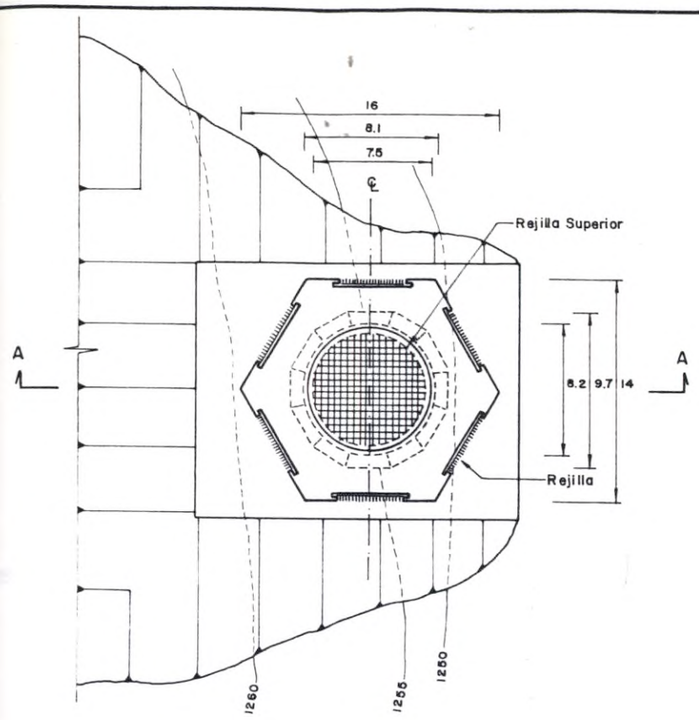
PROYECTO MACAMA

BOCATOMA PERFIL - SIFONES Y ALMENARA

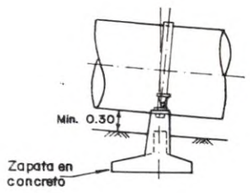
Diseñó:	Calculó:	Presentó:
Dibujó: M.C.R.	Revisó:	Aprobó:
consultoría colombiana	Escala: Indicadas	consultores civiles e hidráulicos
	Fecha: Abril - 85	

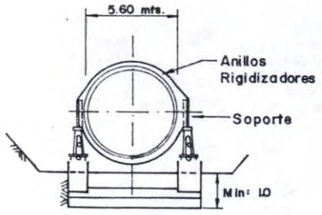
SUBSIDIO DE MINAS Y ENERGIA BIBLIOTECA

FIGURA 22

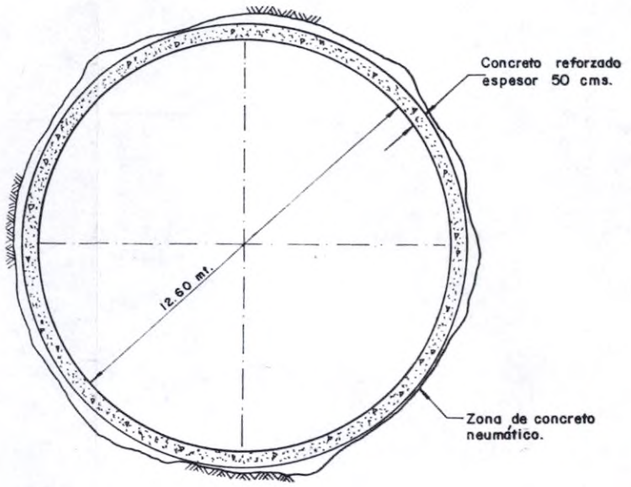


PLANTA BOCATOMA
ESCALA 1:400

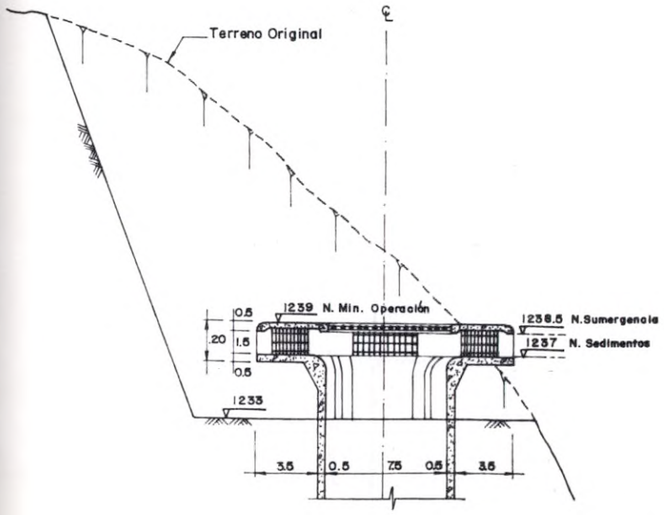




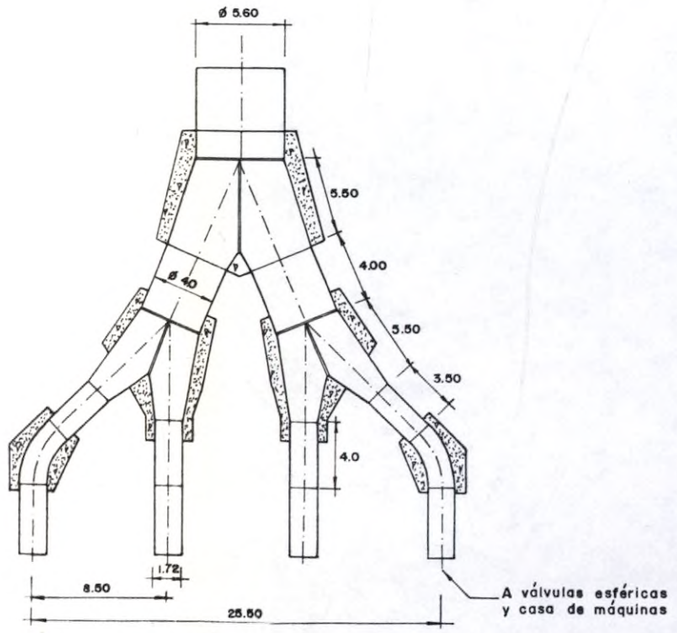
SECCION TIPICA DE SILLETAS
ESCALA 1:400



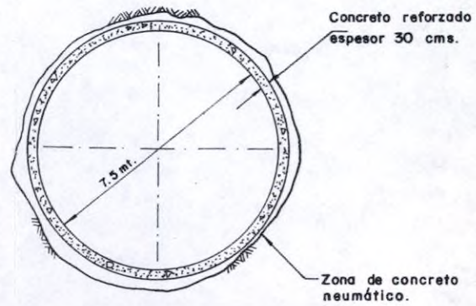
SECCION ALMENARA
ESCALA 1:200



CORTE A-A
ESCALA 1:400



DETALLE DISTRIBUIDOR
ESCALA 1:400



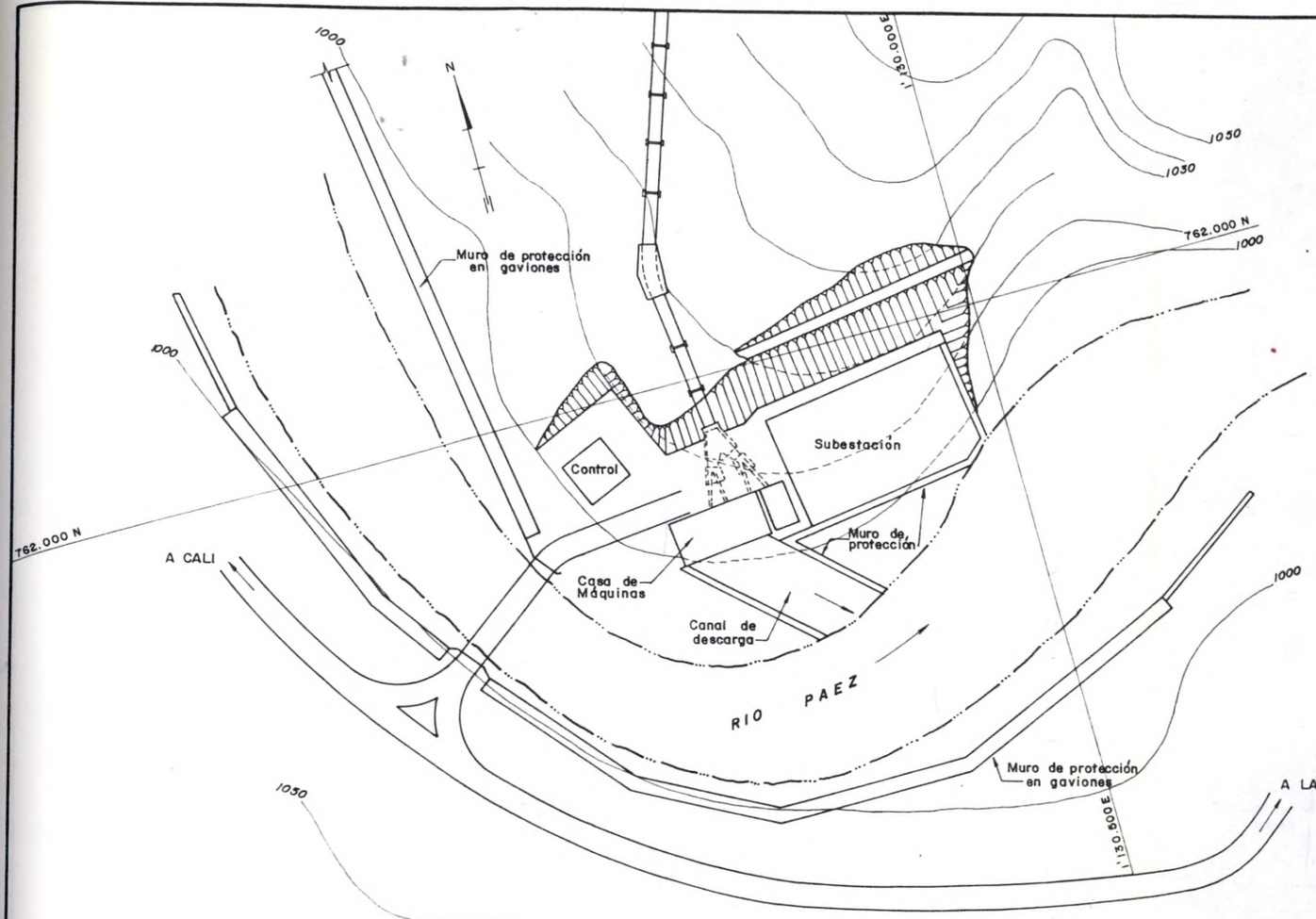
SECCION TUNEL DE CARGA
ESCALA 1:200

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.
PROYECTO PAEZ LA PLATA

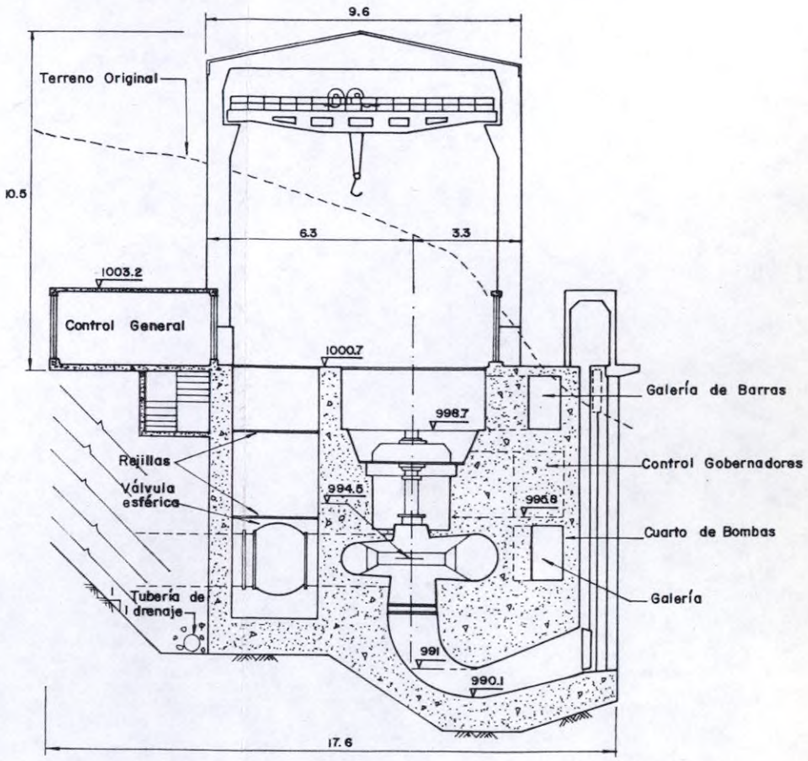
PROYECTO MACANA
BOCATOMA DETALLES Y SECCIONES DE TUBERIA DE CARGA

Diseñó:	Calculó:	Presentó:
Dibujó: M.C.R.	Revisó:	Aprobó:
consultoria colombiana	Escala: indicadas Fecha: Abril - 83	consultores civiles e hidráulicos

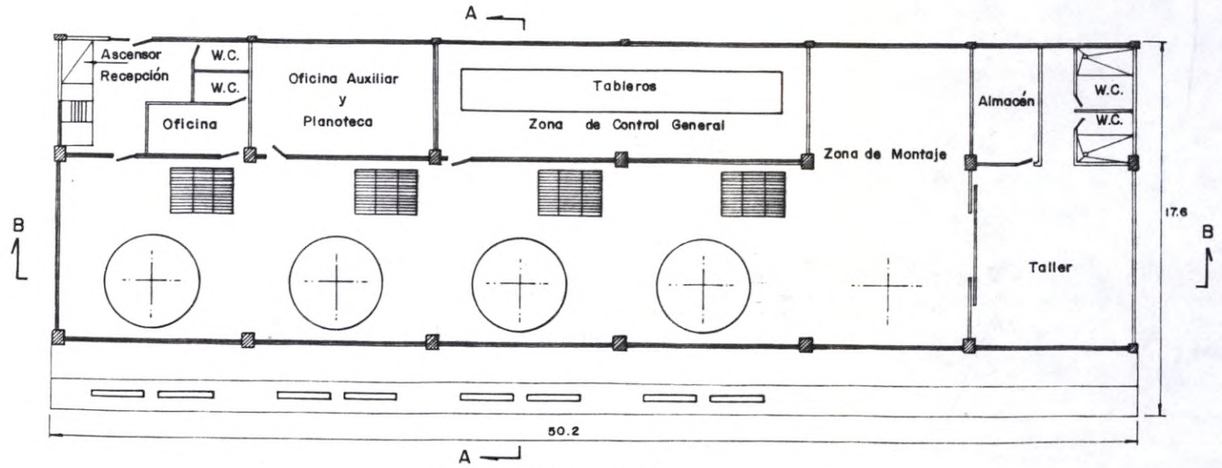
FIGURA 23



PLANTA GENERAL CASA DE MAQUINAS
ESCALA 1: 2.500



CORTE A-A
ESCALA 1: 200



CORTE NIVEL 1000.7
ESCALA 1:300

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.

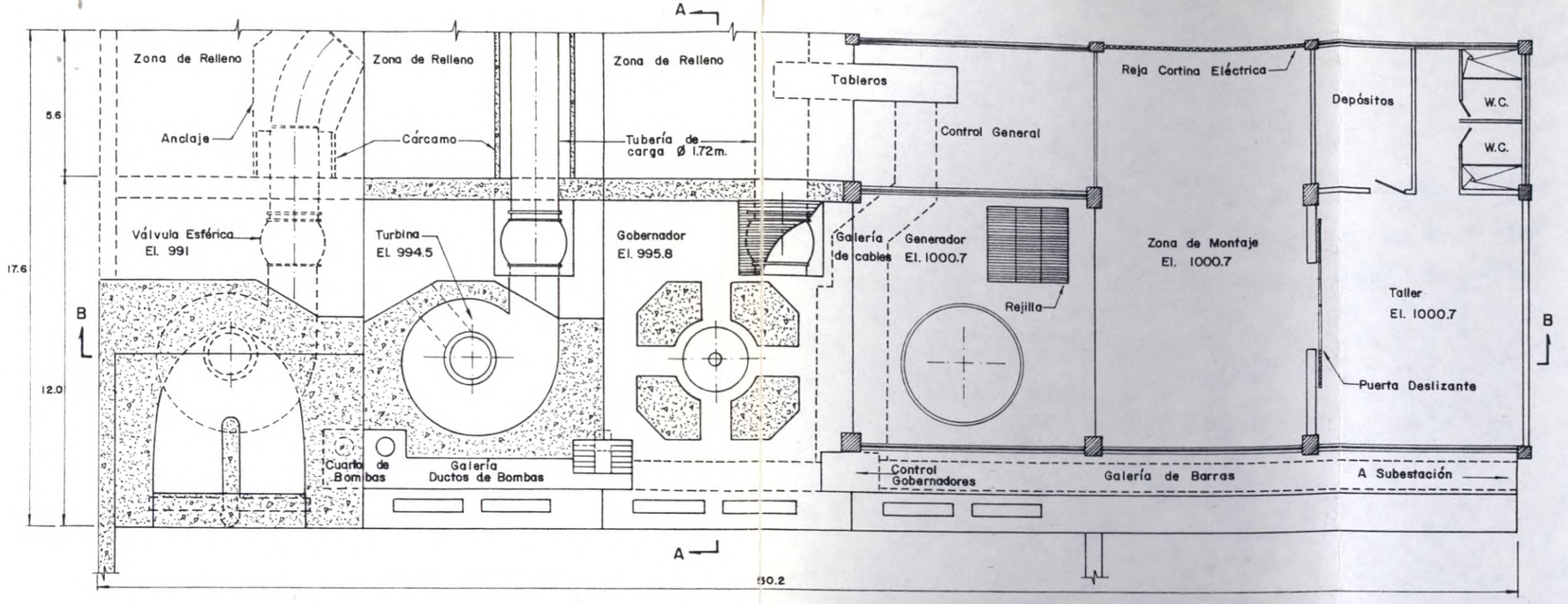
PROYECTO PAEZ LA PLATA

PROYECTO MACAMA

CASA DE MAQUINAS-PLANTAS Y PERFIL

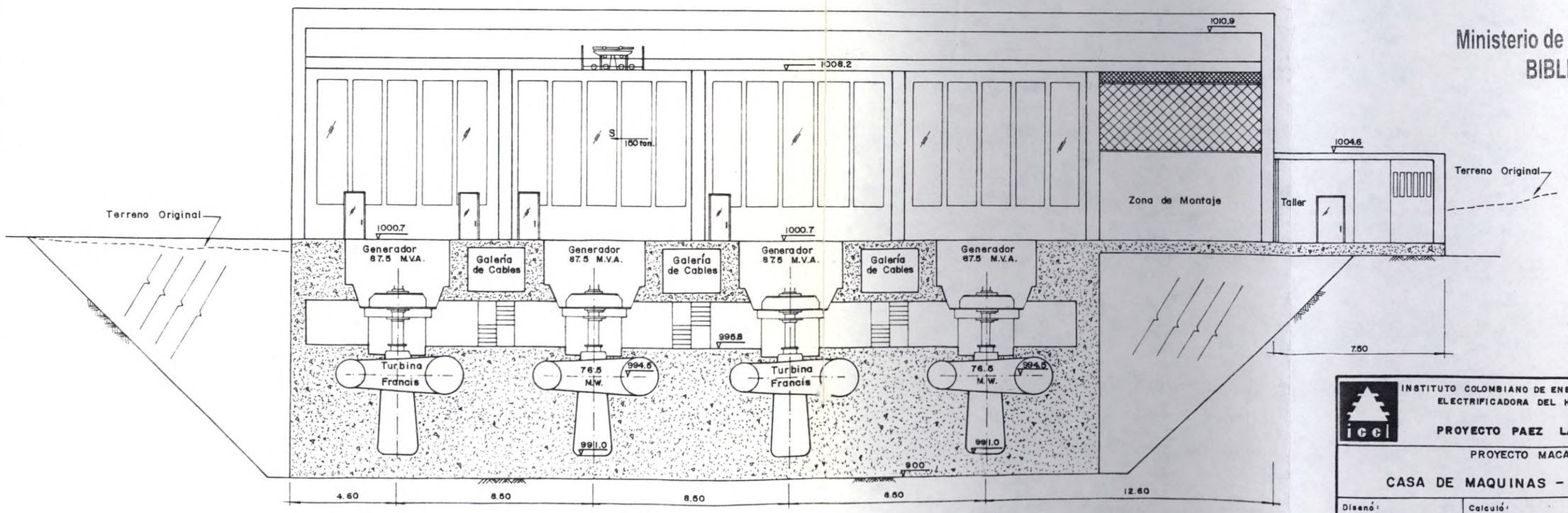
Diseñó: L. F. P.	Calculó:	Presentó:
Dibujó: M. C. R.	Revisó:	Aprobó:
consultoría colombiana	Escala: Indicadas	consultores civiles e hidráulicos
	Fecha: Abril / 83	

FIGURA 24



PLANTA A LOS NIVELES 991 - 994.5 - 995.8 - 1000.7

ESCALA 1:200



CORTE B-B

ESCALA 1:200

Ministerio de Minas y Energía
BIBLIOTECA

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.

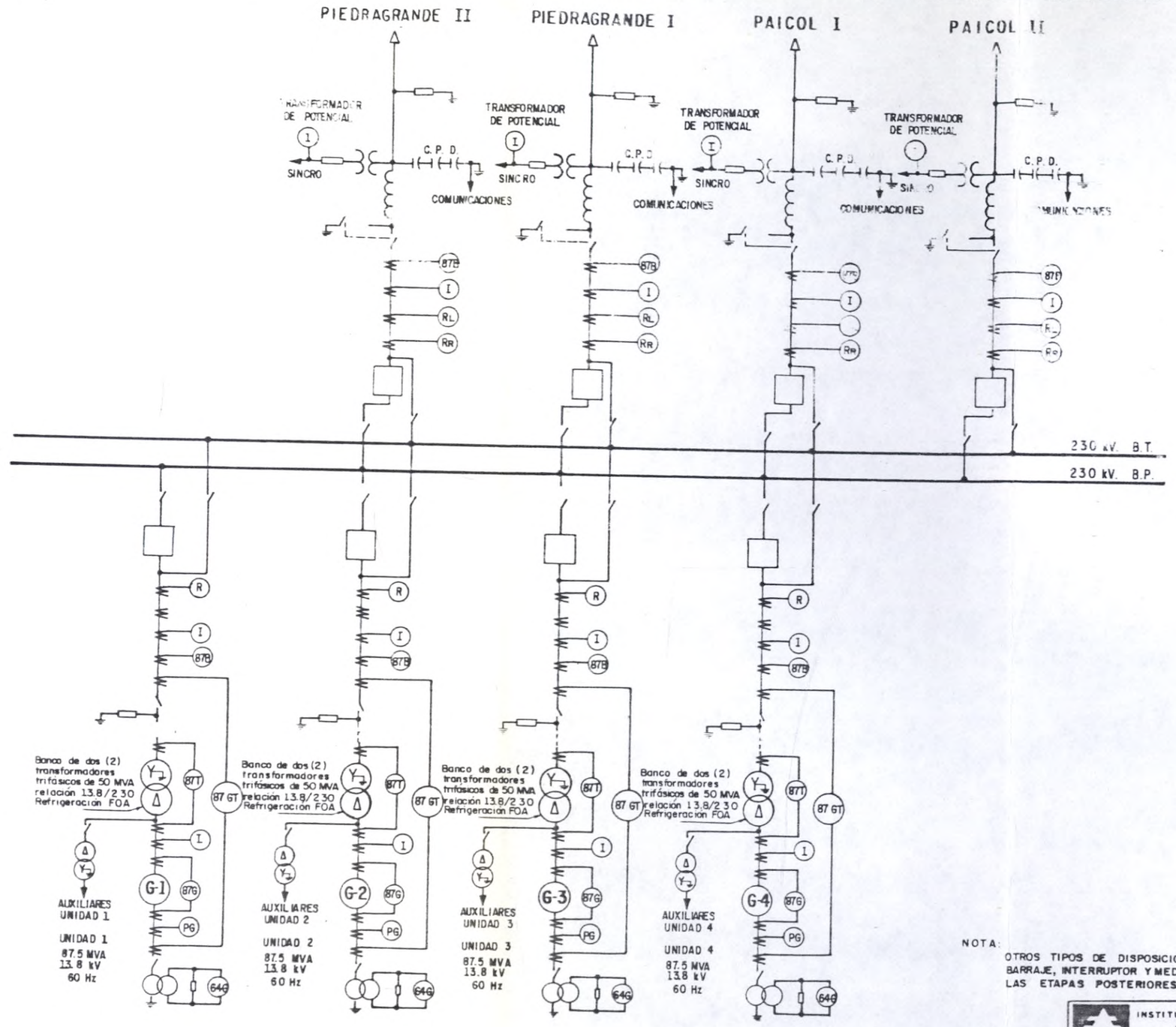
PROYECTO PAEZ LA PLATA

PROYECTO MACAMA

CASA DE MAQUINAS - CORTE

Diseñó:	Calculó:	Presentó:
Dibujó: M.C.R.	Revisó:	Aprobó:
consultoria colombiana	Escala: 1:200	consultores civiles e hidraulicos
	Fecha: Abril - 85	

FIGURA 25



CONVENCIONES :

- Pararrayos
- Interruptor de Potencia
- Transformadores de Corriente
- Generador de Energía
- Transformador de Potencia
- Transformador de Potencial (Voltaje)
- Protección diferencial de Barraje
- Protección diferencial del Transformador
- Protección diferencial del Generador
- Protección diferencial del Grupo
- Instrumentos (Amperímetros, Contadores, etc.)
- Protecciones de Línea
- Protección de Retaguardia para la Línea
- Relés de Protección
- Protecciones Generador
- Protección a Tierra Generador

NOTA:

OTROS TIPOS DE DISPOSICION COMO: BARRAJE SECCIONADO, DOBLE BARRAJE, INTERRUPTOR Y MEDIO, ETC.... SE DEBERAN ESTUDIAR DURANTE LAS ETAPAS POSTERIORES.

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.

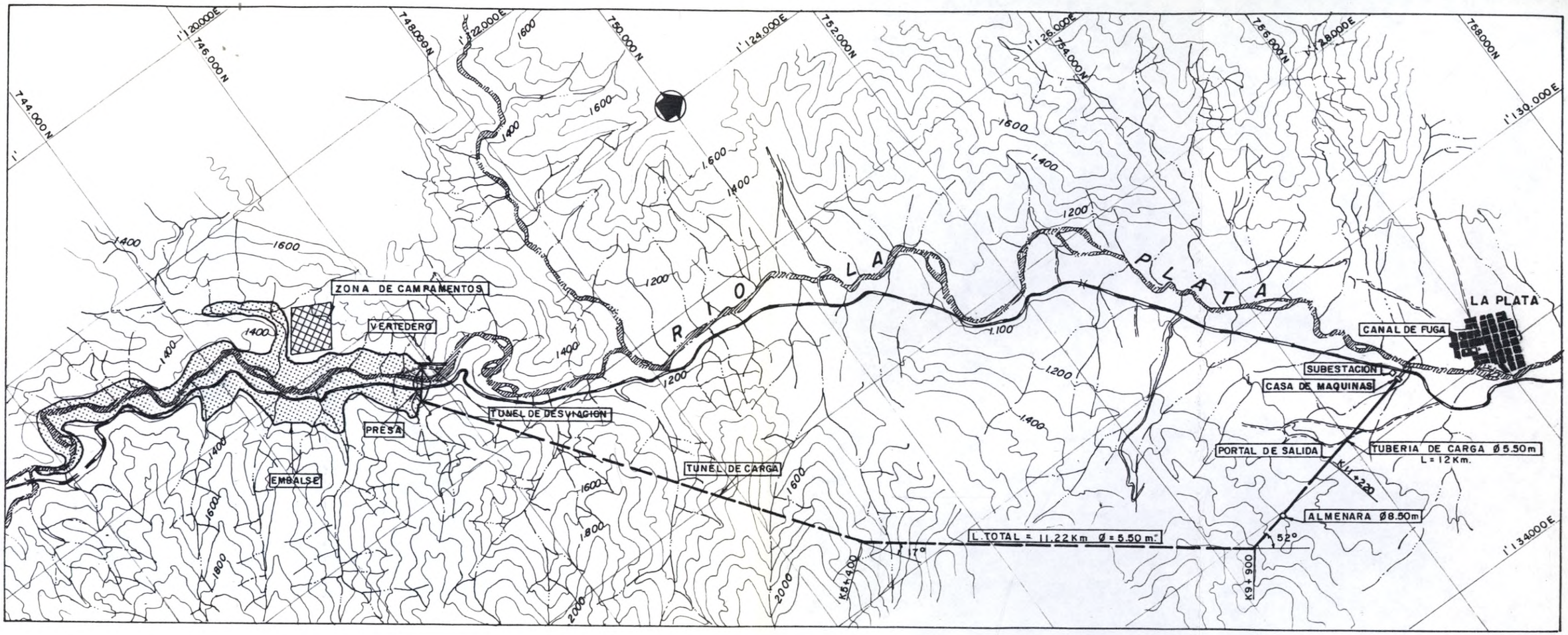
PROYECTO PAEZ - LA PLATA

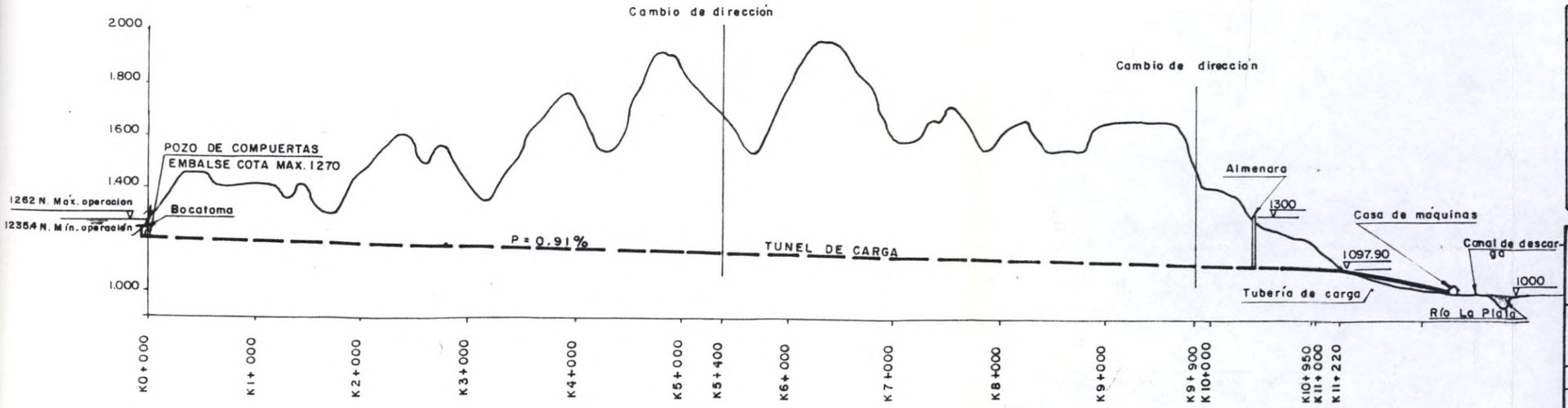
PROYECTO MACAMA

DIAGRAMA UNIFILAR DEL PATIO DE CONEXIONES

Diseño:	Calculo:	Presento:
Dibujo:	Revisó:	Aprobó:
consultoria colombiana	Escala: / Fecha:	consultores civiles e hidraulicos

FIGURA 25





CONVENCIONES

- Ríos o quebradas
- 2000 — Curva de nivel
- Trazo de túnel
- Carretera
- Zona de embalse
- Poblaciones y caseríos.

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.

icel

PROYECTO PAEZ - LA PLATA

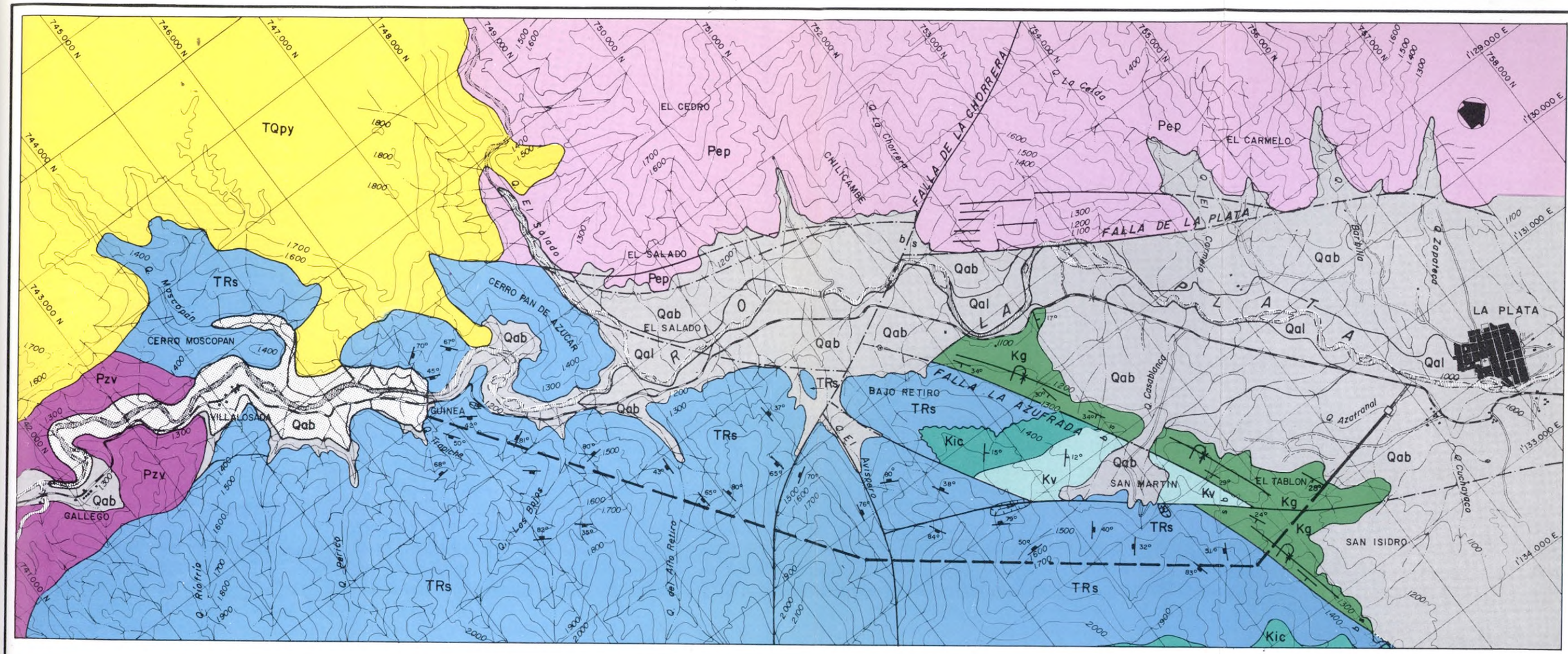
PROYECTO GUINEA

LOCALIZACION DE LAS OBRAS Y PERFIL DEL PROYECTO

Diseñó:	Calculó:	Presentó:
Dibujó: N.B.A.	Revisó:	Aprobó:
consultoría colombiana	Escala: 1:50.000	consultores civiles e hidráulicos
	Fecha: Abril - 83	

BIBLIOTECA

FIGURA 27



CORTE GEOLOGICO LONGITUDINAL DEL TUNEL Y TUBERIA DE CARGA

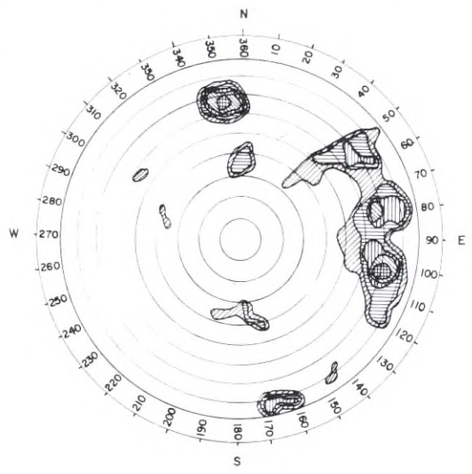


DIAGRAMA POLAR DE DIACLASAS

6 - 8%
5 %
2 %
4 %
3 %
250 polos

CONVENCIONES LITOLOGICAS

Qal	Aluviones - cantos - gravas - arenas.	Kic	Formación Caballos Areniscas.
Qab	Abanico aluvial: bloques - cantos - gravas - arenas - limos.	TRs	Formación Saldaña: ignimbritas.
TQpy	Formación Popayán: flujos de lavas - aglomerados.	Pzv	Granito gráfico de Villalosada
Kg	Formación Guadalupe: Calizas - lutitas - chert.	Pep	Complejo Migmatítico de La Plata. Granitos - neises.
Kv	Formación Villeta: Calizas - lutitas.		

CONVENCIONES ESTRUCTURALES

- Contacto geológico definido
- Discordancia.
- Falla direccional (s = Sube b = Baja)
- Falla asumida
- Sinclinal invertido
- 80° Rumbo y buzamiento de diaclasa.
- 34° Rumbo y buzamiento de las capas
- Zona de deslizamiento activo.
- Trazo de túnel

0 500 1000 1500 m.
ESCALA GRAFICA

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.
PROYECTO PAEZ LA PLATA

PROYECTO GUINEA

GEOLOGIA REGIONAL

Diseñó: H. P.	Calculó:	Presentó:
Dibujó: G.R.	Revisó:	Aprobó:
CONSULTORIA COLOMBIANA	Escala: gráfica Fecha: Abril - 83	CONSULTORES CIVILES E HIDRAULICOS
	PLANO No. DE	

FIGURA 28

Vía de acceso a vertedero y portal de salida

Túnel de acceso al descargador de fondo
L = 230 m.
S = 37.5 %
Ø = 3.0 m.

Túnel de desviación
Ø = 9.0 m.
S = 1 %

A SAN VICENTE

Zona de Talleres y Campamentos

Puente Provisional

RIO LA PLATA

A POPAYAN

Aducción

Tanque amortiguación

A LA PLATA

Ataguía aguas abajo

Zona Desechos

Ataguía aguas arriba

Control de mezclas y Talleres

VIA LA PLATA-POPAYAN (actual)

VIA LA PLATA-POPAYAN (proyectada)

Bocatoma

Caseta de acceso al Pozo de compuertas

Túnel de carga
L = 11.22 Km
S = 0.91 %
Ø = 5.5 m.

A Casa de Máquinas

A POPAYAN

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S. A.

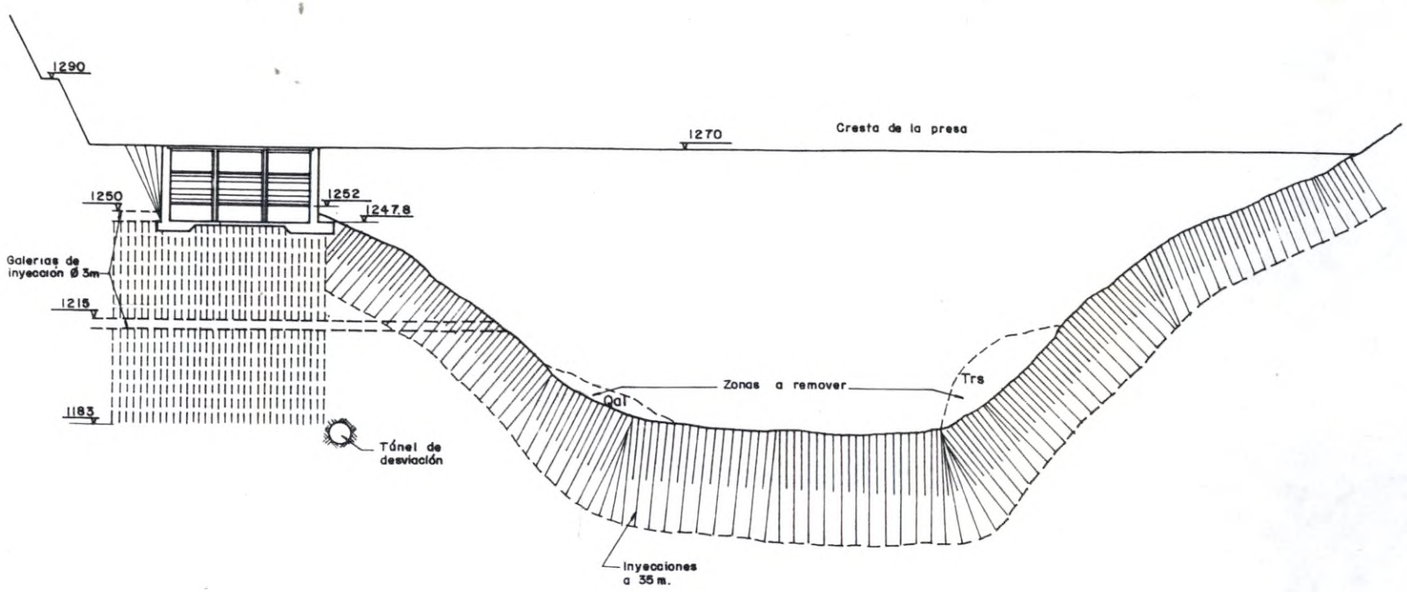
PROYECTO PAEZ LA PLATA

PROYECTO GUINEA

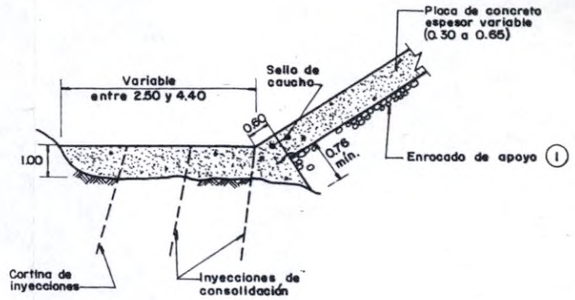
PLANTA GENERAL DE LA PRESA-ESTRUCTURA DE DESVIACION- BOCATOMA Y VERTEDERO

Diseñó:	Calculó:	Presentó:
Dibujó: M.C.R.	Revisó:	Aprobó:
consultoría colombiana	Escala: 1:4.000	consultores civiles e hidráulicos
	Fecha: Abril-85	

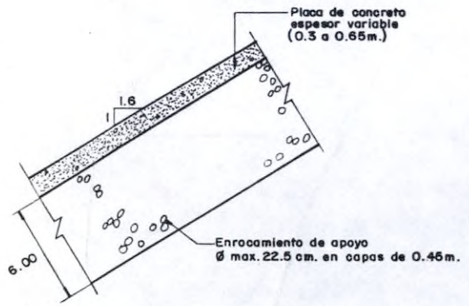
FIGURA 29



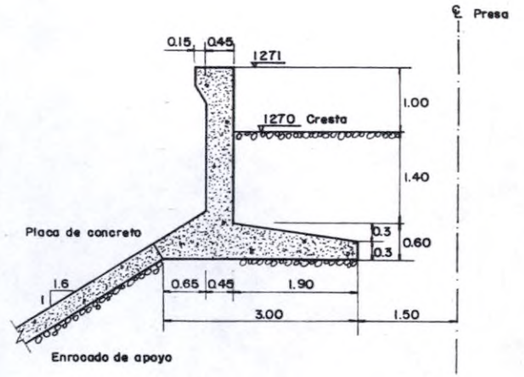
SECCION POR EL EJE DE LA PRESA
ESCALA 1:2000



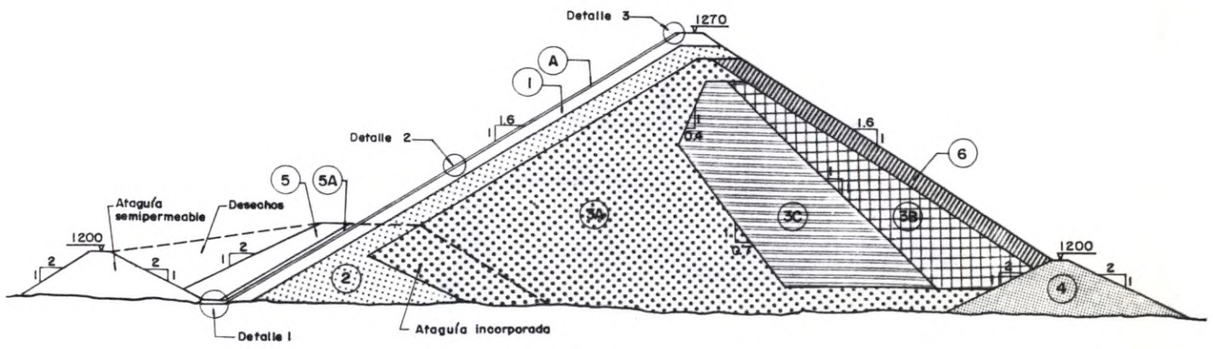
DETALLE 1 - ZOCALO
ESCALA 1:200



DETALLE 2 - PLACA-FILTRO
ESCALA 1:400



DETALLE 3 - PARAPETO
ESCALA 1:100



SECCION NORMAL AL EJE DE LA PRESA
ESCALA 1:2000

- (A) Placa de concreto
- (1) Enrocado especial para soporte de placa
- (2) Enrocado permeable tipo filtro
- (3A) Enrocado tamaño intermedio
- (3B) Enrocado con grandes bloques
- (3C) Enrocado procedente de excavaciones
- (4) Dique de piedras grandes
- (5A) Berma de material impermeable
- (5) Berma de enrocado para confinamiento
- (6) Acabado colocado

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S. A.

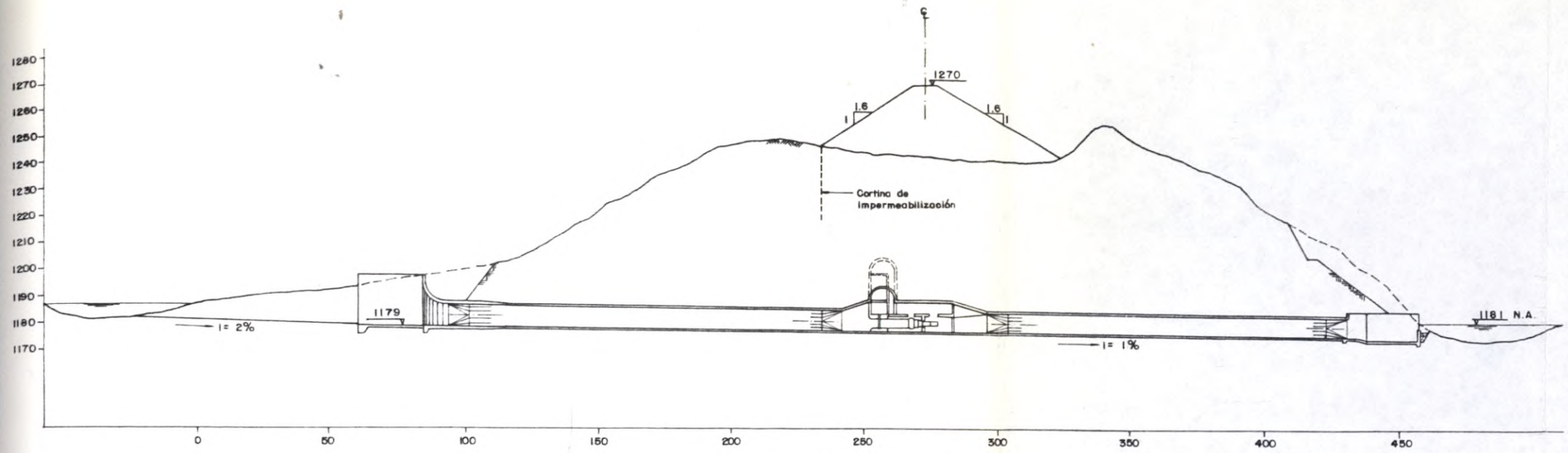
PROYECTO PAEZ - LA PLATA

PROYECTO GUINEA

CORTES DE LA PRESA - GALERIAS

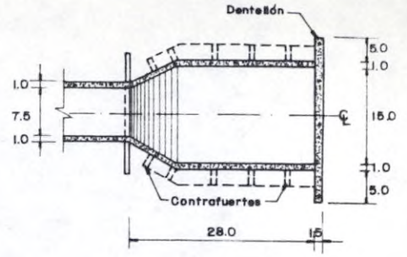
Diseñó:	Calculó:	Presentó:
Dibujó: R.V.B.	Revisó:	Aprobó:
consultoría colombiana	Escala: Indicadas	consultores civiles e hidráulicos
	Fecha: Abril - 83	

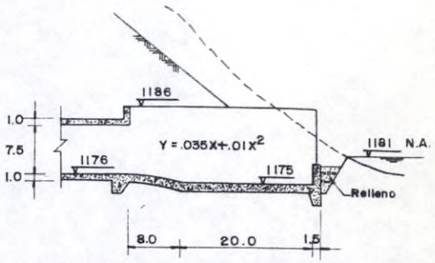
FIGURA 30



PERFIL LONGITUDINAL

ESCALA 1:2.000

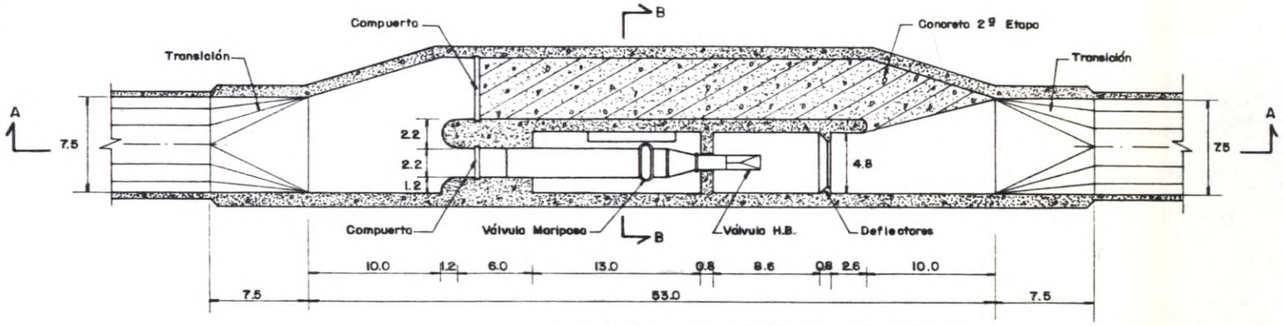




DETALLE DEL PORTAL DE SALIDA

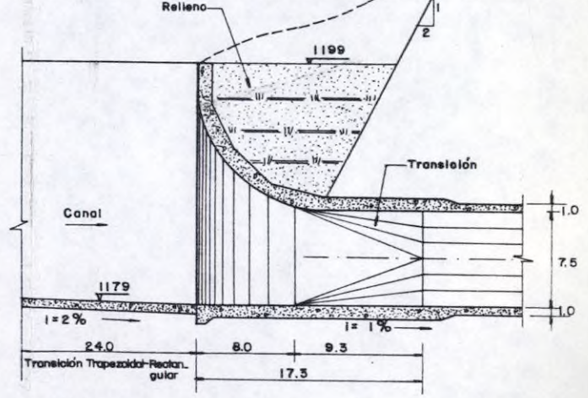
TANQUE DE AQUIETAMIENTO

ESCALA 1: 1000



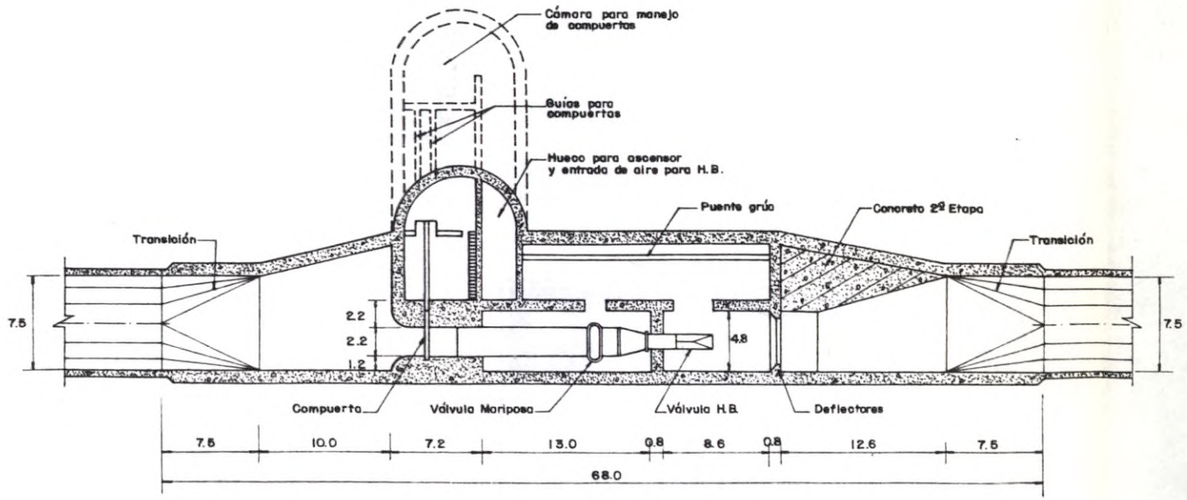
PLANTA DESCARGADOR DE FONDO

ESCALA 1.500



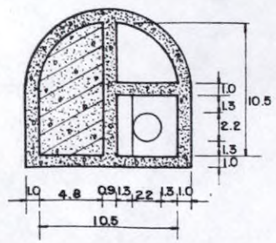
DETALLE DEL PORTAL DE ENTRADA

ESCALA 1:500



CORTE A-A

ESCALA 1:500



CORTE B-B

ESCALA 1:500

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.

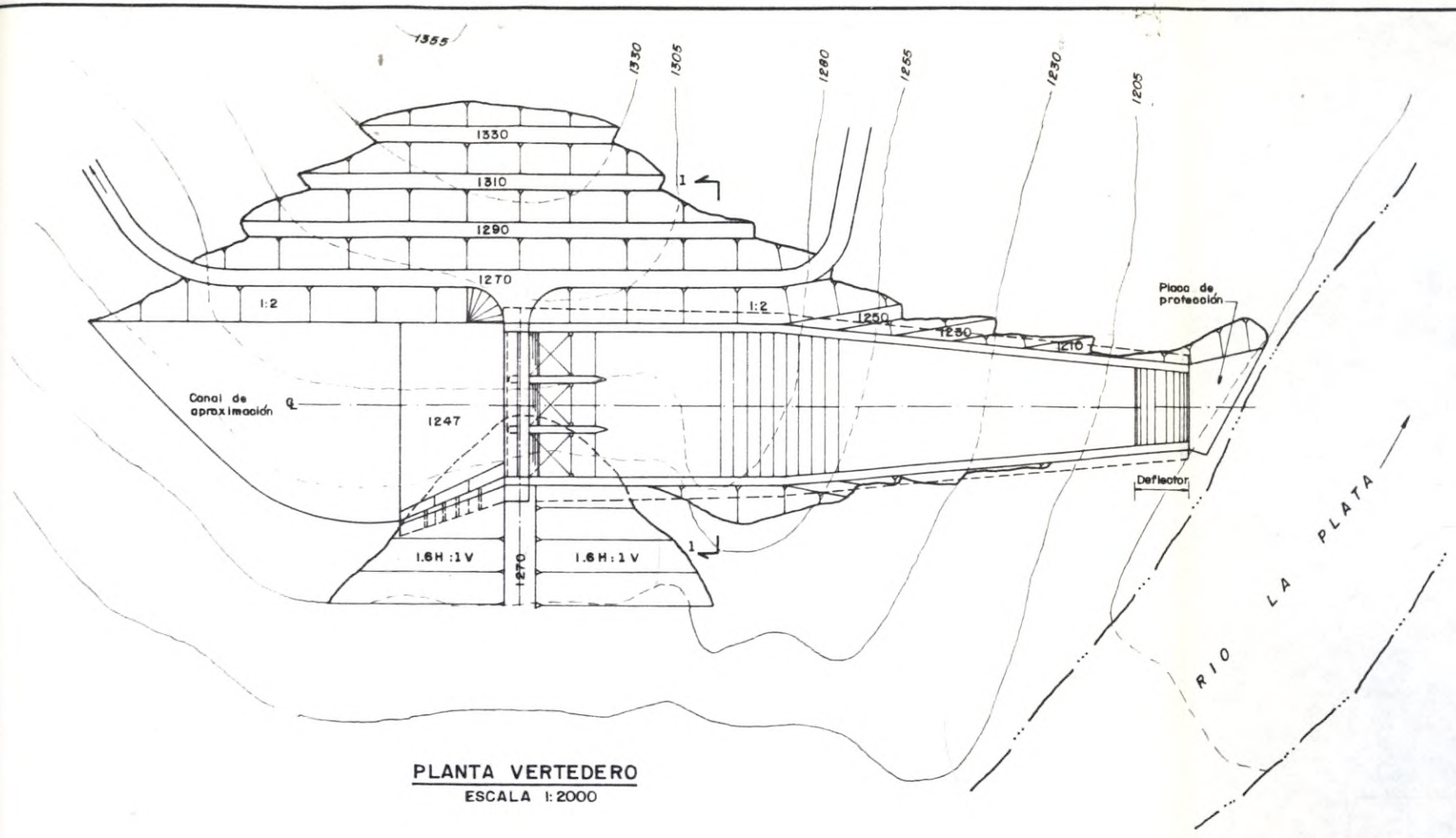
PROYECTO PAEZ - LA PLATA

PROYECTO GUINEA

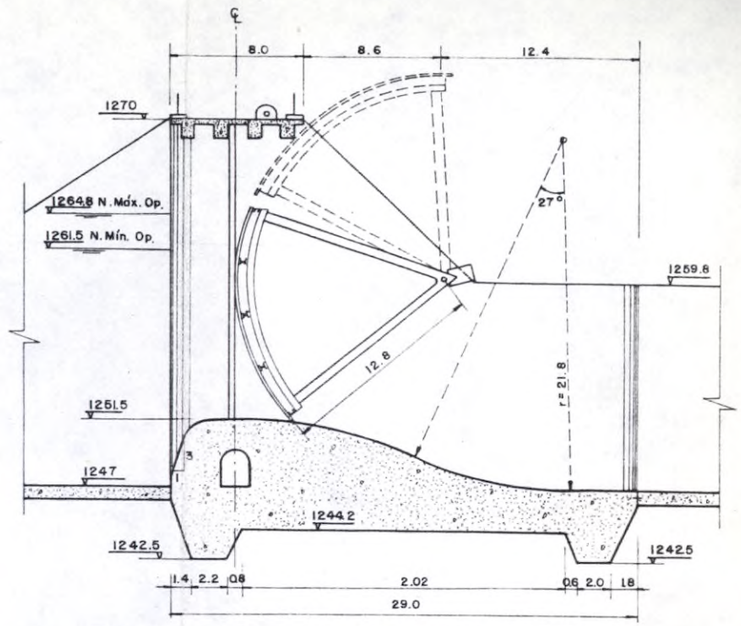
DESVIACION DESCARGA DE FONDO

Diseñó:	Calculó:	Presentó:
Dibujó: R. V. B.	Revisó:	Aprobó:
consultoría colombiana	Escala: Indicados Fecha: Abril - 83	consultores civiles e hidráulicos

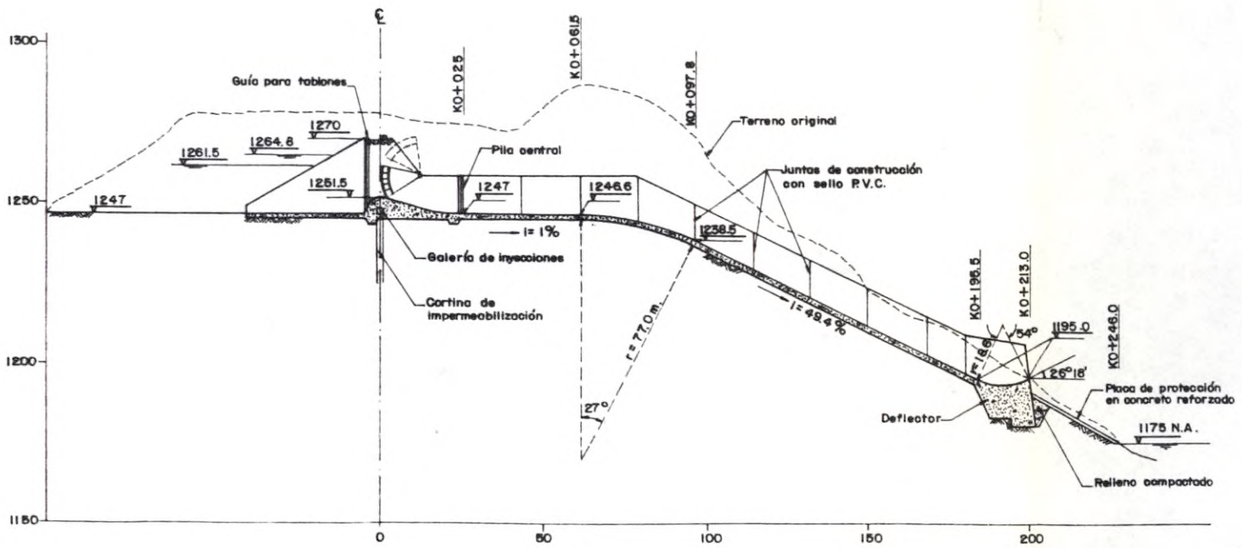
FIGURA 31



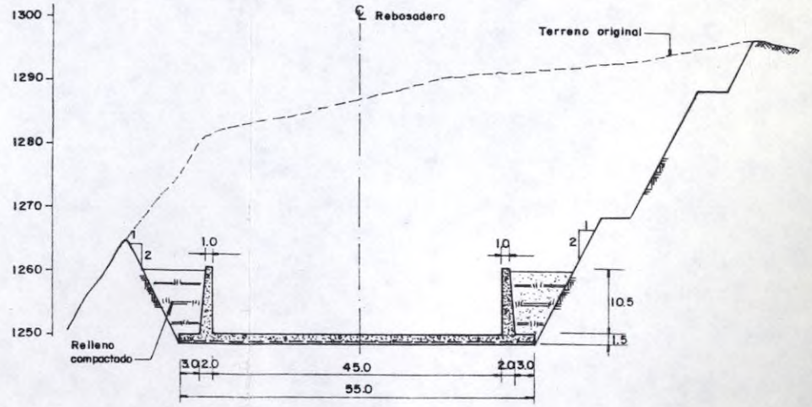
PLANTA VERTEDERO
ESCALA 1:2000



DETALLE CRESTA
ESCALA 1:400



PERFIL VERTEDERO
ESCALA 1:2000



CORTE 1-1
ESCALA 1:1000

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.

PROYECTO PAEZ - LA PLATA

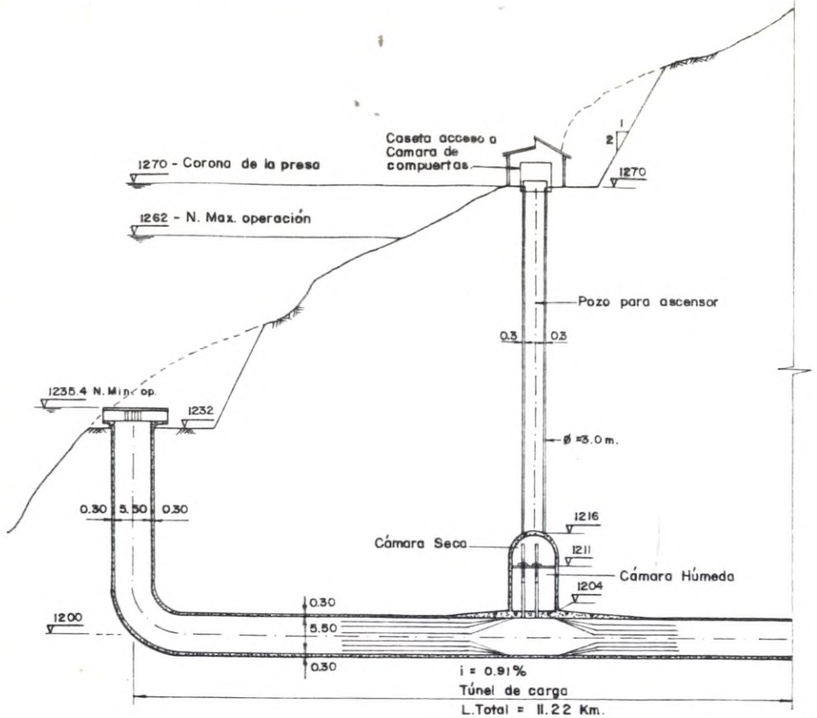
PROYECTO GUINEA

REBOSADERO PLANTA-PERFIL Y DETALLES

Diseñó:	Calculó:	Presentó:
Dibujó: R.V.B.	Revisó:	Aprobó:
consultoría colombiana	Escala: Indicadas Fecha: Abril - 83	consultores civiles e hidráulicos

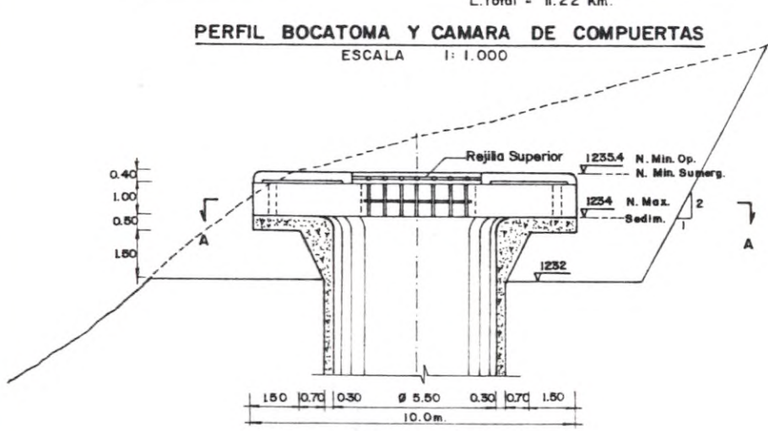
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA
FONDO FEN

FIGURA 32



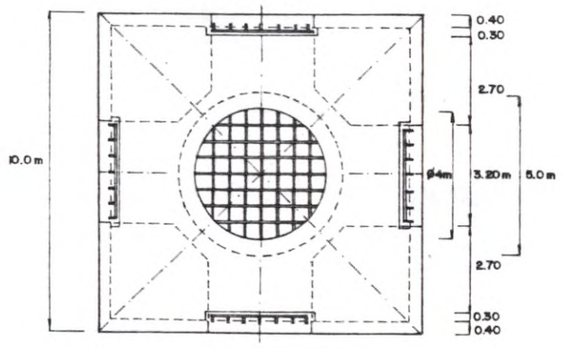
PERFIL BOCATOMA Y CAMARA DE COMPUERTAS

ESCALA 1: 1.000



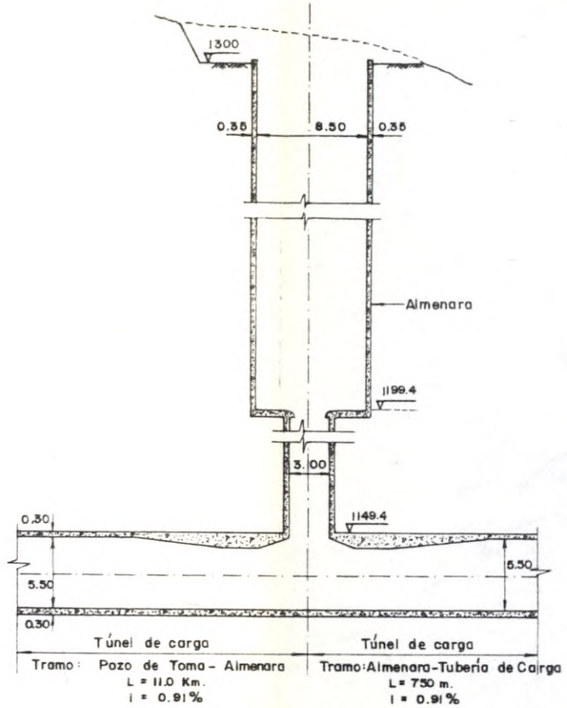
DETALLE BOCATOMA

ESCALA 1:100



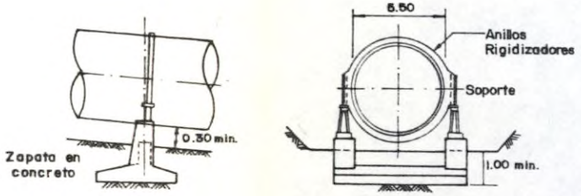
CORTE A-A

ESCALA 1:200



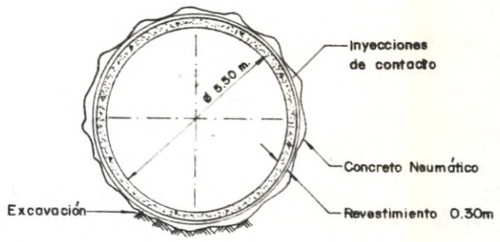
DETALLE ALMENARA

ESCALA 1: 500



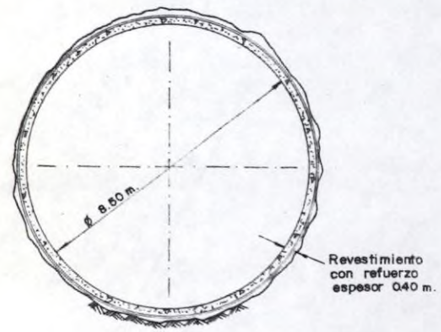
SECCION TIPICA DE SILLETAS

ESCALA 1:400



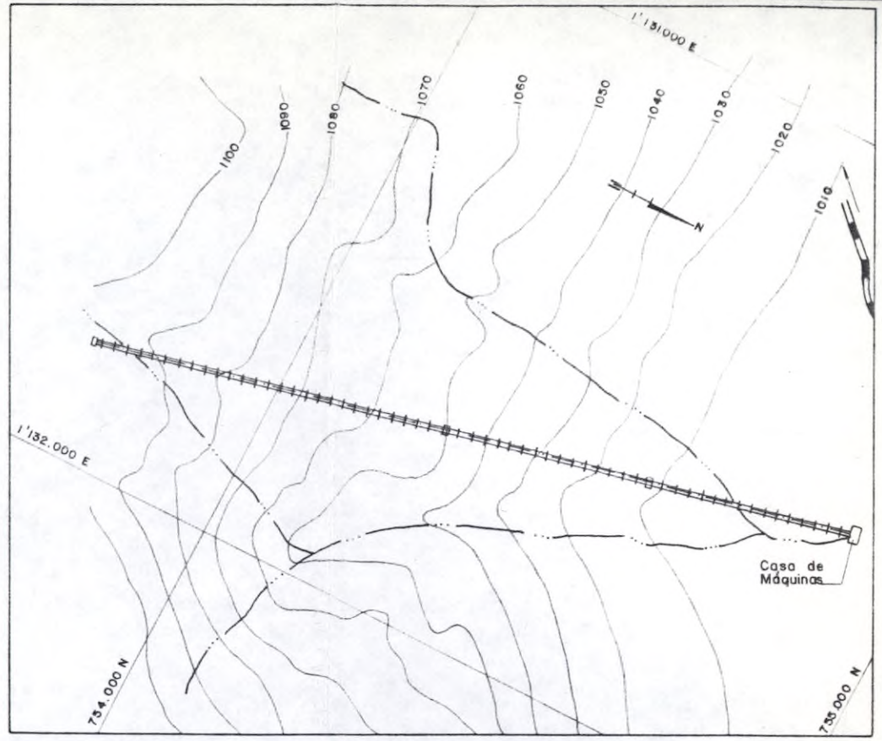
SECCION TUNEL DE CARGA

ESCALA 1: 200



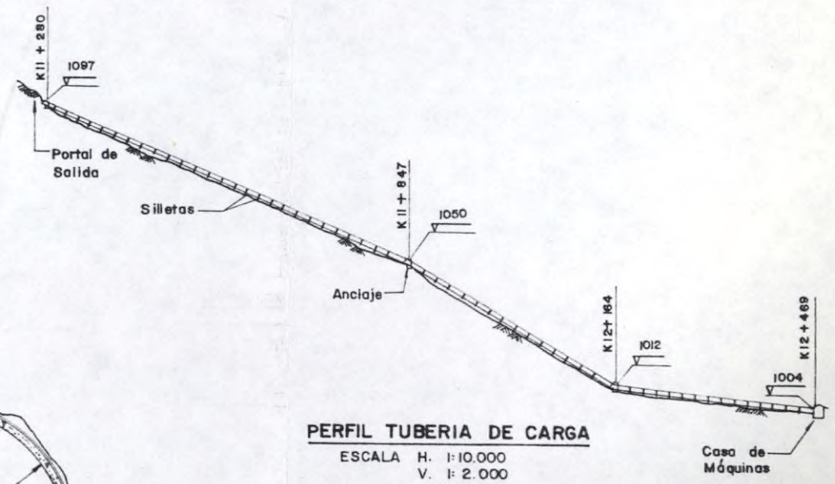
SECCION ALMENARA

ESCALA 1: 200



PLANTA TUBERIA DE CARGA

ESCALA 1:10.000



PERFIL TUBERIA DE CARGA

ESCALA H. 1:10.000
V. 1: 2.000

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.

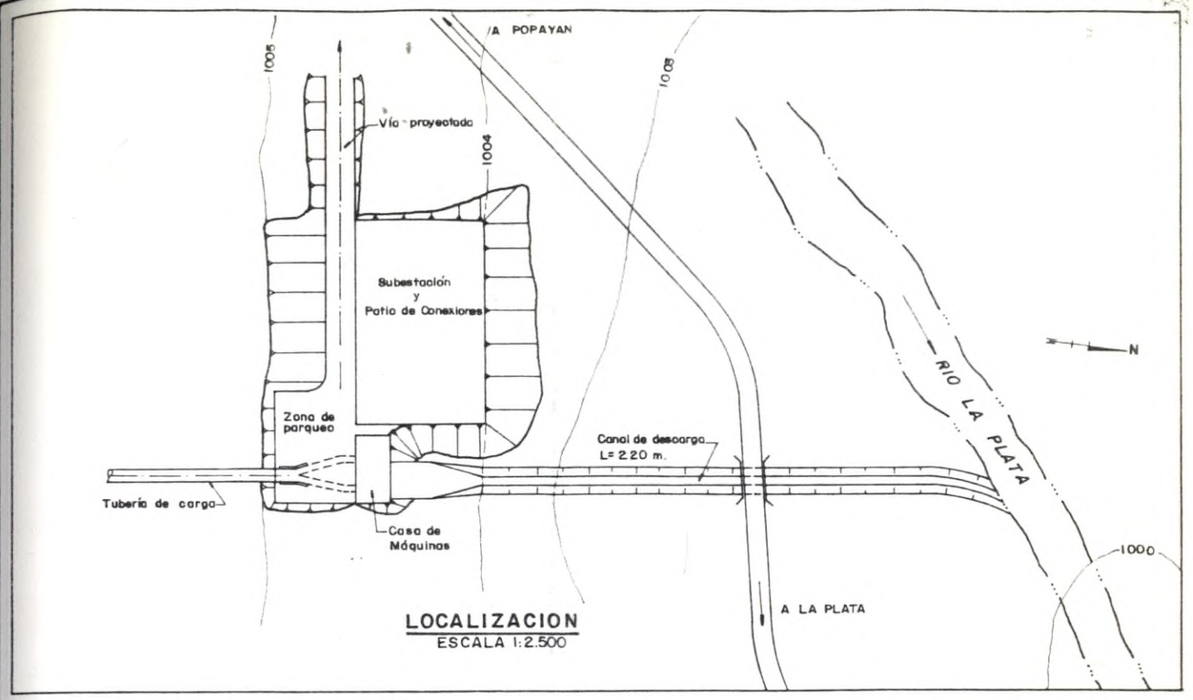
PROYECTO PAEZ LA PLATA

PROYECTO GUINEA

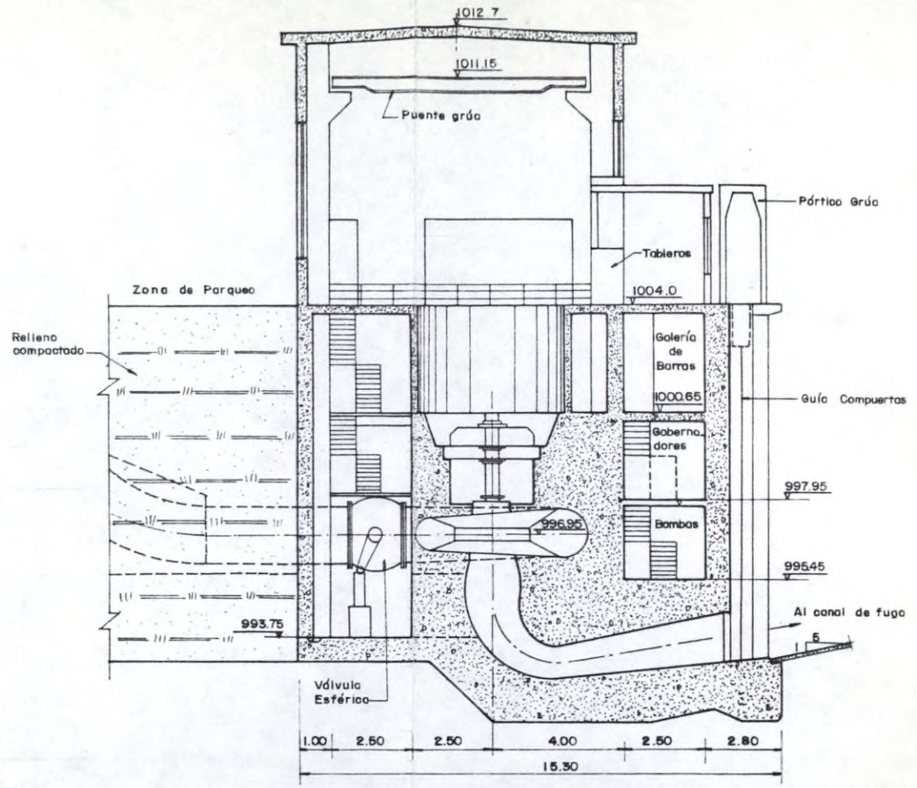
BOCATOMA CONDUCCION - ALMENARA - TUBERIA DE CARGA APOYOS Y SILLETAS

Diseñó:	Calculó:	Presentó:
Dibujó: M.C.R.	Revisó:	Aprobó:
consultoría colombiana	Escala: Indicadas	consultores civiles e hidráulicos
	Fecha: Abril - 83	

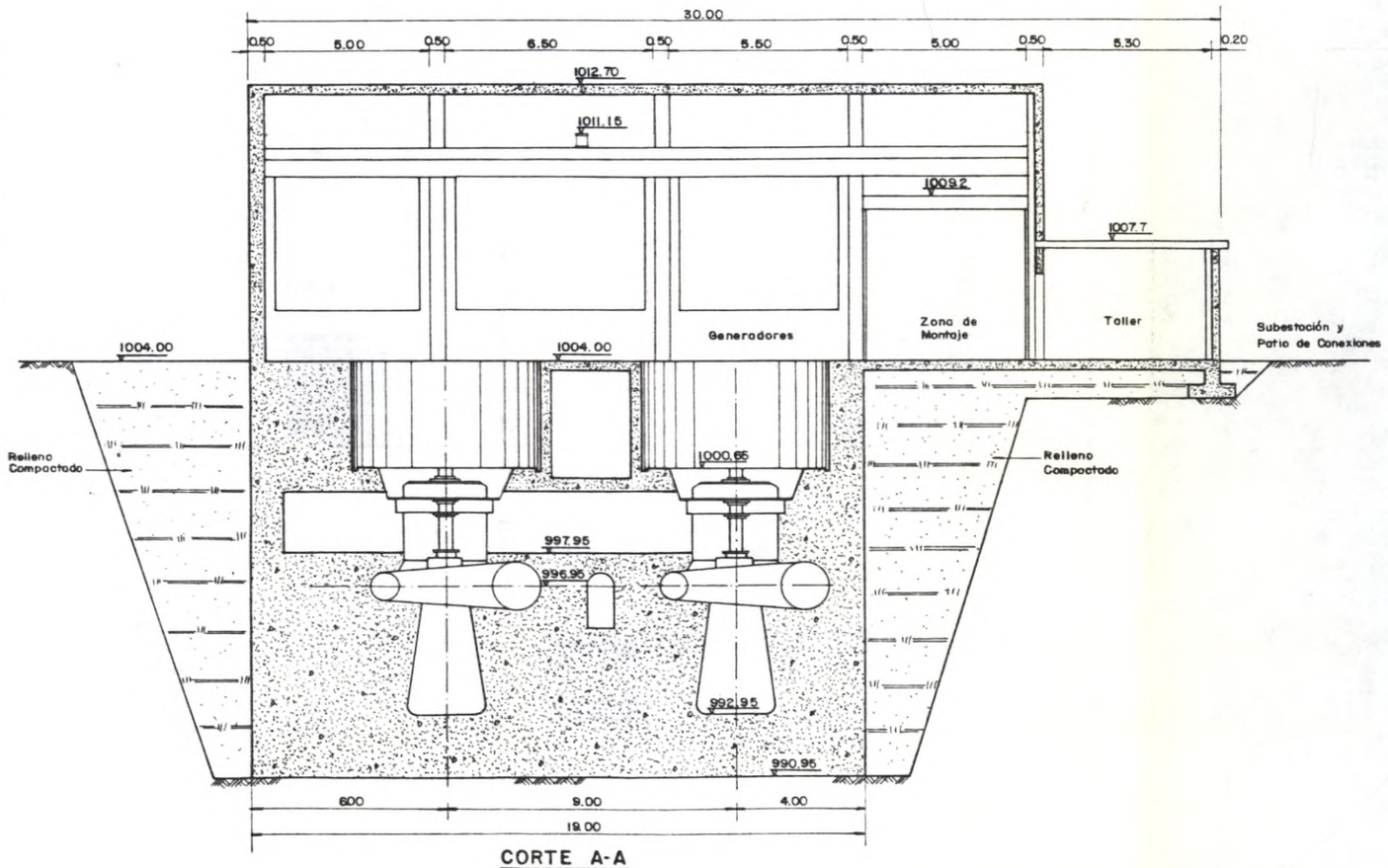
FIGURA 33



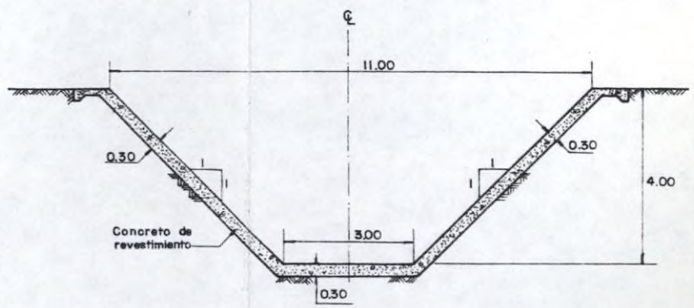
LOCALIZACION
ESCALA 1:2.500



CORTE B-B
ESCALA 1:200



CORTE A-A
ESCALA 1:200



SECCION TIPICA DEL CANAL DE DESCARGA
ESCALA 1:150

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S. A.

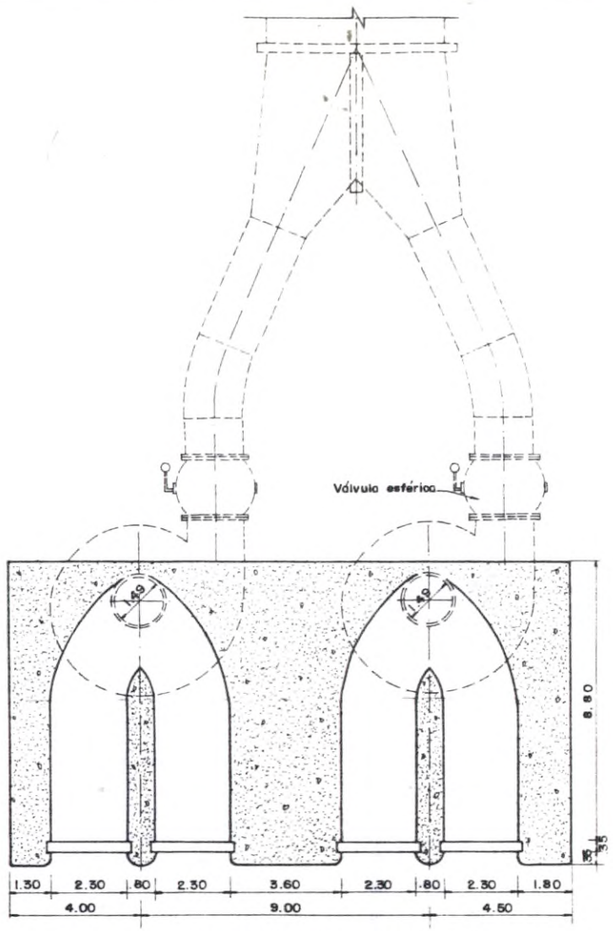
PROYECTO PAEZ - LA PLATA

PROYECTO GUINEA

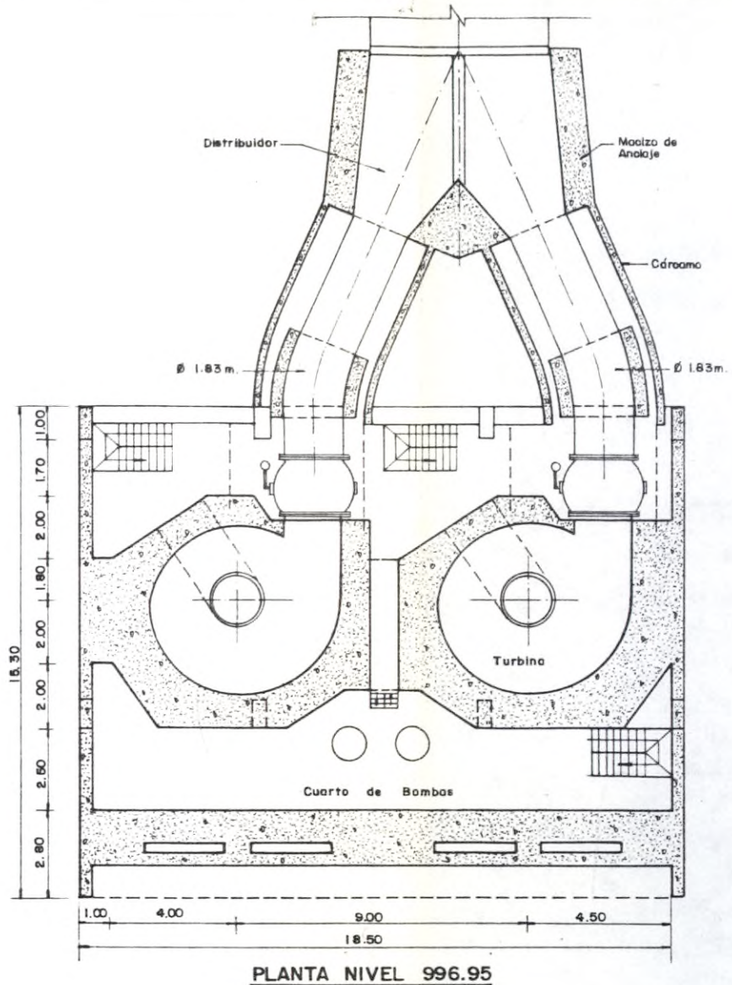
CASA DE MAQUINAS - CORTES

Diseñó:	Calculó:	Presentó:
Dibujó: R.V.B.	Revisó:	Aprobó:
consultoría colombiana	Escala: Indicados Fecha: Abril - 85	consultores civiles e hidráulicos

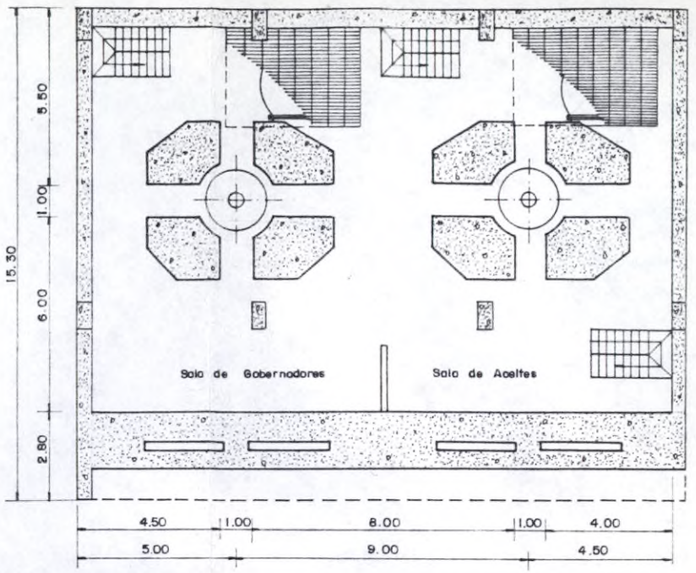
FIGURA 34



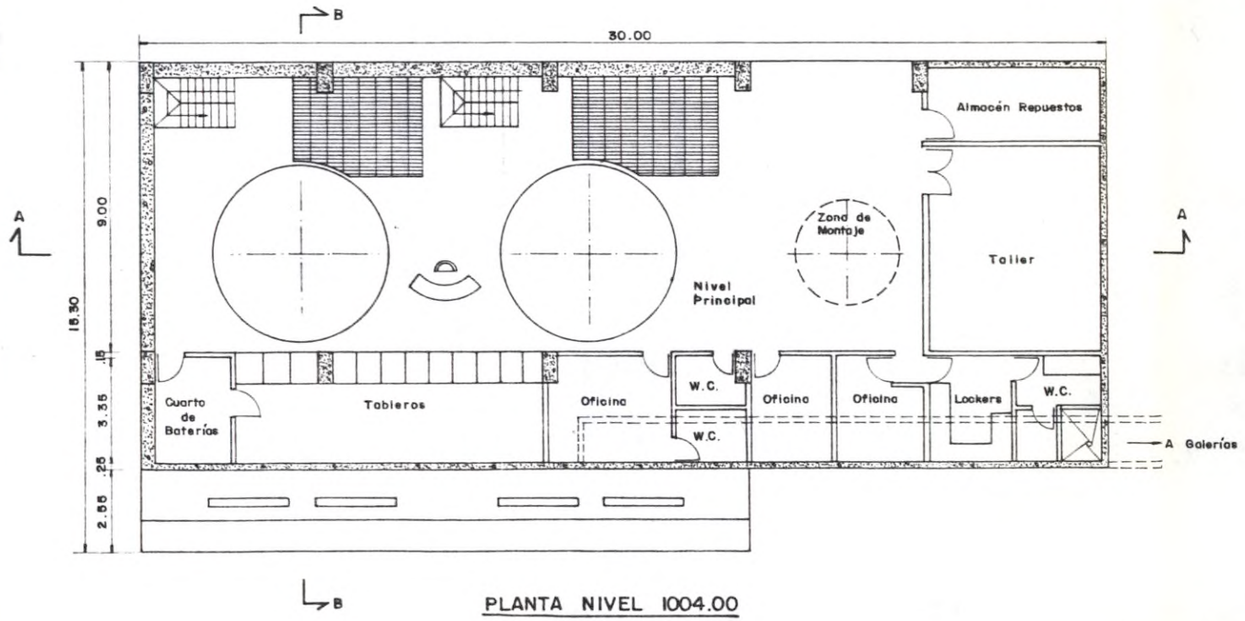
PLANTA NIVEL 993.75



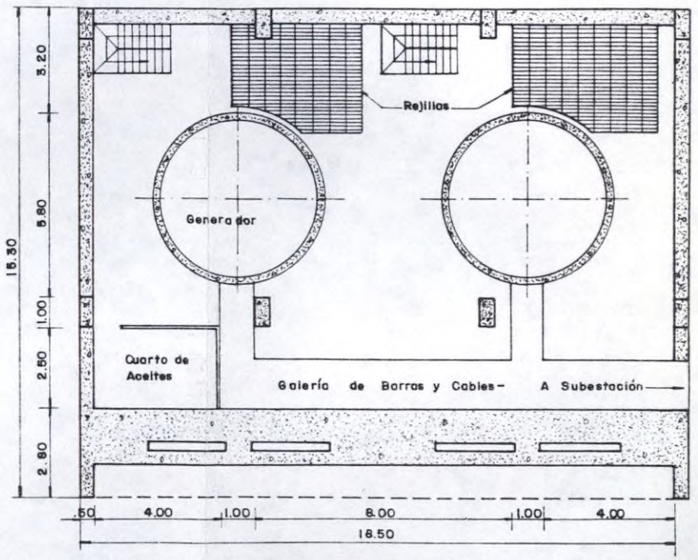
PLANTA NIVEL 996.95



PLANTA NIVEL 997.95



PLANTA NIVEL 1004.00



PLANTA NIVEL 1000.65

NOTA:
Los cortes se encuentran localizados en la figura 32.

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.

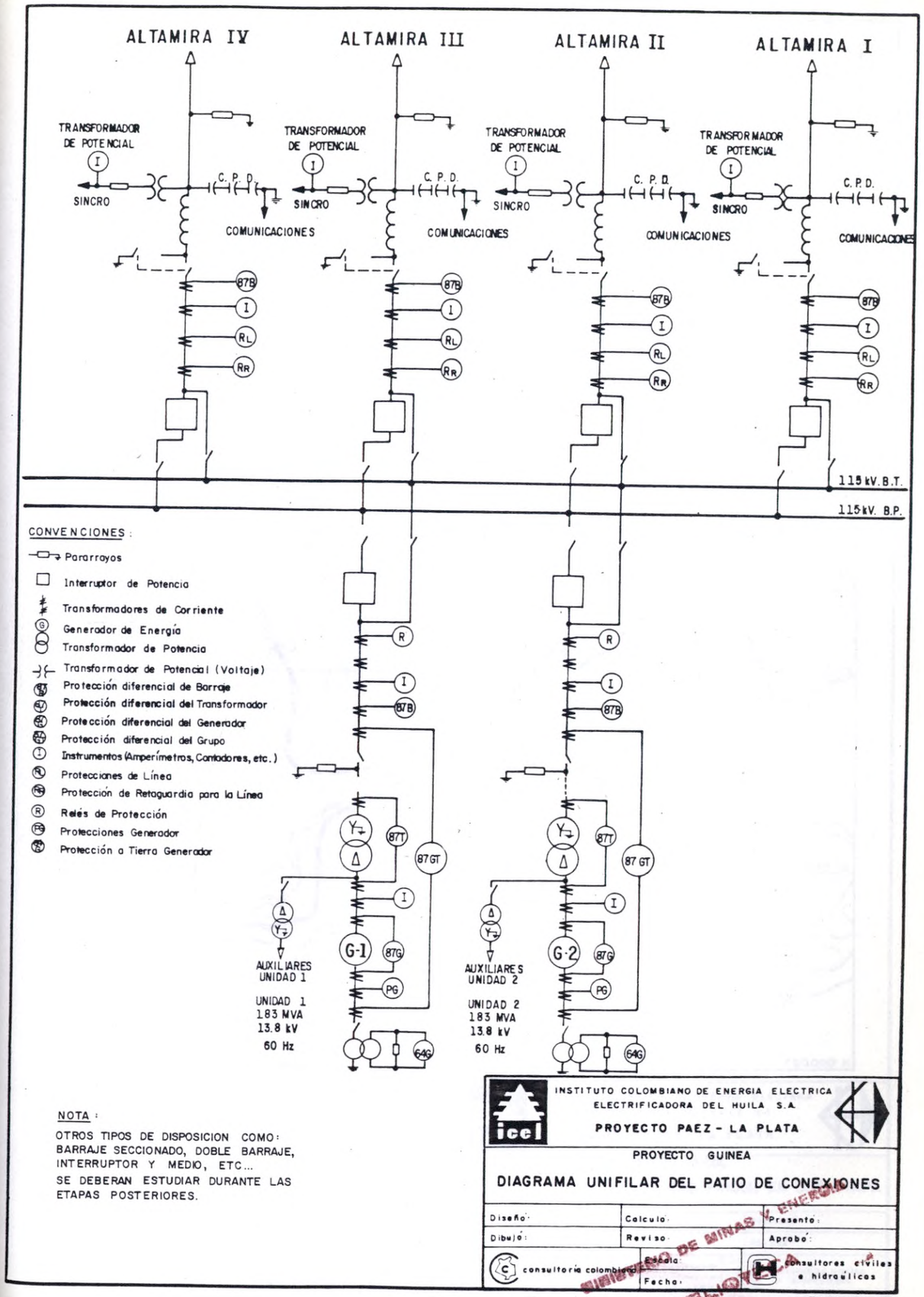
PROYECTO PAEZ - LA PLATA

PROYECTO GUINEA

CASA DE MAQUINAS

Diseñó:	Calculó:	Presentó:
Dibujó: R.V.B.	Revisó:	Aprobó:
consultoría colombiana	Escala: 1:200	consultores civiles e hidráulicos
	Fecha: Abril - 83	

FIGURA 35



NOTA:

OTROS TIPOS DE DISPOSICION COMO: BARRAJE SECCIONADO, DOBLE BARRAJE, INTERRUPTOR Y MEDIO, ETC... SE DEBERAN ESTUDIAR DURANTE LAS ETAPAS POSTERIORES.

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.

PROYECTO PAEZ - LA PLATA

PROYECTO GUINEA

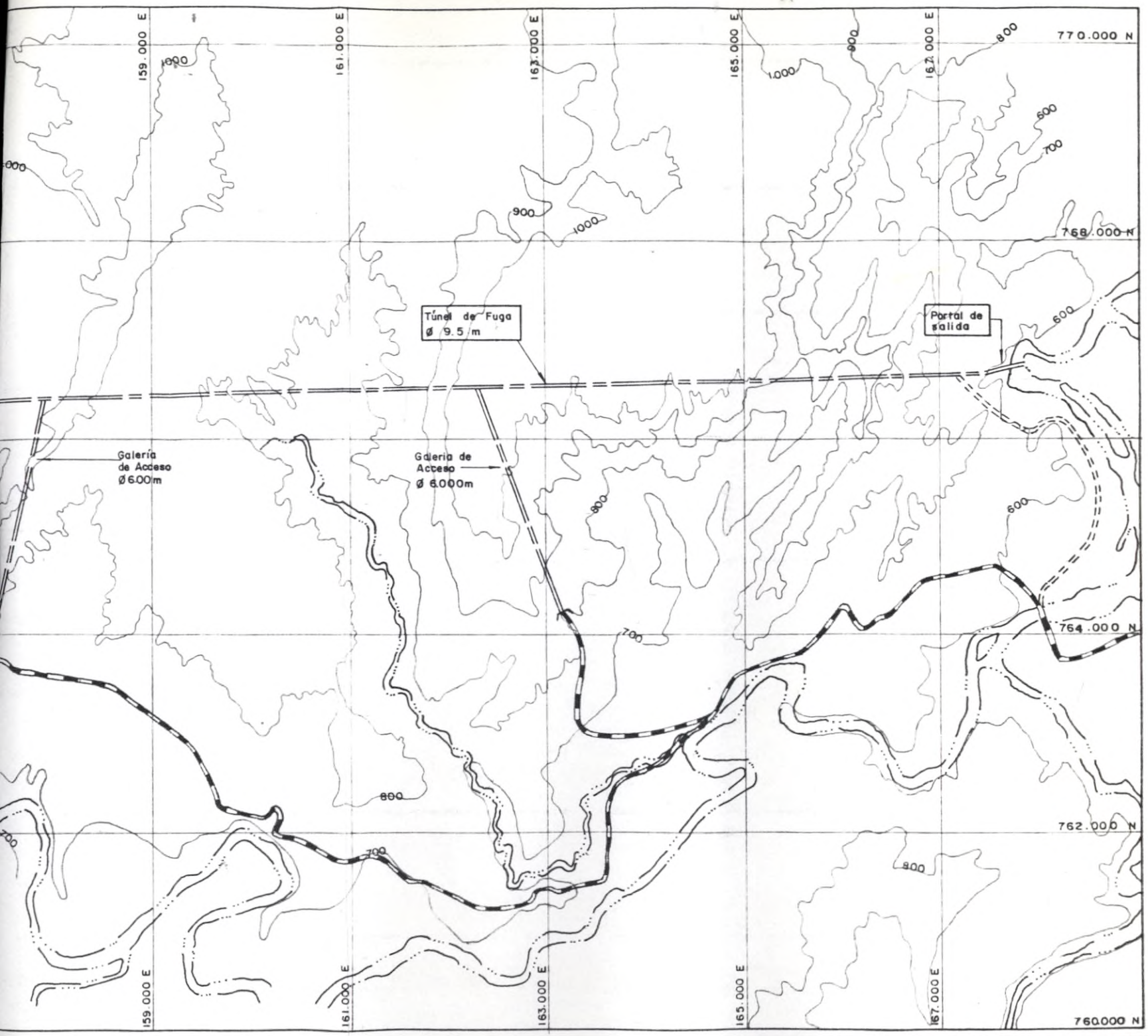
DIAGRAMA UNIFILAR DEL PATIO DE CONEXIONES

Diseño:	Calculo:	Presento:
Dibujó:	Revisó:	Aprobó:
consultoría colombiana	Escala: / Fecha:	consultores civiles e hidráulicos

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA
BIBLIOTECA

FIGURA 36

770.000 N
768.000 N
766.000 N
764.000 N
762.000 N
760.000 N
141.000 E
143.000 E
145.000 E
147.000 E
149.000 E
151.000 E
153.000 E
155.000 E
157.000 E
Bocatoma
Presa
Túnel de Carga
Patio de Conexiones
Casa de Máquinas (1ª Etapa)
Almenara
Desviación
Vertedero
Túnel de Acceso Ø 6.00 m.
TESALIA
Galería de Acceso
Galería de Acceso
PAICOL
1800
1600
1400
1200
1000
900
800



INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.

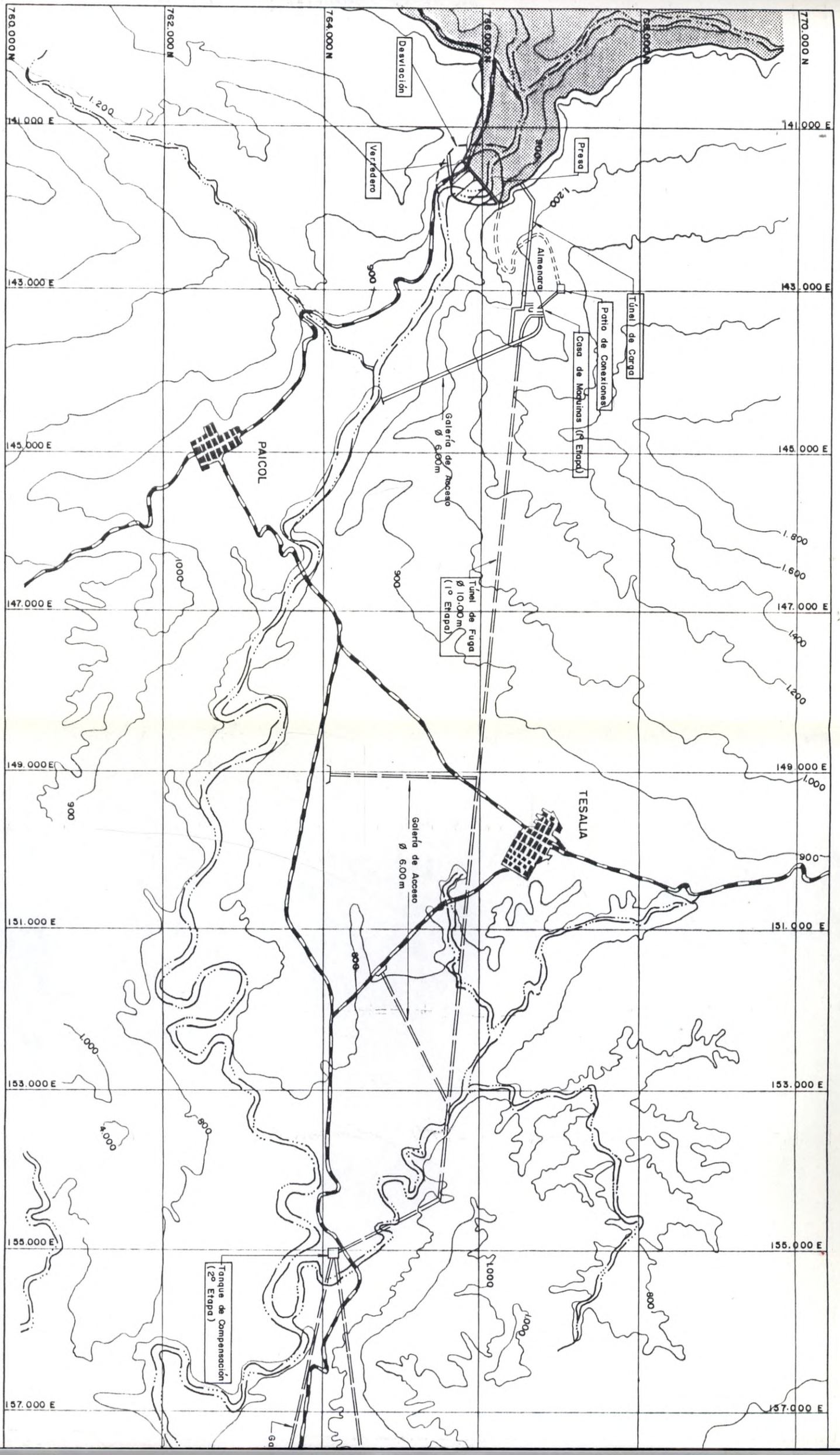
PROYECTO PAEZ - LA PLATA

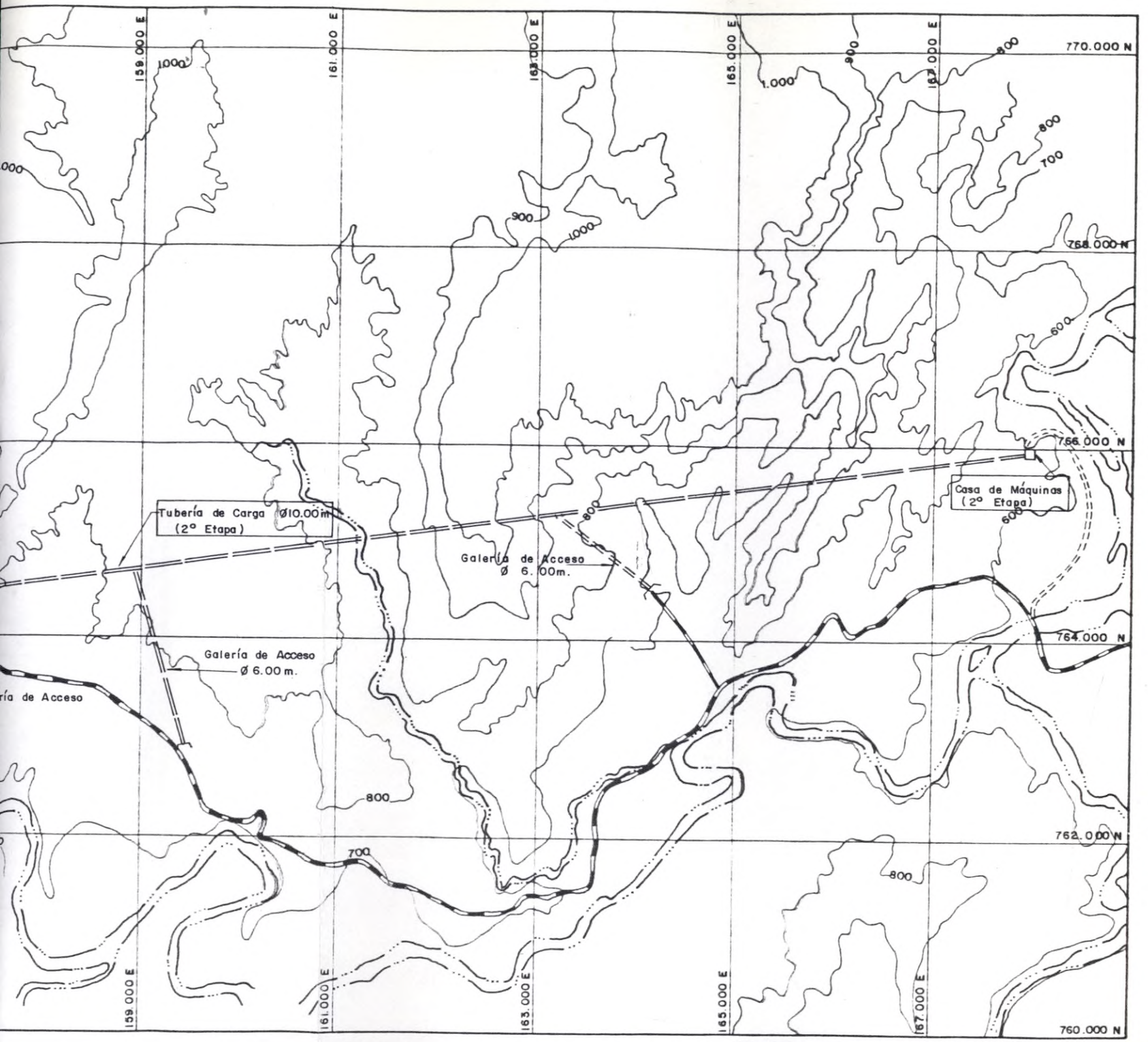
PROYECTO PAICOL

LOCALIZACION DE LAS OBRAS PAICOL EN UNA ETAPA

Diseñó:	Calculó:	Presentó:
Dibujó: M.C.R.	Revisó:	Aprobó:
consultoría colombiana	Escala: Indicada Fecha: Abril/83	consultores civiles e hidráulicos

FIGURA 37


760.000 N
762.000 N
764.000 N
766.000 N
768.000 N
770.000 N
141.000 E
143.000 E
145.000 E
147.000 E
149.000 E
151.000 E
153.000 E
155.000 E
157.000 E
Desviación
Vertedero
Presa
Almenara
Túnel de Carga
Patio de Conexiones
Casa de Maquinas (1ª Etapa)
Galería de Acceso Ø 6.00m
Túnel de Fuga Ø 10.00m (1º Etapa)
PAICOL
TESALIA
Galería de Acceso Ø 6.00m
Tanque de Compensación (2º Etapa)
1.200
900
1.800
1.400
1.000
800
600
4.000



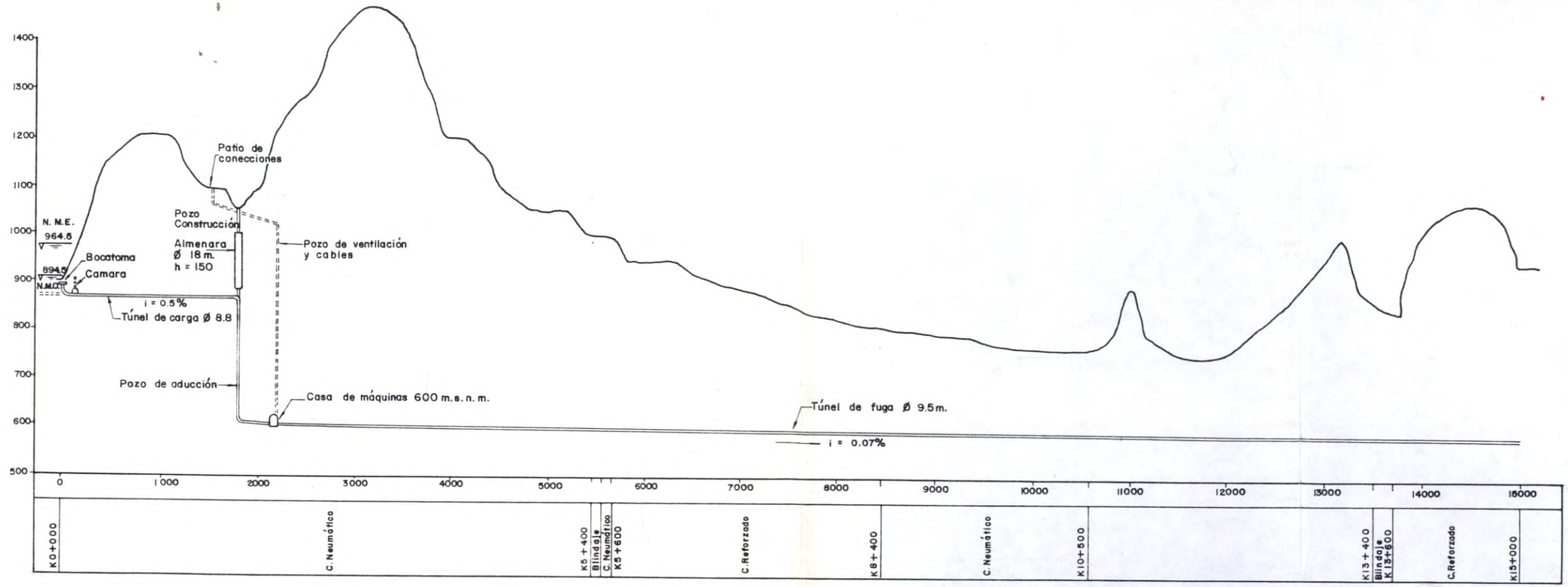
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.
PROYECTO PAEZ - LA PLATA

PROYECTO PAICOL

LOCALIZACION DE LAS OBRAS PAICOL EN CASCADA

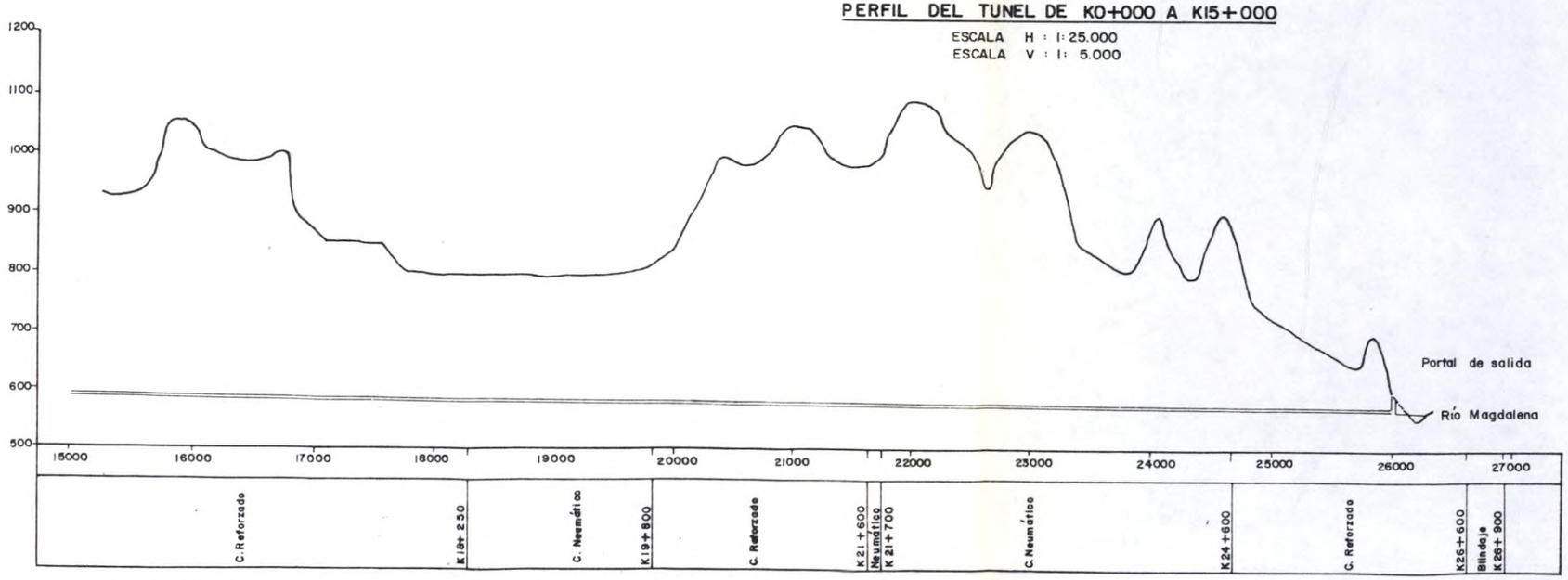
Diseñó :	Calculó :	Presentó :
Dibujó : M.C.R.	Revisó :	Aprobó :
consultoría colombiana	Escala : Indicada Fecha : Abril / 83	consultores civiles e hidráulicos

FIGURA 38



PERFIL DEL TUNEL DE K0+000 A K15+000

ESCALA H : 1: 25.000
ESCALA V : 1: 5.000



PERFIL DEL TUNEL K15+000 A K26+900

ESCALA H 1:25.000
ESCALA V 1: 5.000

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.

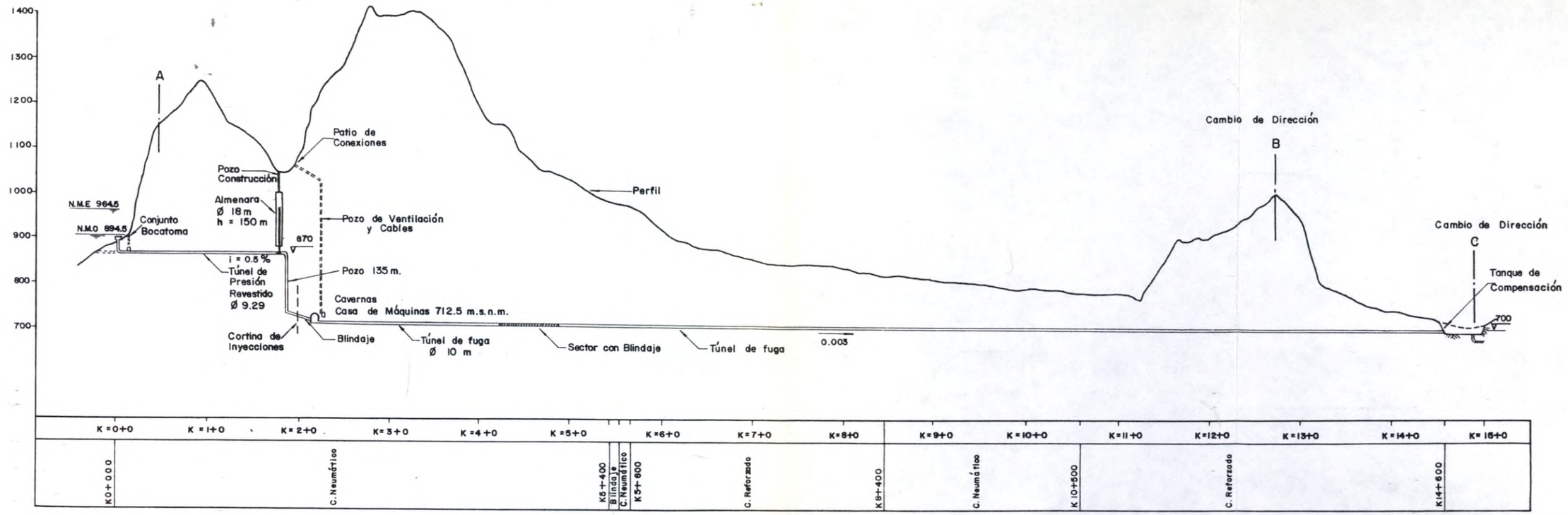
PROYECTO PAEZ LA PLATA

PROYECTO PAICOL

PERFIL DEL DESARROLLO EN UNA ETAPA

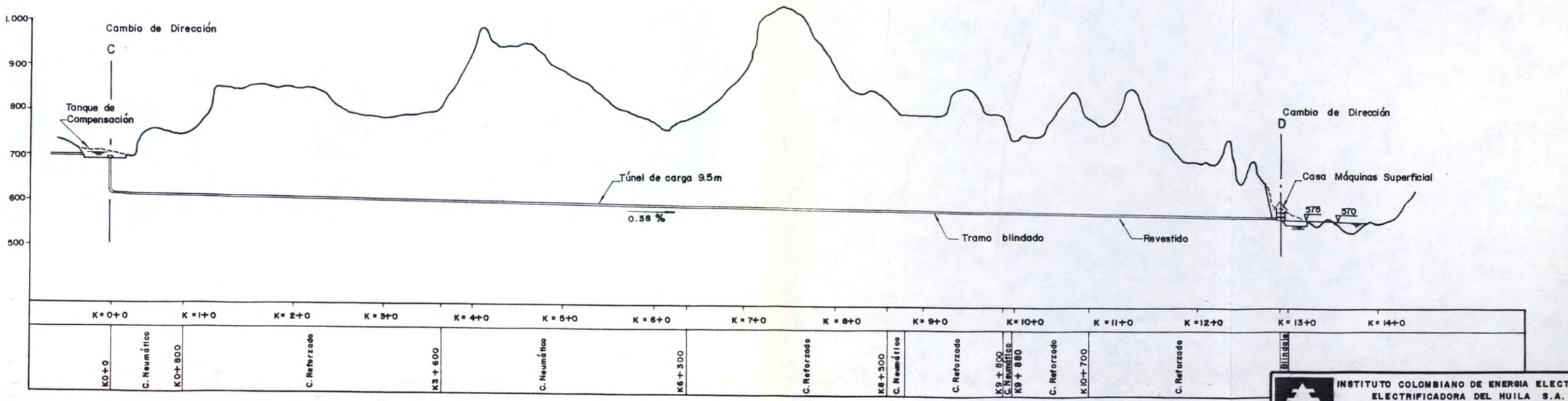
Diseñó:	Calculó:	Presentó:
Dibujó: M. C. R.	Revisó:	Aprobó:
consultoría colombiana	Escala: Indicadas	consultores civiles e hidráulicos
	Fecha: Abril 88	

FIGURA 39



PERFIL PAICOL 1º ETAPA

ESCALA H 1:25.000
ESCALA V 1: 5.000



PERFIL PAICOL 2º ETAPA

ESCALA H 1:25.000
ESCALA V 1: 5.000

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.

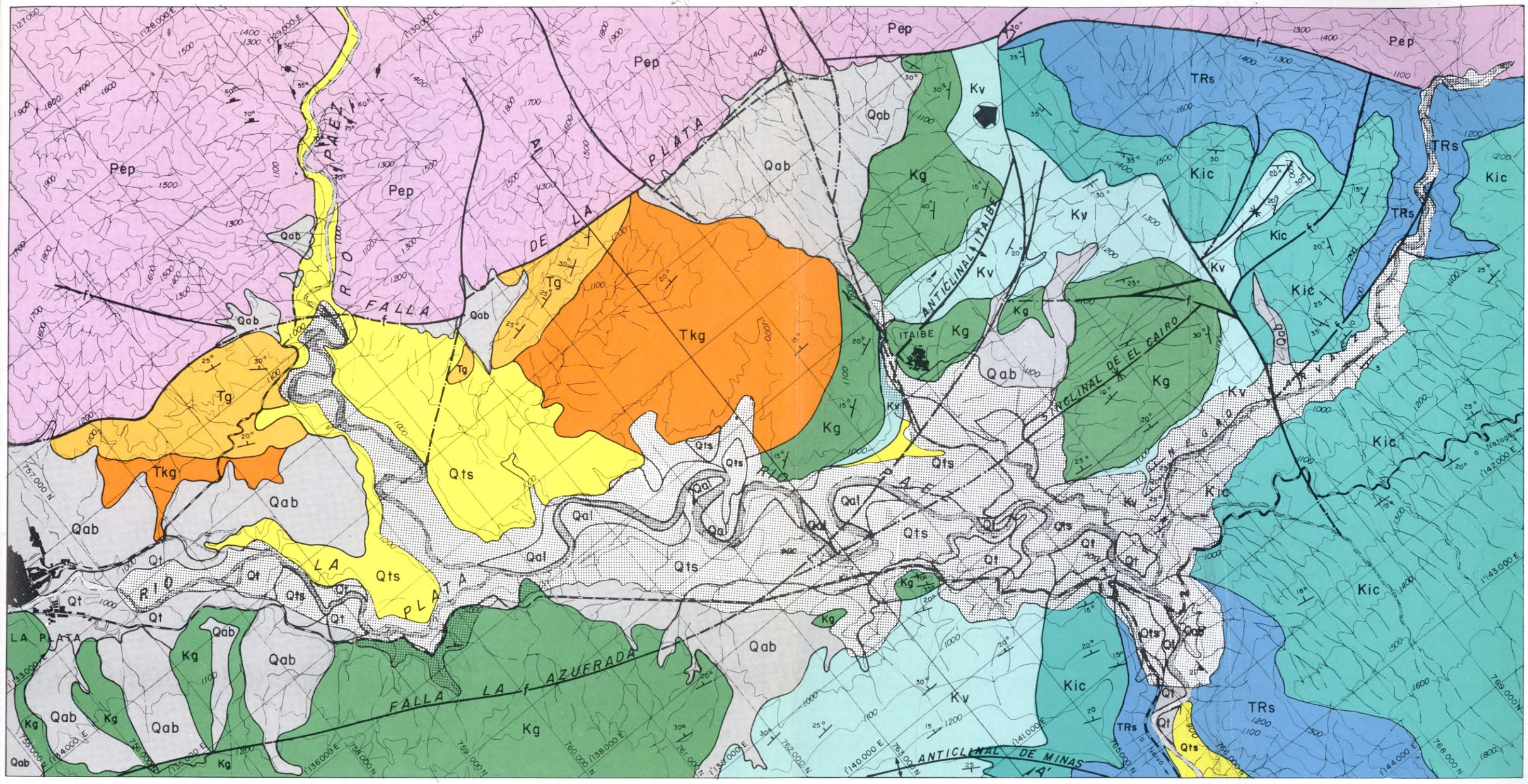
PROYECTO PAEZ LA PLATA

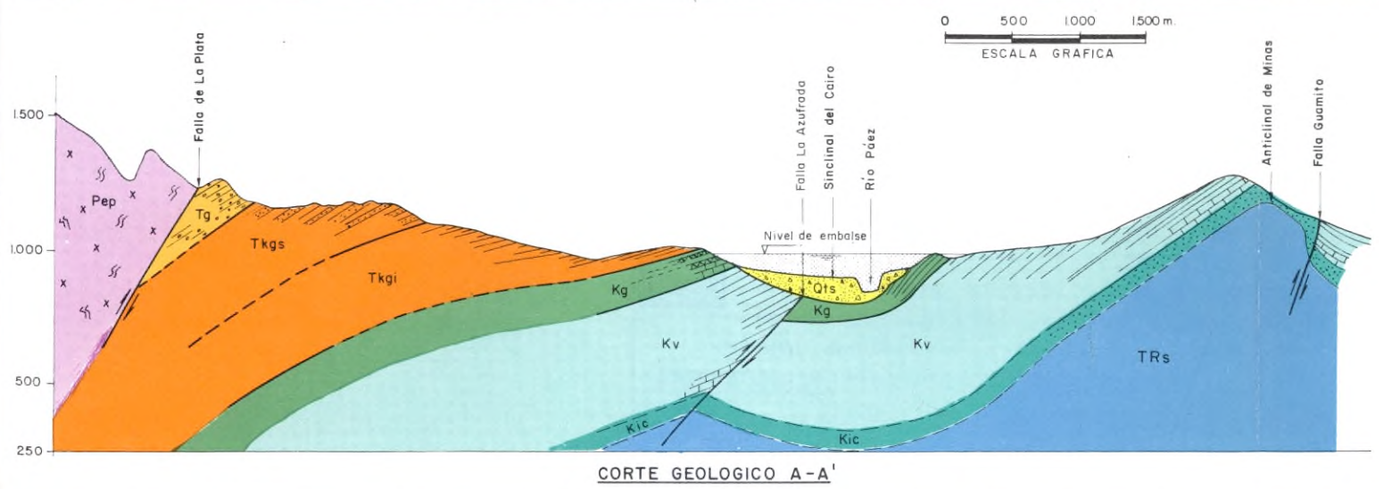
PROYECTO PAICOL

PERFIL DEL DESARROLLO EN CASCADA

Diseñó:	Calculó:	Presentó:
Dibujó: M.C.R.	Revisó:	Aprobó:
consultoría colombiana	Escala: Indicadas	consultores civiles e hidráulicos
	Fecha: Abril-83	

FIGURA 40





CORTE GEOLOGICO A-A'

CONVENCIONES LITOLOGICAS

- Qal — Llanuras de inundación - gravas, arenas limos.
- Qab — Abanicos aluviales - bloques, cantos, arenas y limos.
- Qt — Depósitos de terraza - cantos, arenas.
- Qts — Depósitos tobaceo - sedimentarios, cantos, gravas, arenas, limos.
- Tg — Formación Gualanday - conglomerados, arcillolitas, areniscas.
- Tkgis — Formación Guaduas - arcillolitas, areniscas.
- kg — Formación Guadalupe - calizas, lutitas, chert.
- kv — Formación Villeta - calizas, lutitas.
- kic — Formación Caballos - areniscas.
- TRs — Formación Saldaña - ignimbritas
- Pep — Macizo de La Plata - granitos, neises.

CONVENCIONES ESTRUCTURALES

- Límites litológicas.
- Fallamiento comprobado.
- Fallamiento asumido.
- Plegamiento sinclinal.
- Plegamiento anclinal.
- 20 — Rumbo y buzamiento de diaclasas
- 20 — Rumbo y buzamiento de estratos.
- Ríos y quebradas.
- Zona de embalse
- Carreteras
- Poblaciones

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.

PROYECTO PAEZ - LA PLATA

PROYECTO PAICOL

GEOLOGIA DEL EMBALSE

Diseño:	Calculó:		Presentó:
Dibujó: N.B.A.	Revisó:		Aprobó:
CONSULTORIA COLOMBIANA	Escala: Grafica	Fecha: Abril-1983	CONSULTORES CIVILES E HIDRAULICOS
	PLANO No. DE		

FIGURA

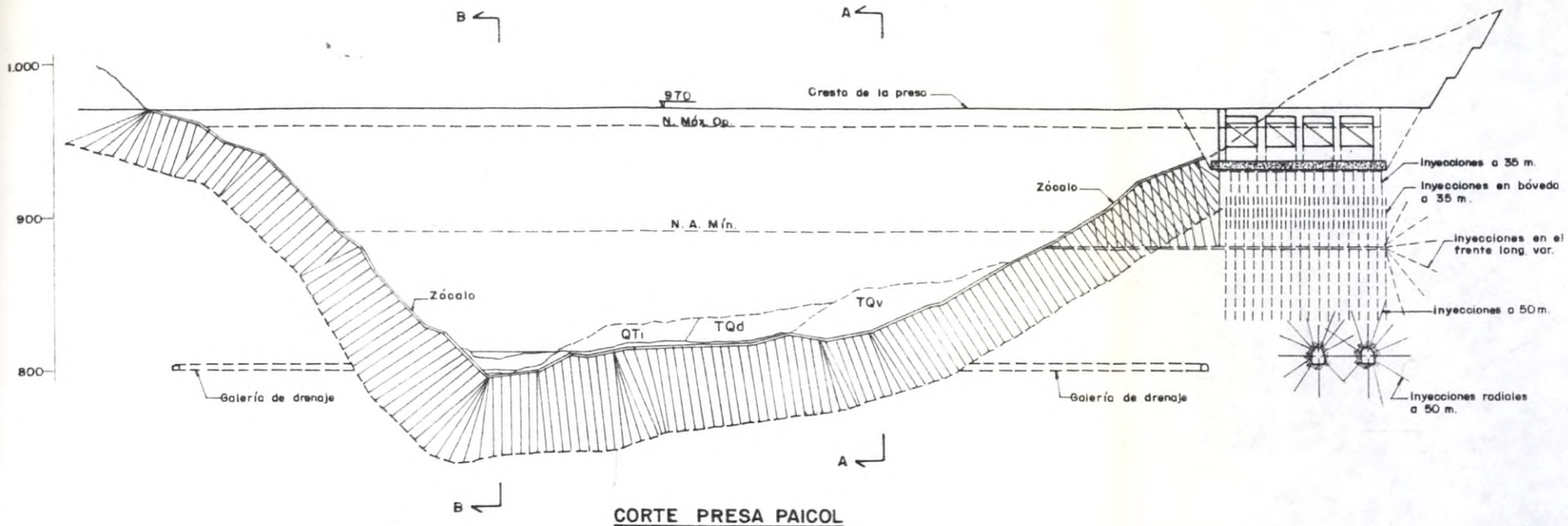
Pozo compuertas
Túnel aducción
Bocatoma
886
Cierre
Ataguía aguas arriba
830
Portal de entrada
Galería de acceso a la válvula H.B.
Galería de Inyecciones
Tapón de concreto
937
Túneles de desviación
Válvula Howell-Bunger
Zona de Campamentos I
Talleres
RIO PAEZ
1:16
Vía al patio de materiales
Zona de campamentos II
Zona de mezclas
Ataguía aguas abajo
Portal de salida
Vertedero
Tubería de riego
Canal de riego
1'141.400 E
1'141.600 E
1'141.800 E
1'142.000 E
1'142.200 E
1'142.400 E
766.800 N
766.600 N
766.400 N
766.200 N
766.000 N
765.800 N
765.600 N
765.400 N
765.200 N
1'140.800 E
1'141.000 E
1'141.200 E
765.800 N
765.600 N
765.400 N
1'141.400 E
1'141.600 E
1'141.800 E
1'142.000 E
1'142.200 E

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.
PROYECTO PAEZ LA PLATA

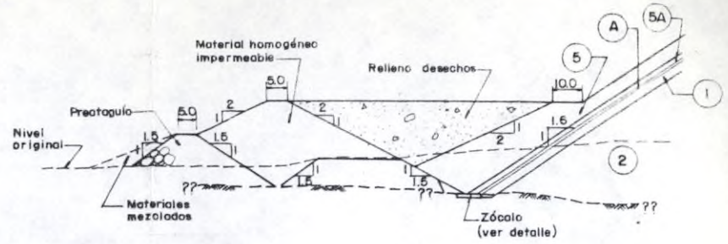
PROYECTO PAICOL
PLANTA GENERAL DE LA PRESA Y
ESTRUCTURA DE DESVIACION, BOCATOMA, VERTEDERO

Diseñó:	Calculó:	Presentó:
Dibujó: M. C. R.	Revisó	Aprobó:
consultoría colombiana	Escala: 1:4.000	consultores civiles e hidráulicos
	Fecha: Abril - 85	

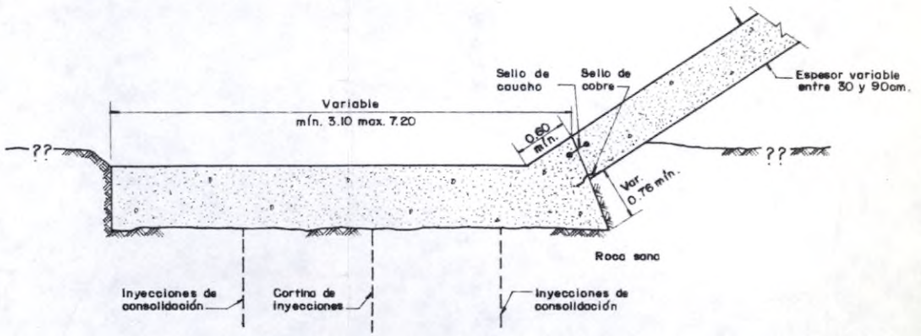
FIGURA 42



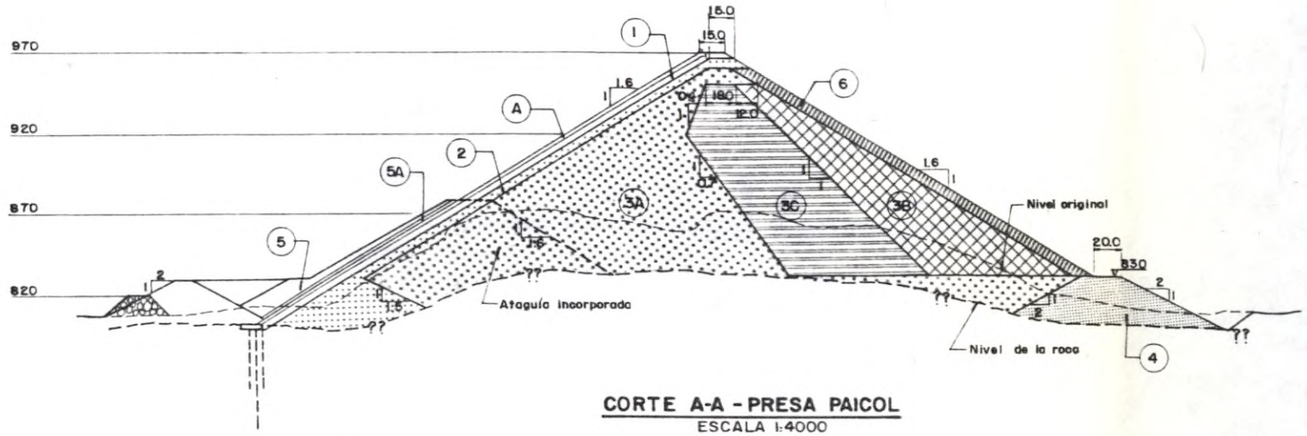
CORTE PRESA PAICOL
ESCALA 1:4000



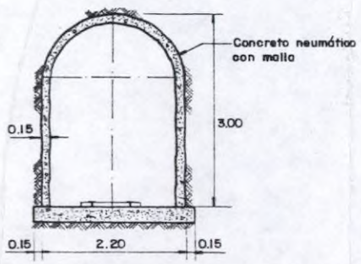
CIERRE Y ATAGUIA AGUAS ARRIBA
ESCALA 1:2000



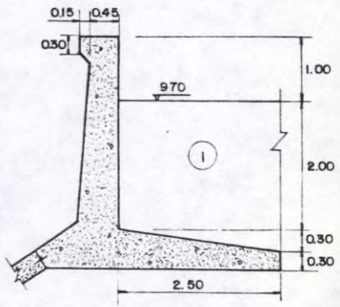
DETALLE ZOCALO
ESCALA 1:100



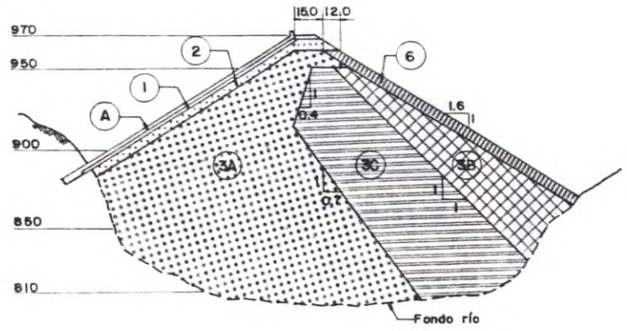
CORTE A-A - PRESA PAICOL
ESCALA 1:4000



GALERIAS DE INYECCION
ESCALA 1:100

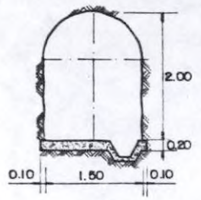


DETALLE PARAPETO
ESCALA 1:100



CORTE B-B - PRESA PAICOL
ESCALA 1:4000

REF.	MATERIALES	ESPESOR
(A)	Placa de concreto	VAR.
(1)	Enrocado especial para soporte de placa	3.0
(2)	Enrocado permeable tipo filtro	VAR.
(3A)	Enrocado tamano intermedio	–
(3B)	Enrocado con grandes bloques	–
(3C)	Enrocado procedente de excavaciones	–
(4)	Dique de piedras grandes	–
(5A)	Berma de material impermeable	2.0
(5)	Berma de enrocado para confinamiento	4.0
(6)	Enrocado de acabado colocado	6.0



GALERIA DE DRENAJE
ESCALA 1:100

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.

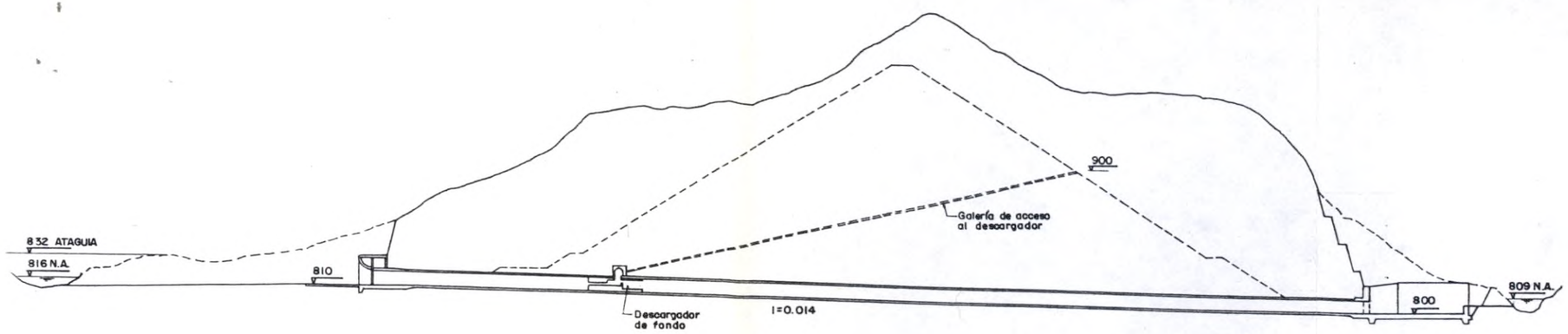
PROYECTO PAEZ - LA PLATA

PROYECTO PAICOL

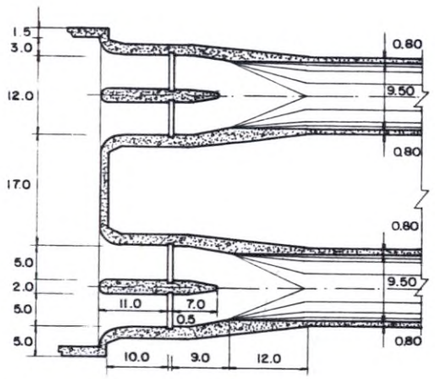
CORTES DE LA PRESA GALERIAS E INYECCIONES

Diseñó:	Calculó:	Presentó:
Dibujó: R.V.B.	Revisó:	Aprobó:
consultoría colombiana	Escala: Indicadas	consultores civiles e hidráulicos
	Fecha: Abril - 83	

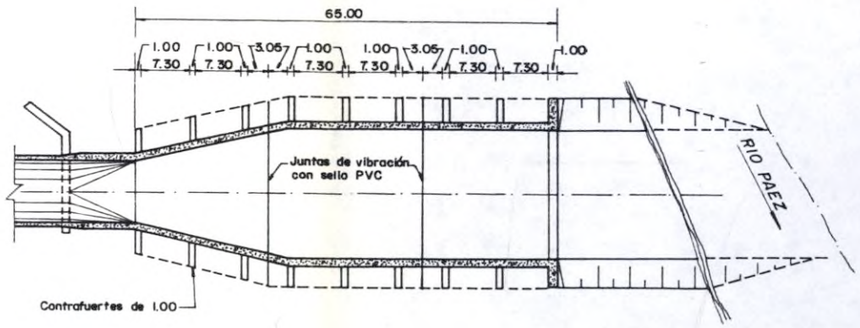
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA BIBLIOTECA



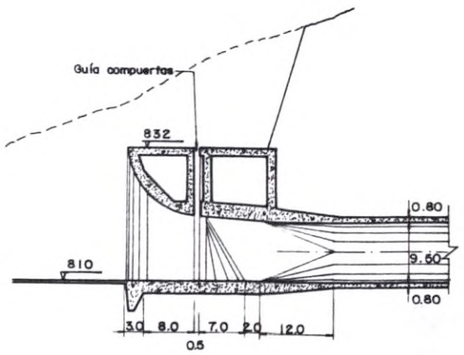
DESVIACION PAICOL – CORTE
ESCALA 1:4.000



PLANTA

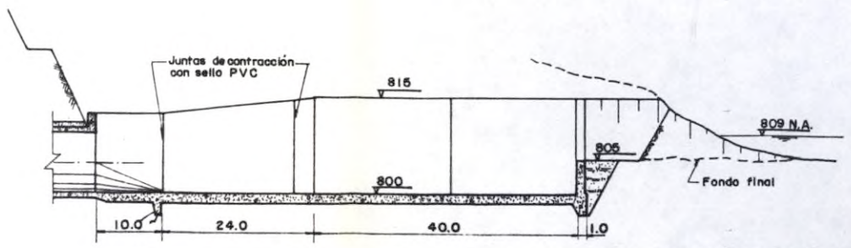


PLANTA



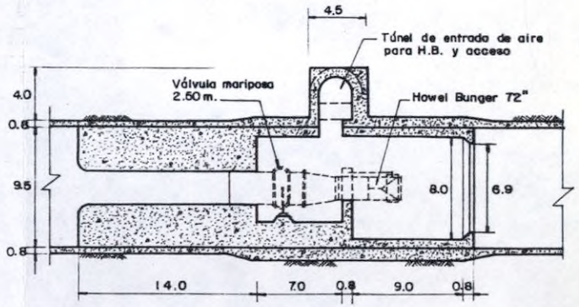
PERFIL

PORTAL DE ENTRADA DEL TUNEL DE DESVIACION
ESCALA 1:1.000



PERFIL

PORTAL DE SALIDA DE LA DESVIACION CON TANQUE DE AQUIETAMIENTO
ESCALA 1:1.000



DETALLE
DESCARGADOR DE FONDO
ESCALA 1:500

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S. A.

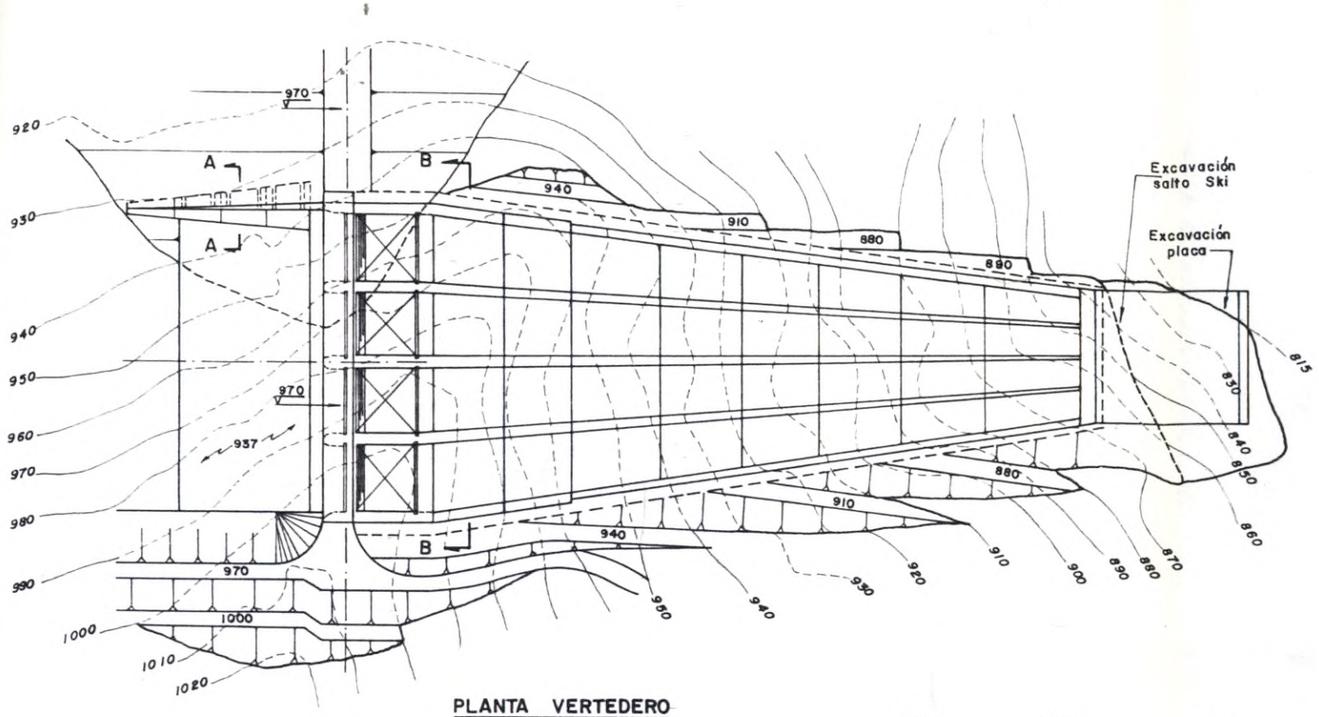
PROYECTO PAEZ LA PLATA

PROYECTO PAICOL

DESVIACION DESCARGA DE FONDO

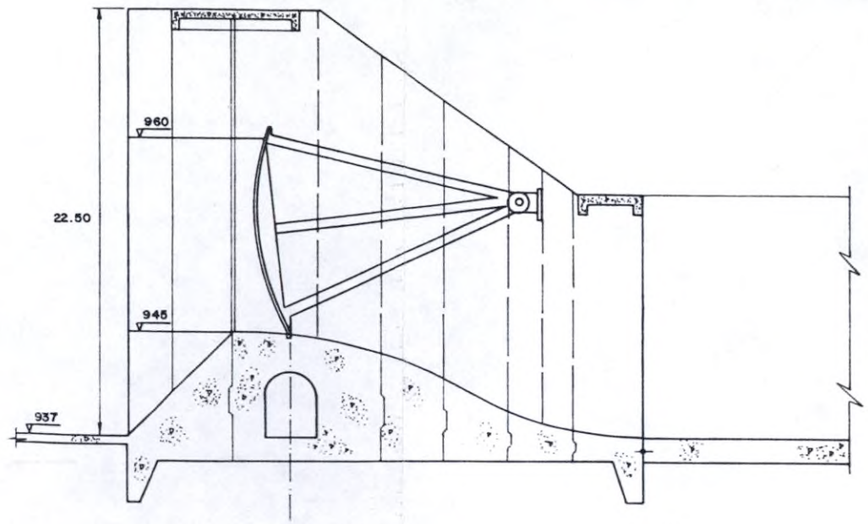
Diseñó: J. C. R.	Calculó:	Presentó:
Dibujó: R.V.B.	Revisó:	Aprobó:
consultoría colombiana	Escala: indicadas Fecha: Abril – 83	consultores civiles e hidráulicos

FIGURA 44



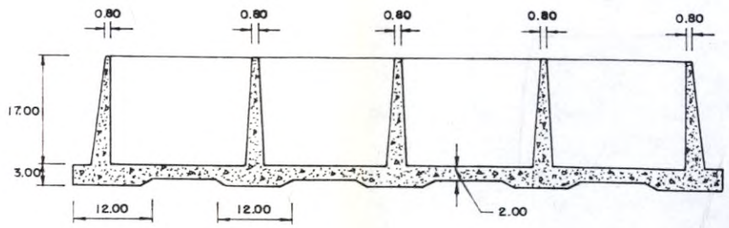
PLANTA VERTEDERO

ESCALA 1:2000



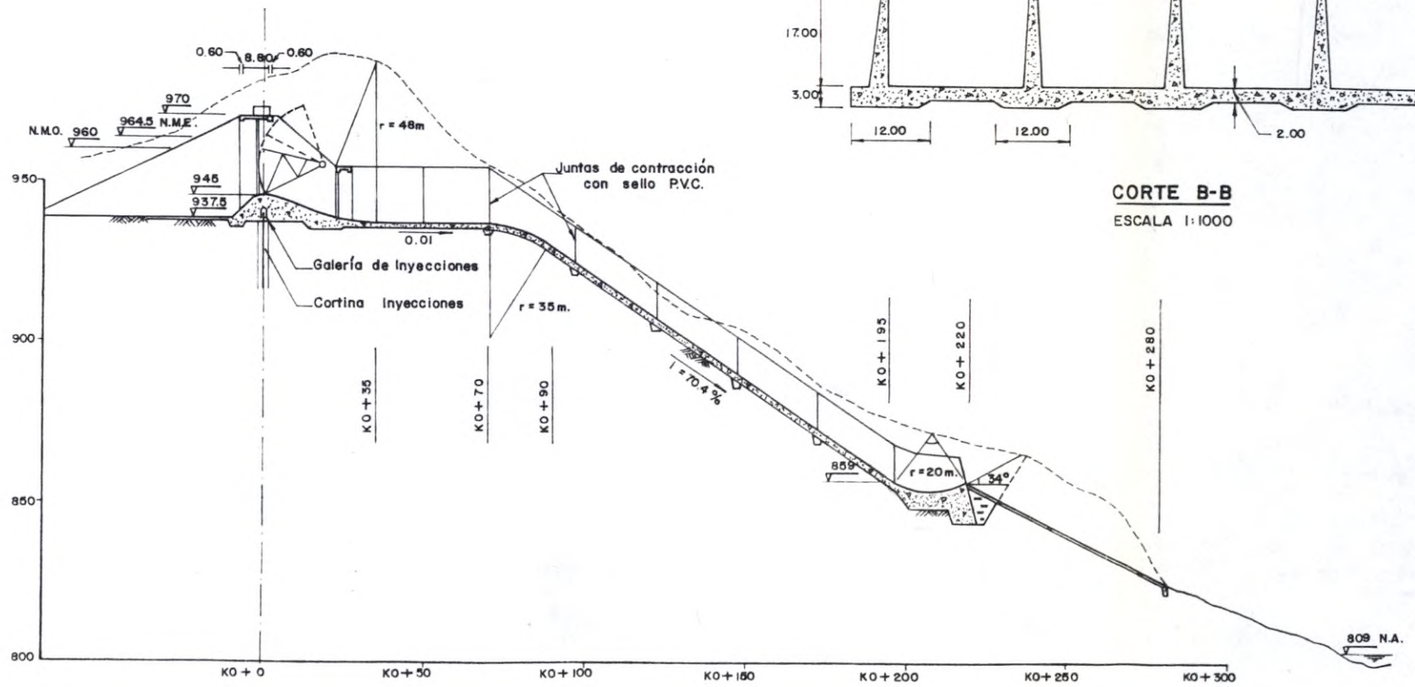
DETALLE CRESTA

ESCALA 1:500



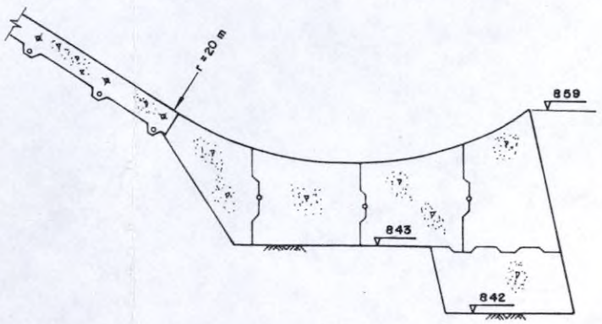
CORTE B-B

ESCALA 1:1000



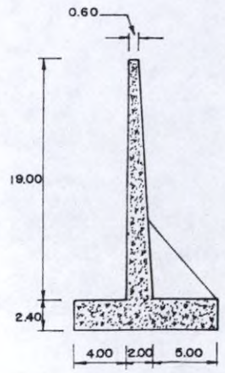
PERFIL VERTEDERO

ESCALA 1:2000



DETALLE SALTO DE SKI

ESCALA 1:500



CORTE A-A

ESCALA 1:500

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.

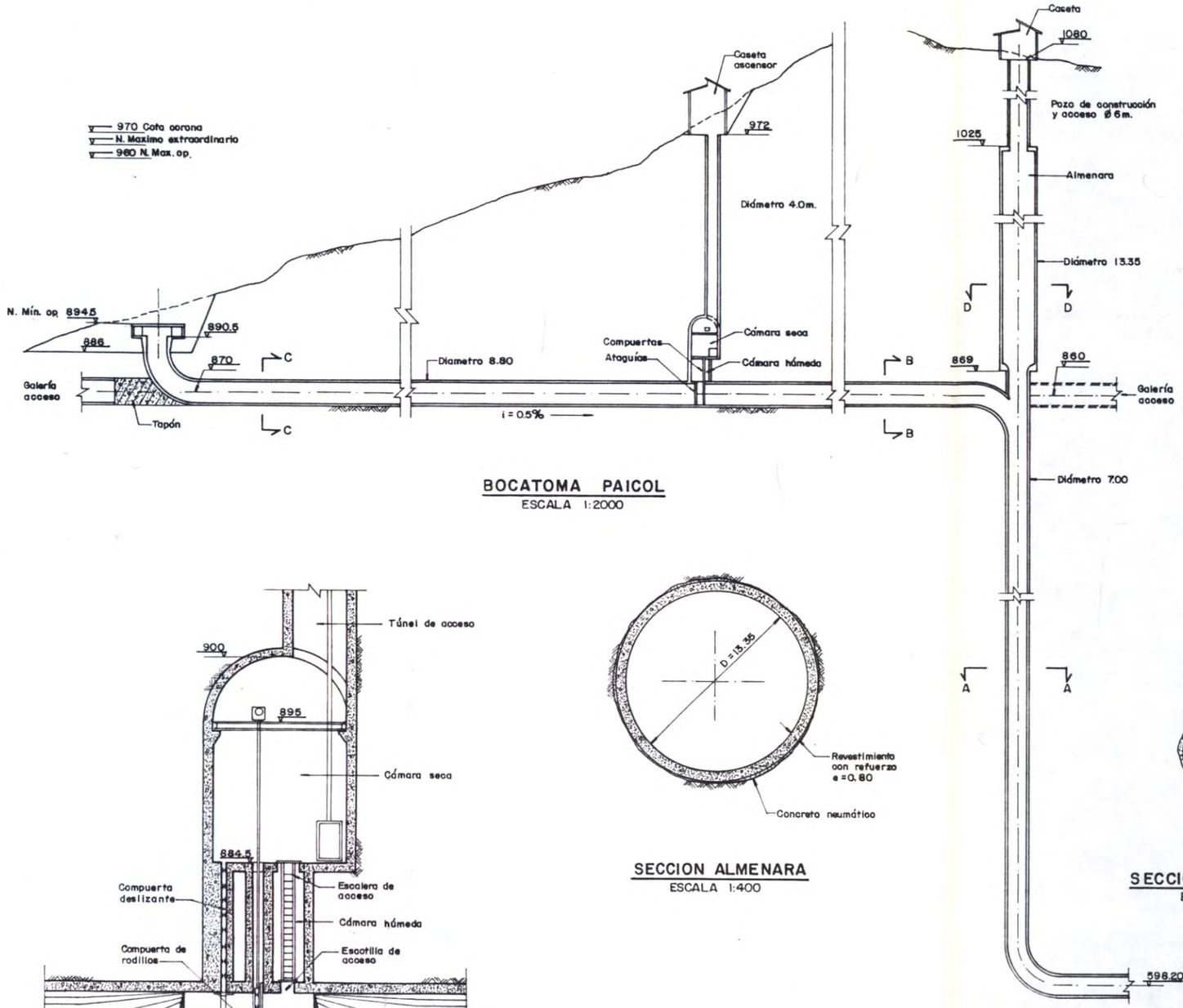
PROYECTO PAEZ LA PLATA

PROYECTO PAICOL

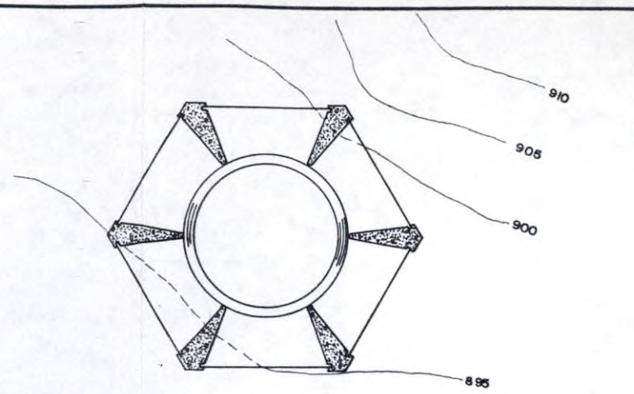
REBOSADERO : PLANTA-PERFIL- DETALLES

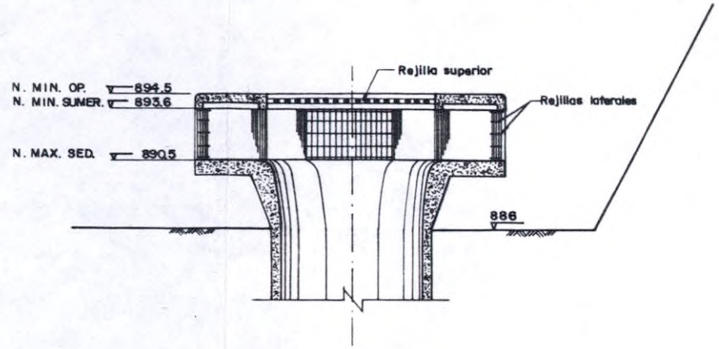
Diseñó:	Calculó:	Presentó:
Dibujó: M.C.R.	Revisó:	Aprobó:
consultoría colombiana	Escala: Indicadas	consultores civiles e hidráulicos
	Fecha: Abril - 83	

FIGURA 45

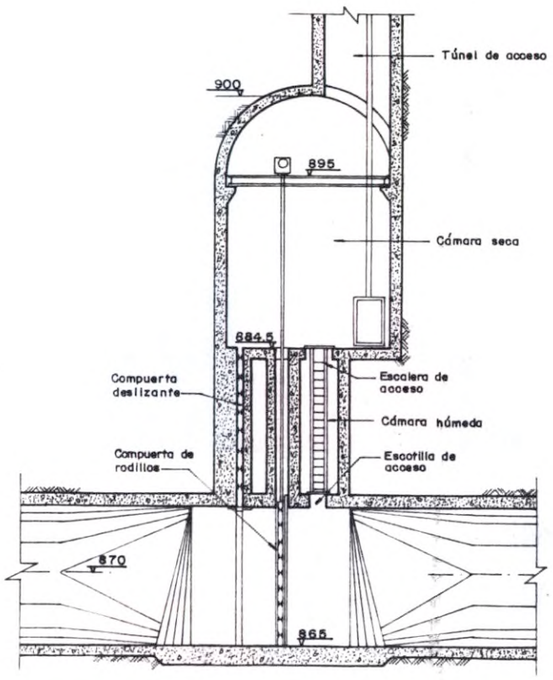


BOCATOMA PAICOL
ESCALA 1:2000



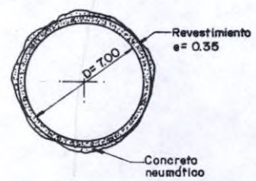


PLANTA Y CORTE
DETALLE BOCATOMA
ESCALA 1:400

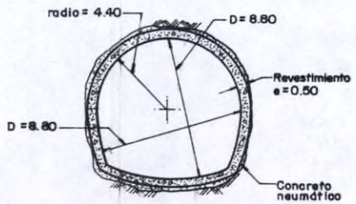


DETALLE COMPUERTAS
BOCATOMA PAICOL
ESCALA 1:400

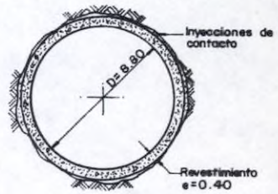
SECCION ALMENARA
ESCALA 1:400



SECCION TIPICA A-A
ESCALA 1:400



SECCION TIPICA B-B
ESCALA 1:400



SECCION TIPICA C-C
ESCALA 1:400

POZO Y ALMENARA
ESCALA 1:2000

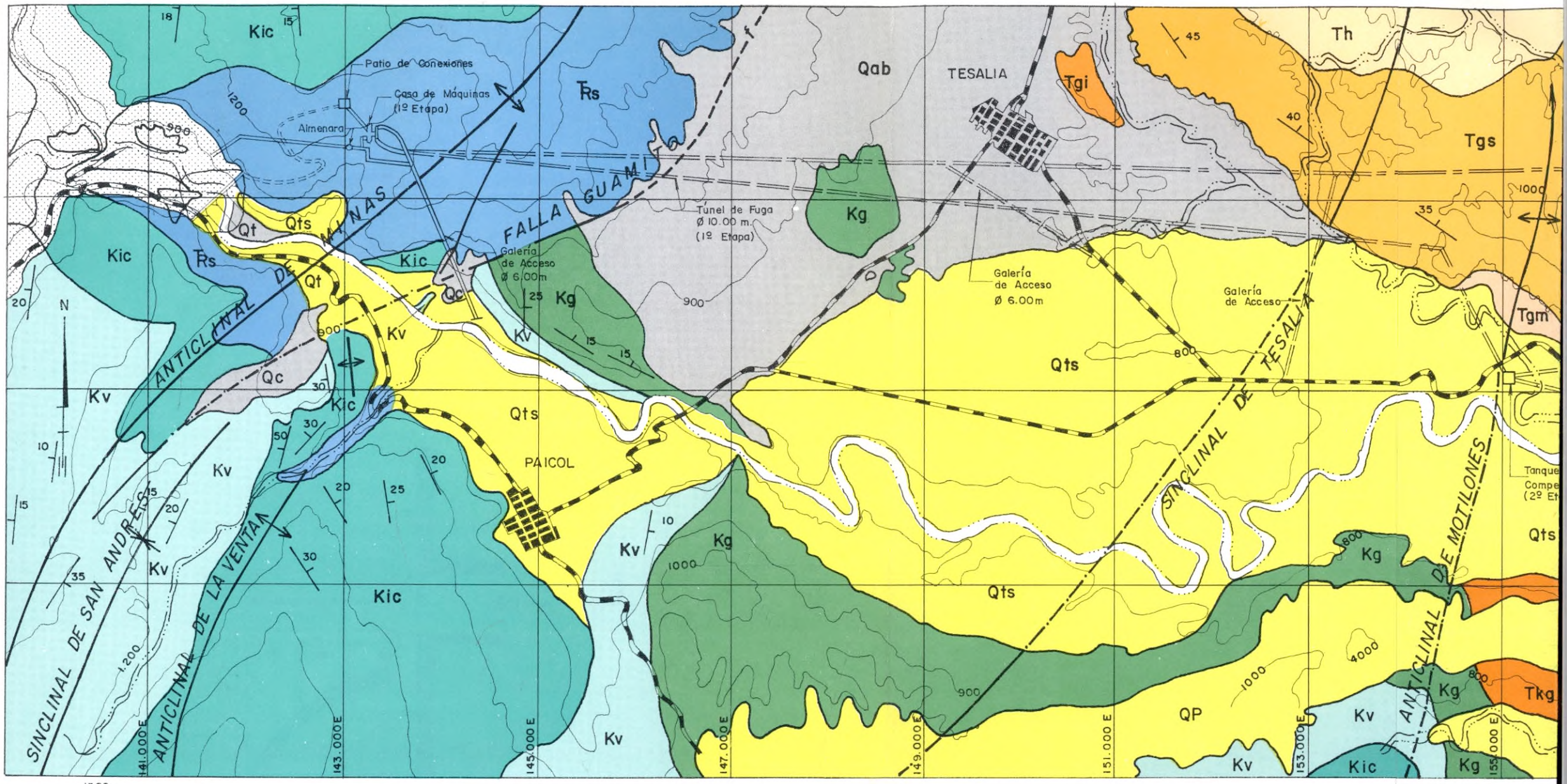
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S. A.
PROYECTO PAEZ - LA PLATA

PROYECTO PAICOL DESARROLLO EN UNA ETAPA

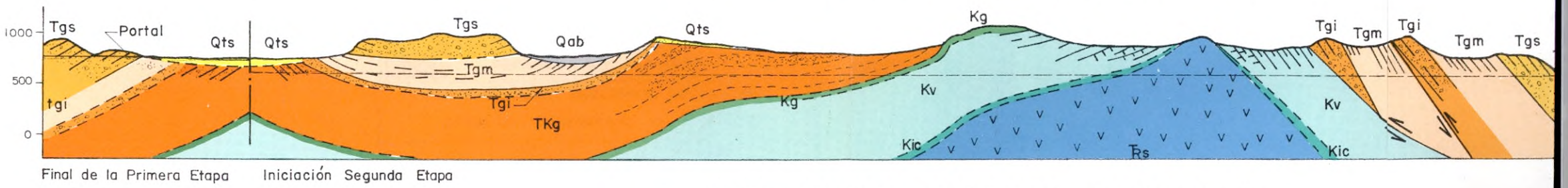
BOCATOMA - CONDUCCION Y ALMENARA

Diseñó:	Calculó:	Presentó:
Dibujó: R.V.B.	Revisó:	Aprobó:
consultoría colombiana	Escala: Indicadas	consultores civiles e hidráulicos
	Fecha: Abril - 83	

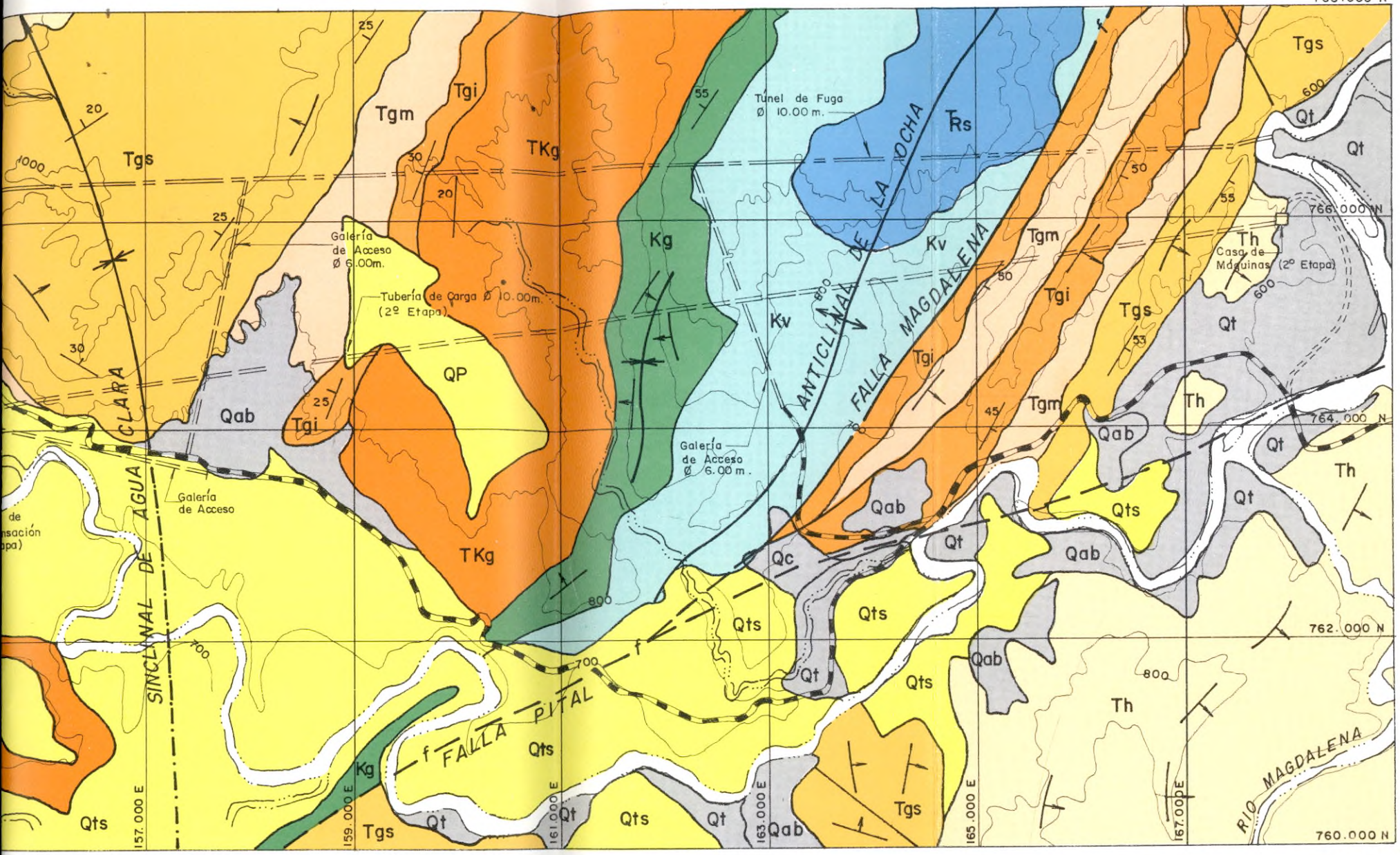
FIGURA 46

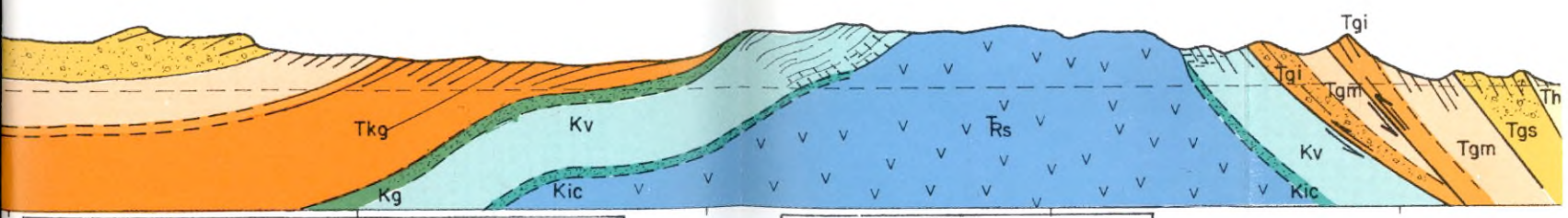


CORTE GEOLOGICO LONGITUDINAL ALTERNATIVA I



CORTE GEOLOGICO LONGITUDINAL ALTERNATIVA 2





CONVENCIONES LITOLOGICAS

- Qc Qab — Depósitos Coluvión Abanicos aluviales
- Qts — Depósito Tobaceo-Sedimentarios
- QP — Piroclastos
- Th — Formación Honda
- Tgs — Formación Gualanday Superior
- Tgm — Formación Gualanday Medio
- Tgi — Formación Gualanday Inferior
- Tkg — Fomación Guaduas
- Kg — Formación Guadalupe
- Kv — Formación Villeta
- Kic — Formación Caballos
- Rs — Formacion Saldaña

CONVENCIONES ESTRUCTURALES

- Eje anticlinal
- Eje sinclinal
- f — Fallamientos
- Falla asumida
- Rumbo y buzamiento
- Rumbo y buzamiento fotogeológico.

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.
PROYECTO PAEZ - LA PLATA

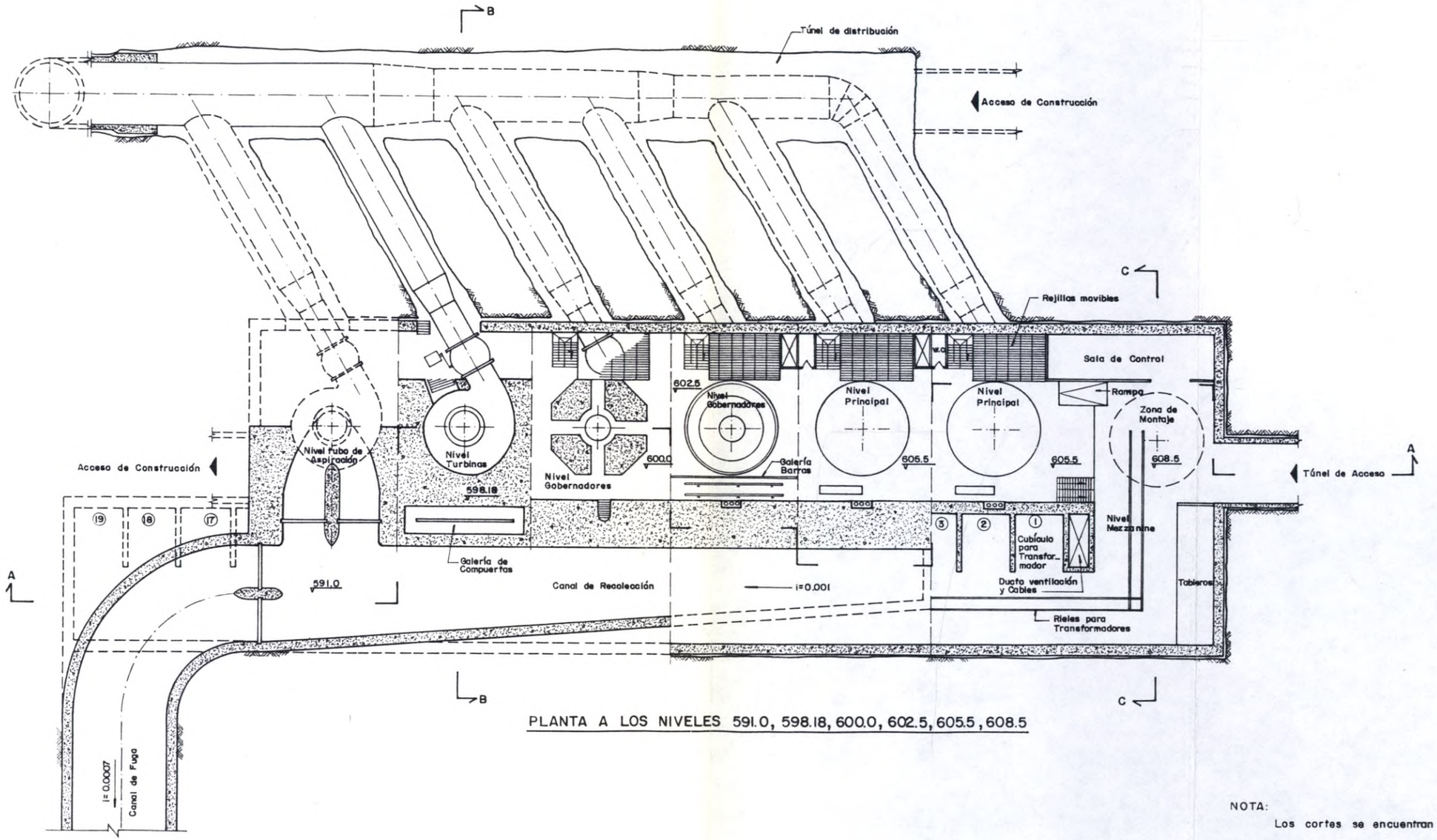
PROYECTO PAICOL

GEOLOGIA ZONA DE TUNELES

Diseñó:	Calculó:	Presentó:
Dibujó: M.C.R.	Revisó:	Aprobó:
consultoría colombiana	Escala: Indicada Fecha: Abril / 83	consultores civiles e hidráulicos

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA
BIBLIOTECA

FIGURA 47



PLANTA A LOS NIVELES 591.0, 598.18, 600.0, 602.5, 605.5, 608.5

NOTA:
Los cortes se encuentran en la figura 48.

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.

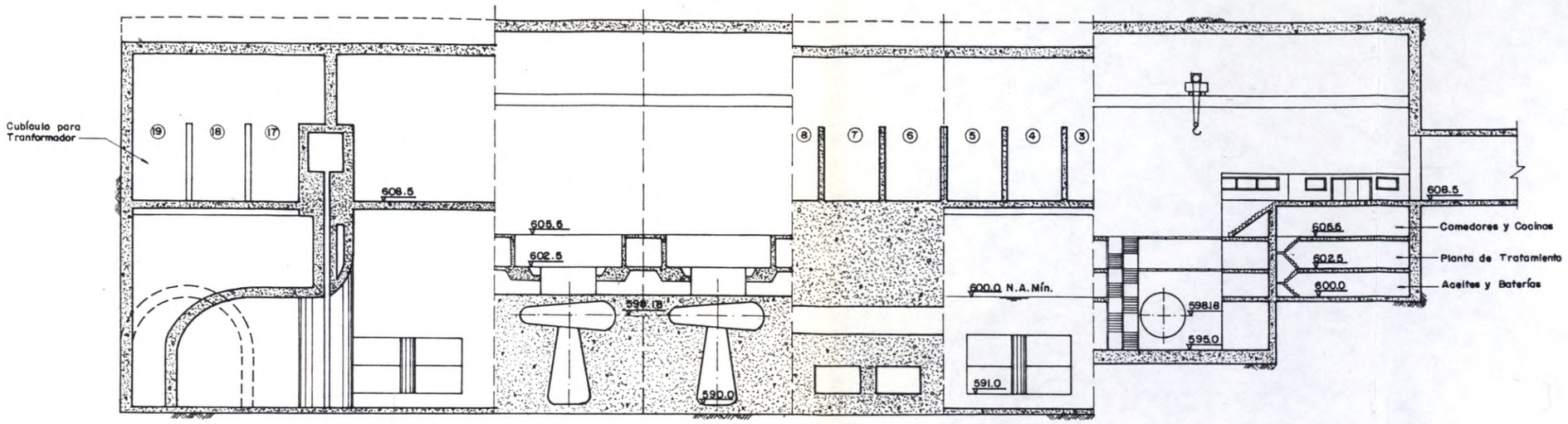
PROYECTO PAEZ - LA PLATA

PROYECTO PAICOL - DESARROLLO EN UNA ETAPA

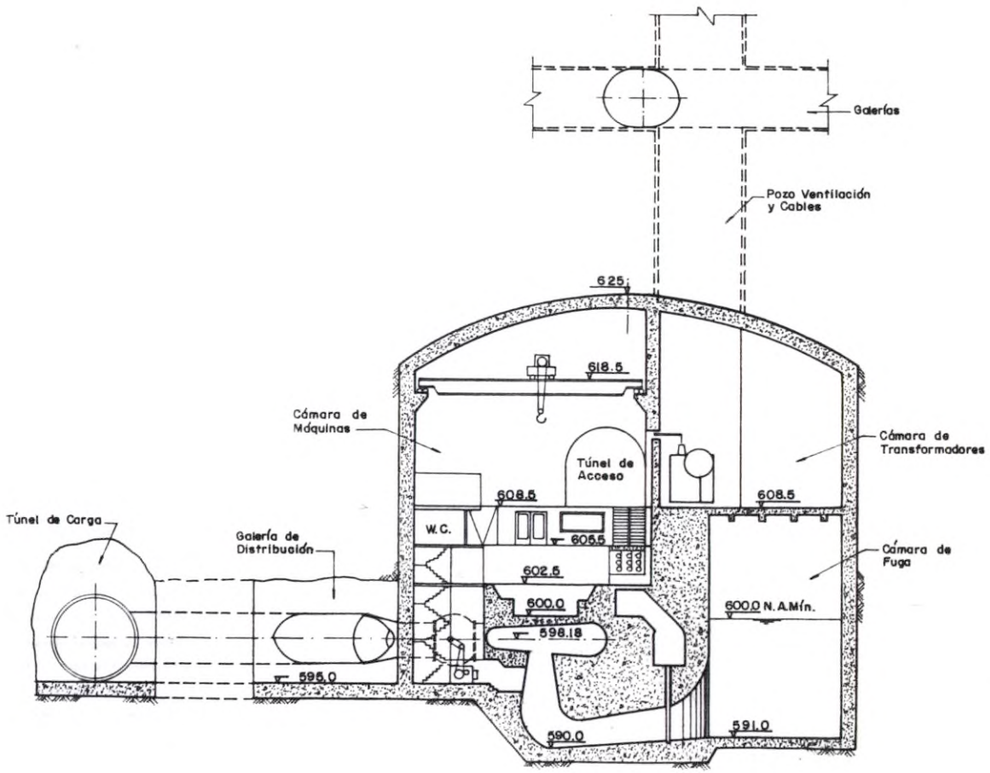
CASA DE MAQUINAS — PLANTA

Diseñó: J.C.R.	Calculó:	Presentó:
Dibujó: R.V.B.	Revisó:	Aprobó:
consultoría colombiana	Escala: 1: 500	consultores civiles e hidráulicos
	Fecha: Abril - 83	

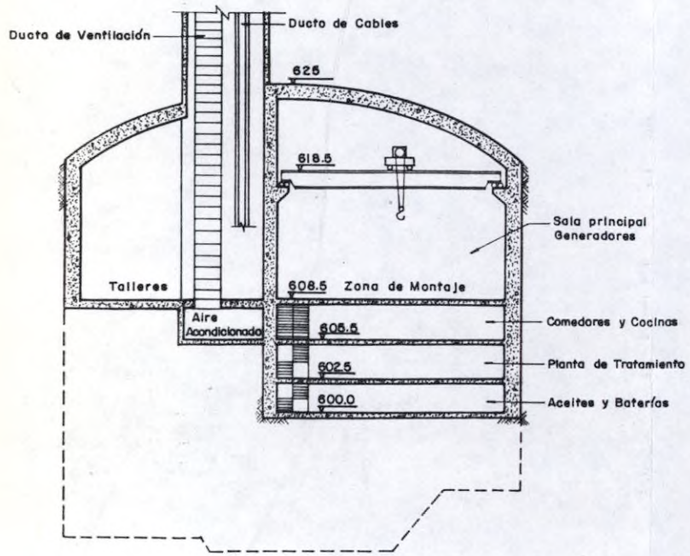
FIGURA 48



CORTE A-A



CORTE B-B



CORTE C-C

NOTA:
Los cortes se encuentran indicados en la figura 47.

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S. A.

PROYECTO PAEZ - LA PLATA

PROYECTO PAICOL - DESARROLLO EN UNA ETAPA

CASA DE MAQUINAS - CORTES

Diseñó: J.C.R.	Calculó:	Presentó:
Dibujó: R.V.B.	Revisó:	Aprobó:
consultoría colombiana	Escala: 1:500	consultores civiles e hidraulicos
	Fecha: Abril-83	

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA
BIBLIOTECA

FIGURA 49

MACAMA II | MACAMA I | POPAYAN II | POPAYAN I | BETANIA II | BETANIA I | QUIMBO II | QUIMBO I

TRANSFORMADOR DE POTENCIAL · SINCRO · C.P.D. · COMUNICACIONES

87B · I · RL · RR · R

230 kV. B.T

230 kV. B.P

Cable aislado en SF_6

CENTRAL SUBTERRANEA

Banco de tres (3) transformadores monofasicos de 70 MVA relación 13.8/230÷√3 kV Refrigeración FOW

87T · 87GT · Y-Δ

	AUXILIARES UNIDAD 1	AUXILIARES UNIDAD 2	AUXILIARES UNIDAD 3	AUXILIARES UNIDAD 4	AUXILIARES UNIDAD 5	AUXILIARES UNIDAD 6
	UNIDAD 1	UNIDAD 2	UNIDAD 3	UNIDAD 4	UNIDAD 5	UNIDAD 6
	183 MVA	183 MVA	183 MVA	183 MVA	183 MVA	183 MVA
	13.8 kV	13.8 kV	13.8 kV	13.8 kV	13.8 kV	13.8 kV
	60 Hz	60 Hz	60 Hz	60 Hz	60 Hz	60 Hz
	G-1	G-2	G-3	G-4	G-5	G-6

87G · PG · 64G

CONVENCIONES :

- Pararrayos
- Interruptor de Potencia
- Transformadores de Corriente
- Generador de Energía
- Transformador de Potencia
- Transformador de Potencial (Voltaje)
- Protección diferencial de Barraje
- Protección diferencial del Transformador
- Protección diferencial del Generador
- Protección diferencial del Grupo
- Instrumentos (Amperímetros, Contadores, etc.)
- Protecciones de Línea
- Protección de Retaguardia para la Línea
- Relés de Protección
- Protecciones Generador
- Protección a Tierra Generador

NOTA :

OTROS TIPOS DE DISPOSICION COMO: BARRAJE SECCIONADO, DOBLE BARRAJE, INTERRUPTOR Y MEDIO, ETC..... SE DEBERAN ESTUDIAR DURANTE LAS ETAPAS POSTERIORES.

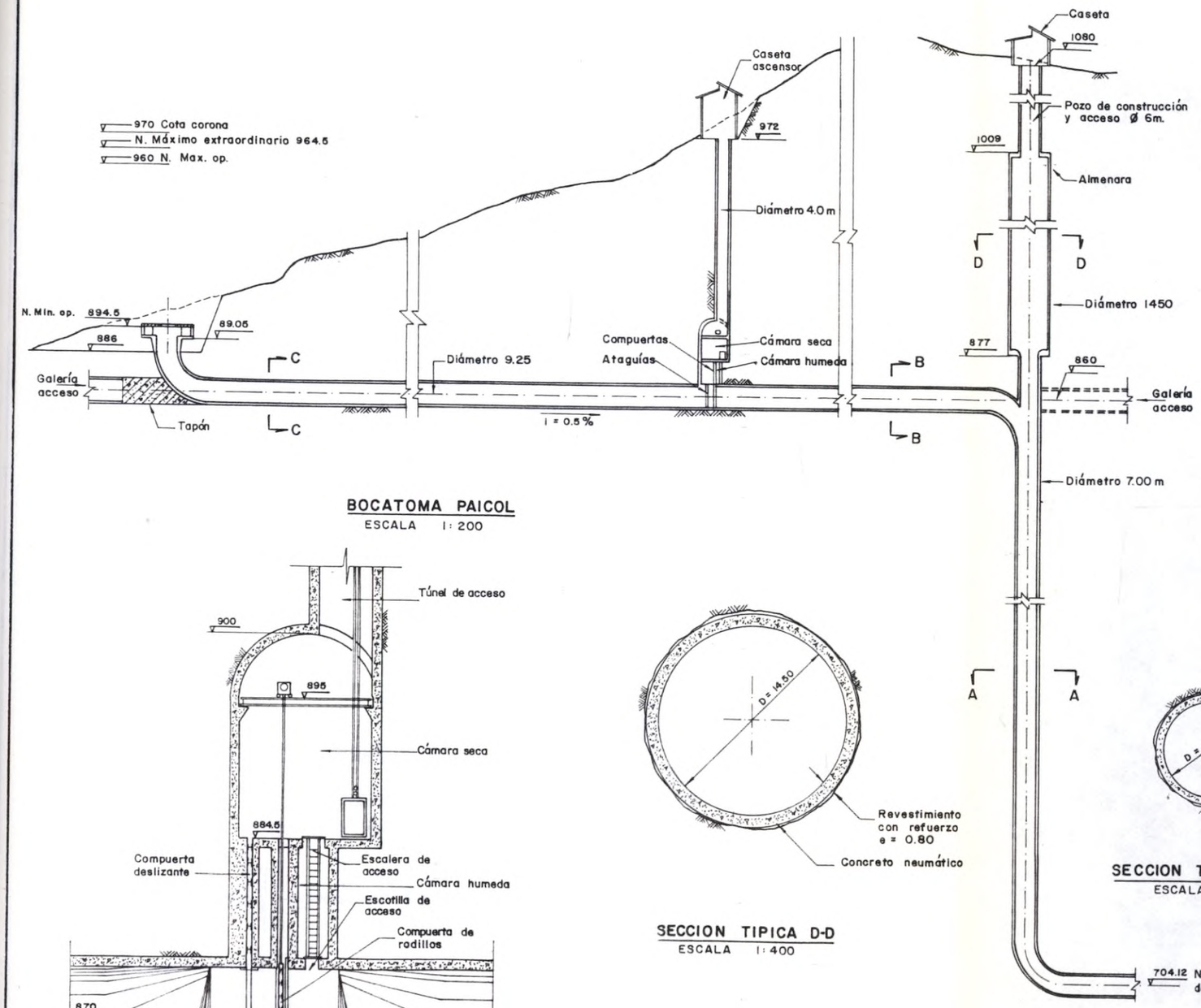
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.
PROYECTO PAEZ - LA PLATA

PROYECTO PAICOL DESARROLLO EN UNA ETAPA

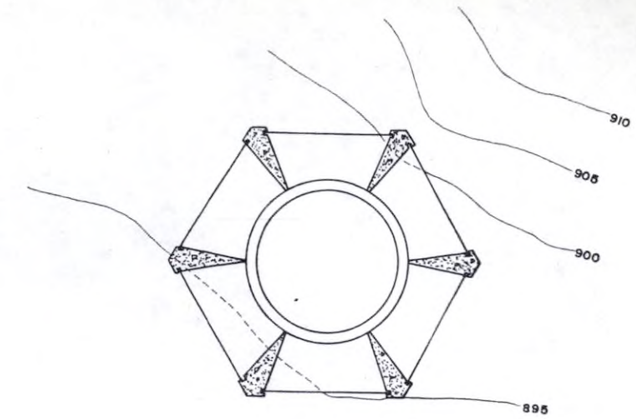
DIAGRAMA UNIFILAR DEL PATIO DE CONEXIONES

Diseño:	Calculo:	Presento:
Dibujo:	Revisó:	Aprobó:
consultoria colombiana	Escala:	consultores civiles e hidraulicos
	Fecha: Abril-83	

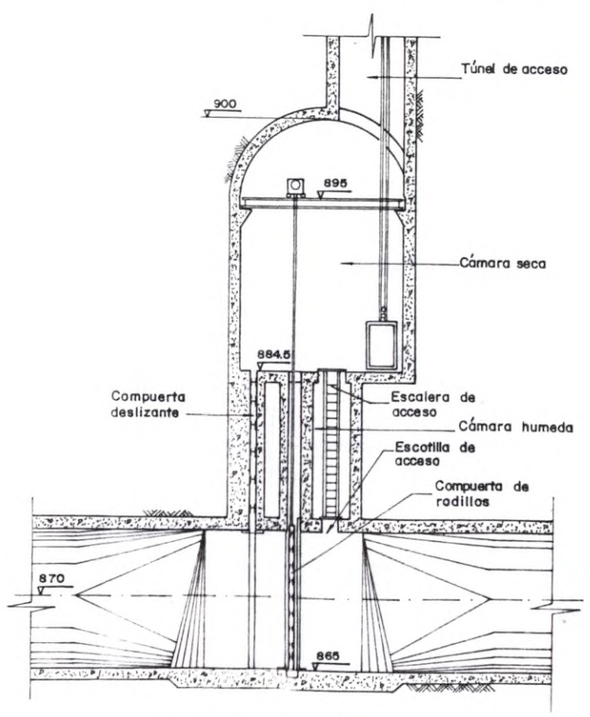
FIGURA 50



BOCATOMA PAICOL
ESCALA 1:200

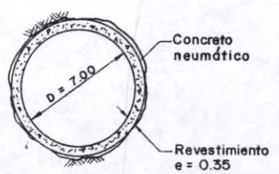


PLANTA Y CORTE
DETALLE BOCATOMA
ESCALA 1:400

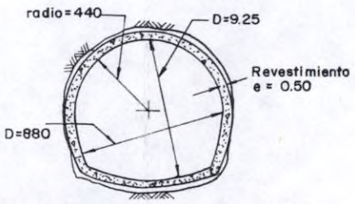


DETALLE COMPUERTAS
BOCATOMA PAICOL
ESCALA 1:400

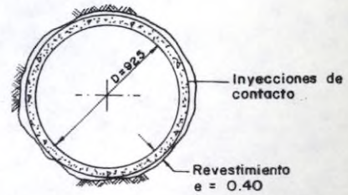
SECCION TIPICA D-D
ESCALA 1:400



SECCION TIPICA A-A
ESCALA 1:400



SECCION TIPICA B-B
ESCALA 1:400



SECCION TIPICA C-C
ESCALA 1:400

POZO Y ALMENARA
ESCALA 1:200

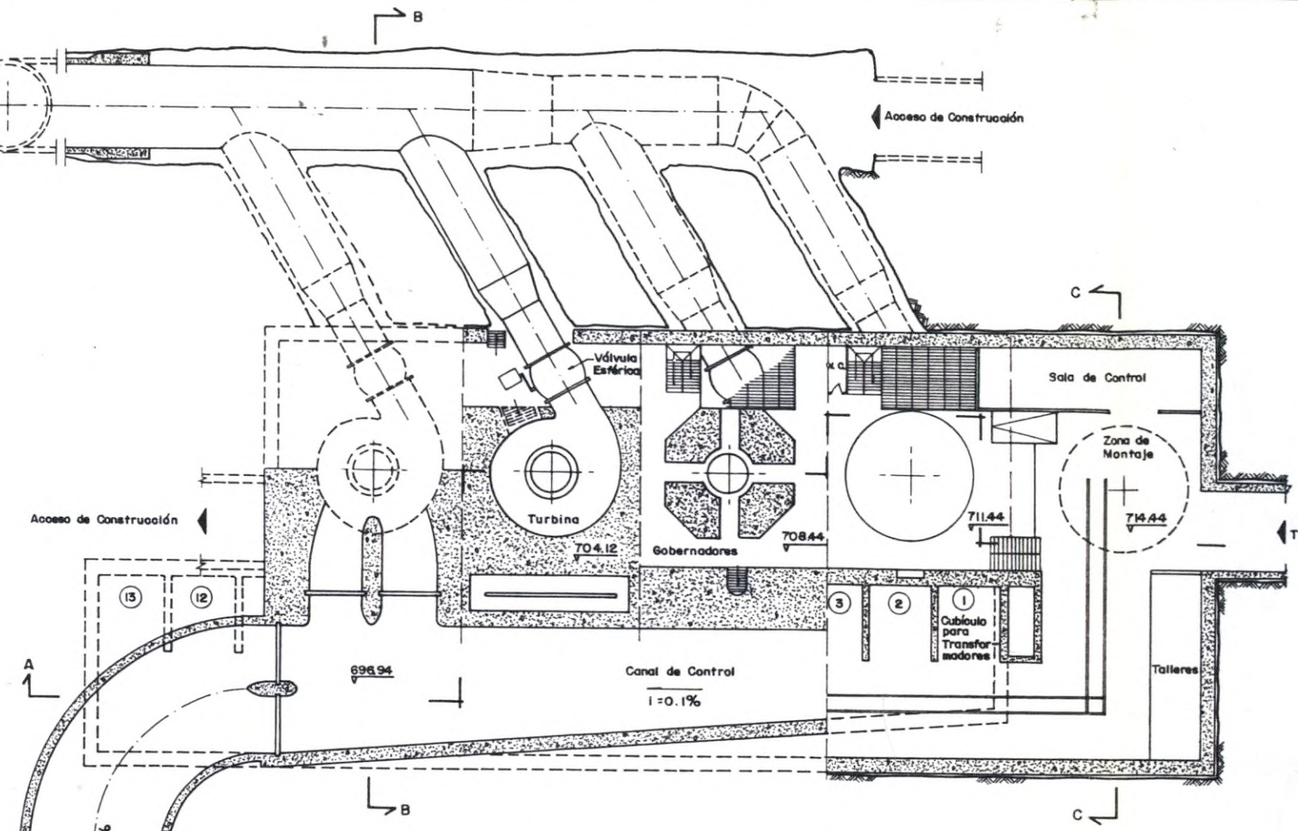
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.
icel
PROYECTO PAEZ LA PLATA

PROYECTO PAICOL I DESARROLLO EN CASCADA

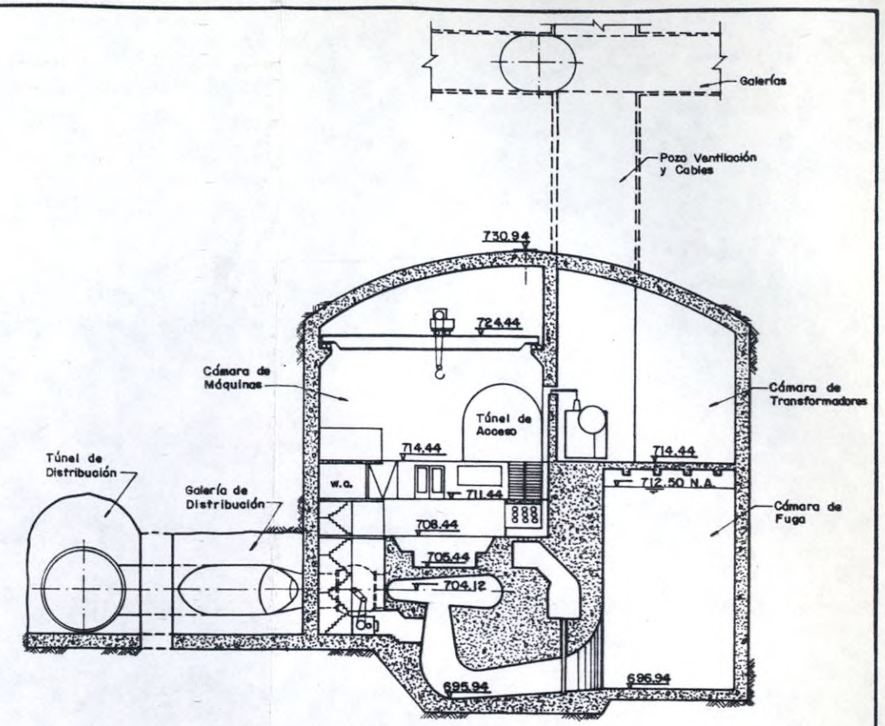
BOCATOMA - CONDUCCION Y ALMENARA

Diseñó:	Calculó:	Presentó:
Dibujó: M.C.R.	Revisó:	Aprobó:
consultoría colombiana	Escala: Indicadas	consultores civiles e hidráulicos
	Fecha: Abril-83	

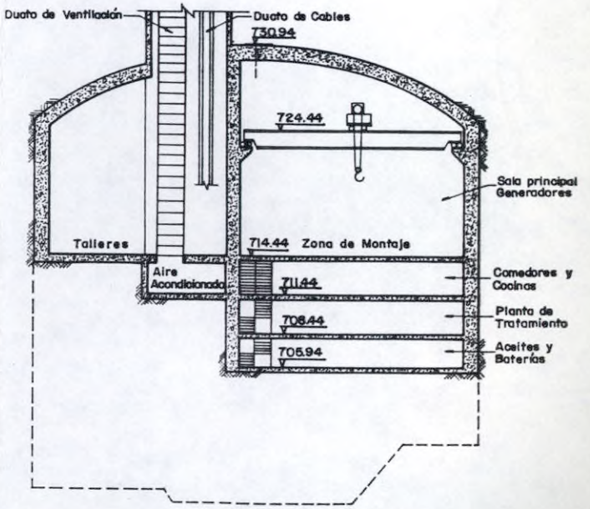
FIGURA 51



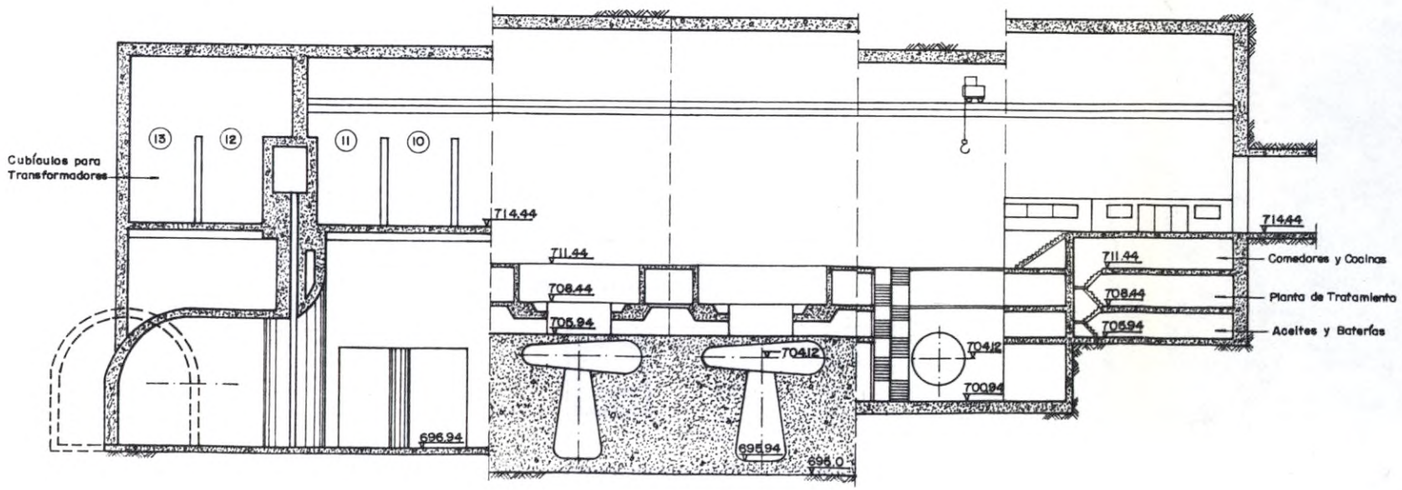
PLANTA A LAS COTAS 696.94, 704.12, 708.44, 714.44



CORTE B-B



CORTE C-C



CORTE A-A

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.

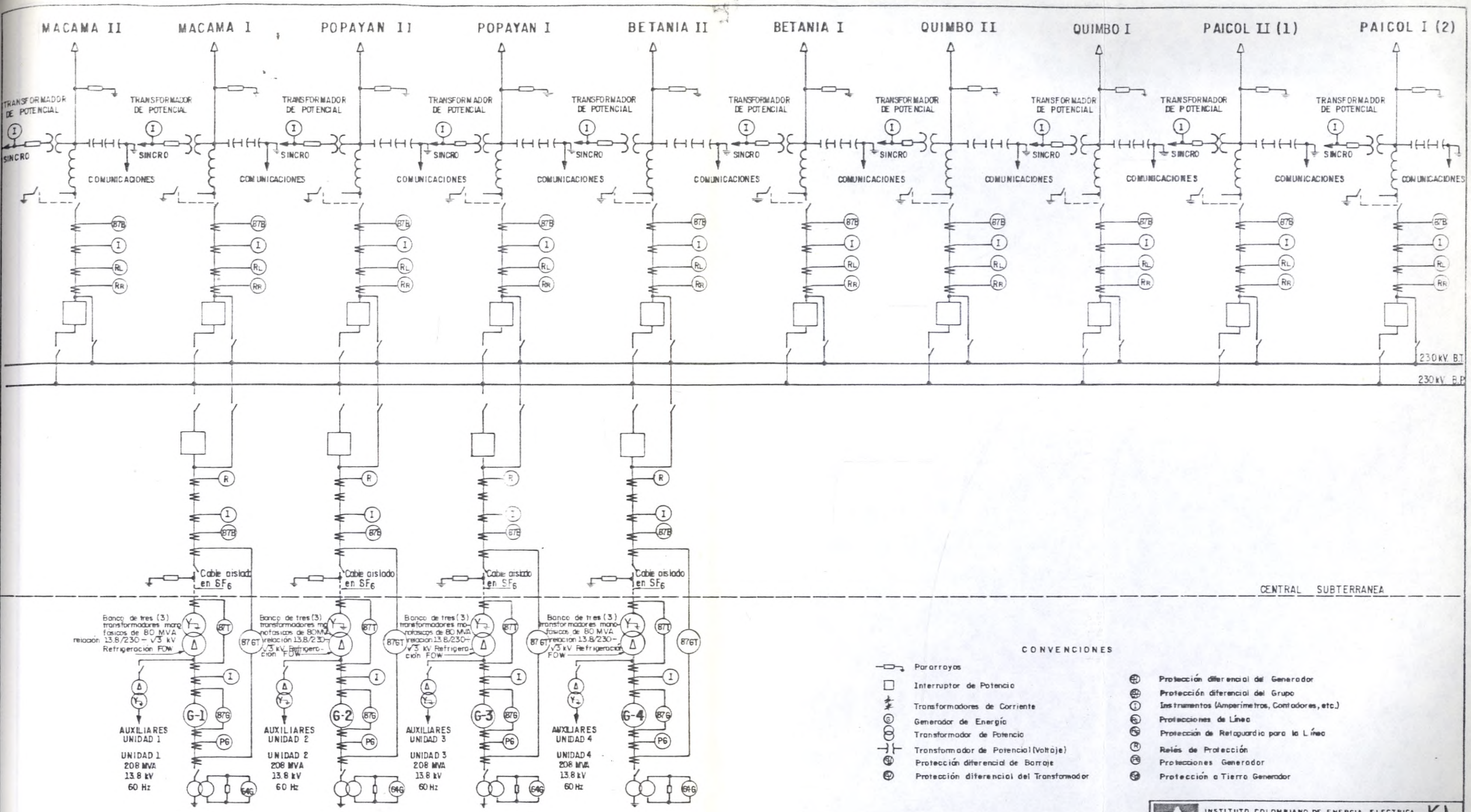
PROYECTO PAEZ LA PLATA

PROYECTO PAICOL I - DESARROLLO EN CASCADA

CASA DE MAQUINAS COTA 712.50

Diseñó:	Calculó:	Presentó:
Dibujó: R.V.B.	Revisó:	Aprobó:
consultoría colombiana	Escala: 1:500	consultores civiles e hidráulicos
	Fecha Abril-85	

FIGURA 52



NOTA:
OTROS TIPOS DE DISPOSICION COMO: BARRAJE SECCIONADO, DOBLE BARRAJE, INTERRUPTOR Y MEDIO, ETC.... SE DEBERAN ESTUDIAR DURANTE LAS ETAPAS POSTERIORES.

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.
PROYECTO PAEZ - LA PLATA

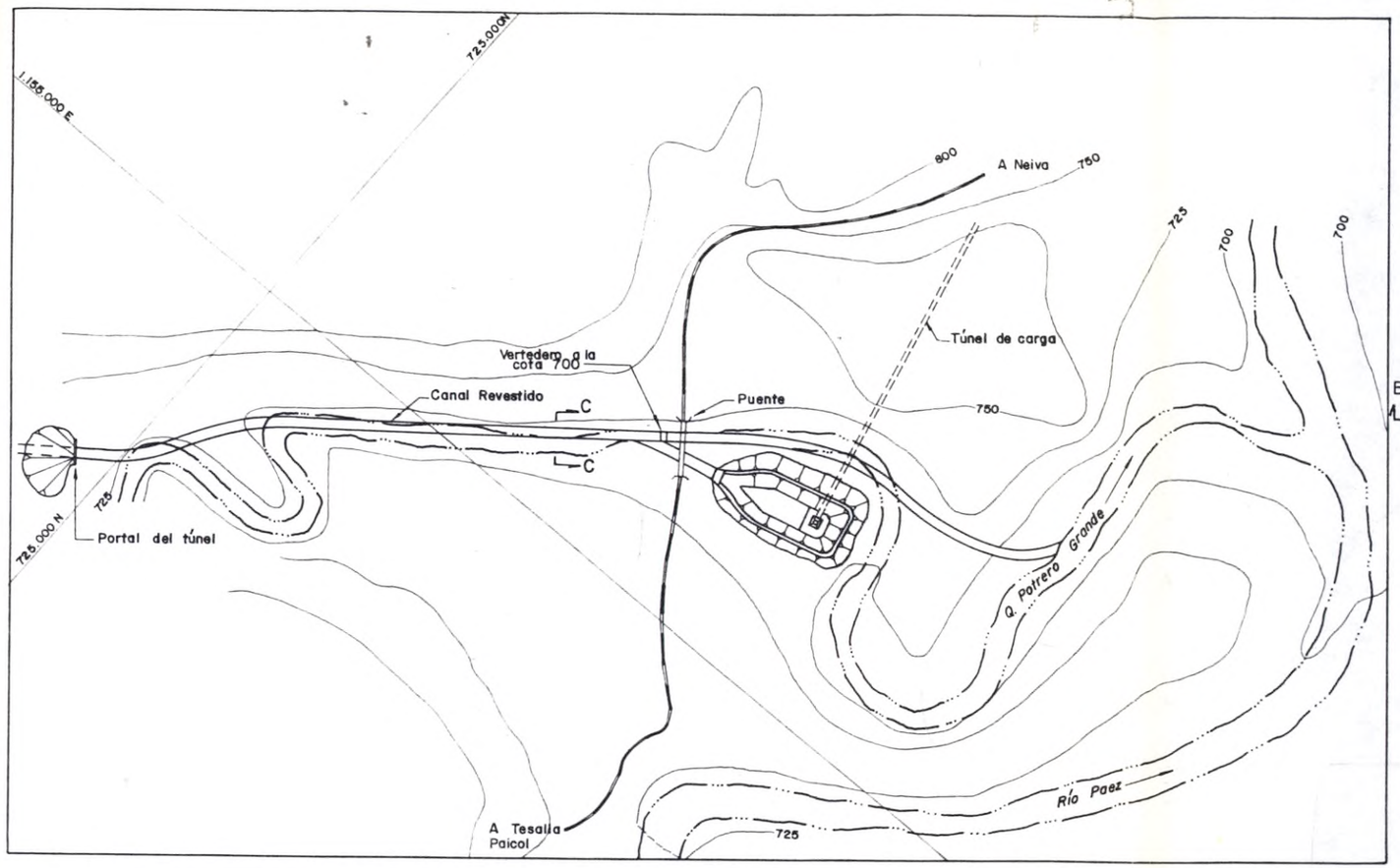
PROYECTO PAICOL I

DIAGRAMA UNIFILAR DEL PATIO DE CONEXIONES

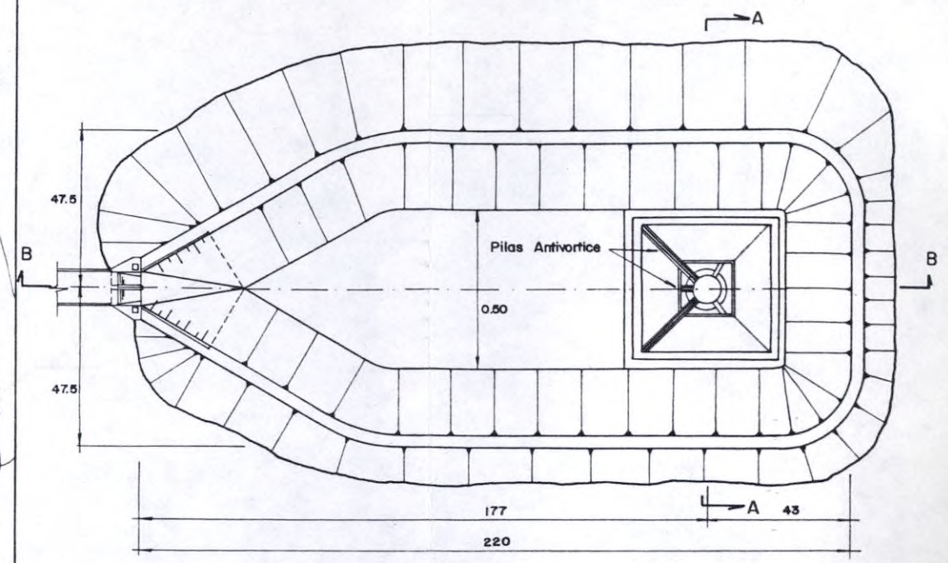
Diseño	Calculo	Presente
Dibujo	Revisa	Aprobe

consultoría colombiana | Escala | Fecha Abril - 83 | consultores civiles e hidráulicos

FIGURA 53

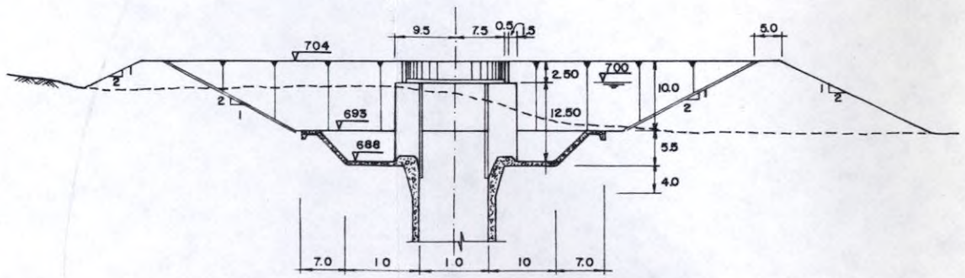


LOCALIZACION DEL TANQUE DE COMPENSACION
ESCALA 1: 10.000

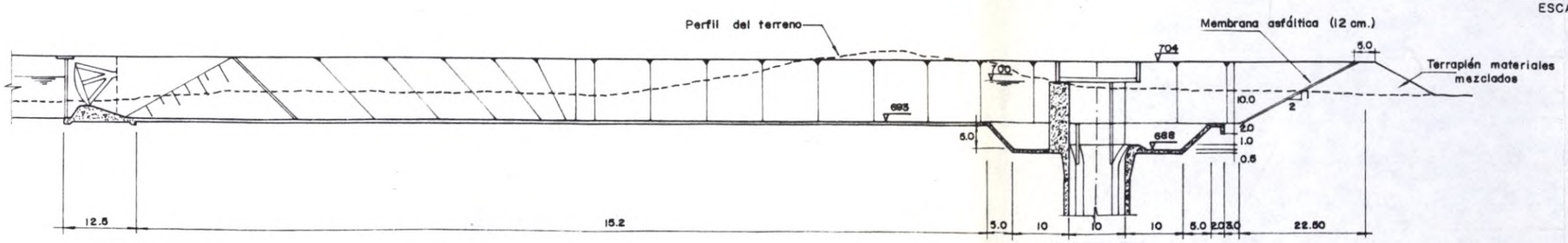


PLANTA TANQUE DE COMPENSACION
ESCALA 1:2.000

CORTE C-C
SECCION CANAL
ESCALA 1: 500



CORTE A-A
CORTE TANQUE DE COMPENSACION
ESCALA 1: 1.000



CORTE B-B
PERFIL TANQUE DE COMPENSACION
ESCALA 1: 1.000

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.

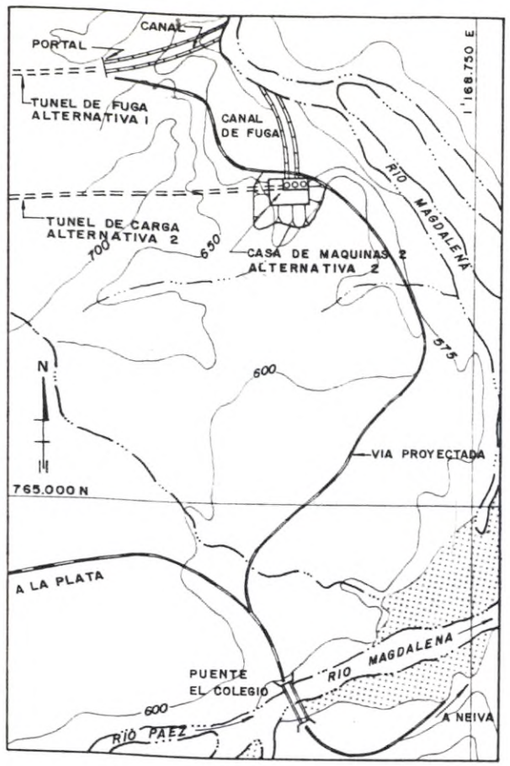
PROYECTO PAEZ LA PLATA

PROYECTO PAICOL II DESARROLLO EN CASCADA

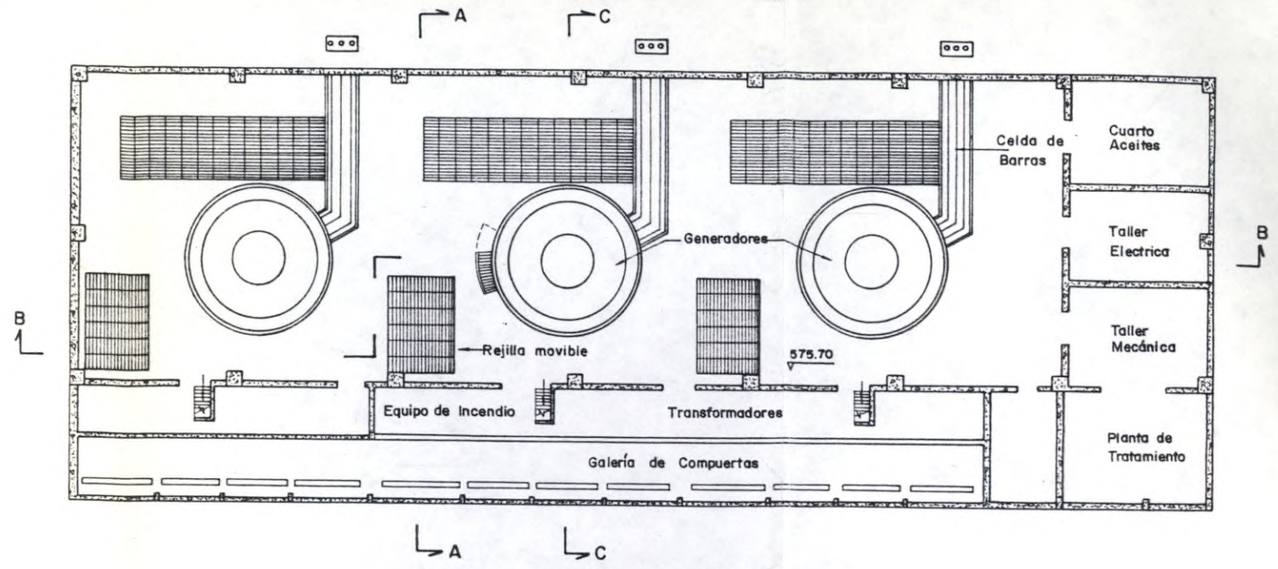
TANQUE DE COMPENSACION

Diseñó:	Calculó:	Presentó:
Dibujó: M.C.R.	Revisó:	Aprobó:
consultoría colombiana	Escala: Indicadas	consultores civiles e hidráulicos
	Fecha: Abril - 83	

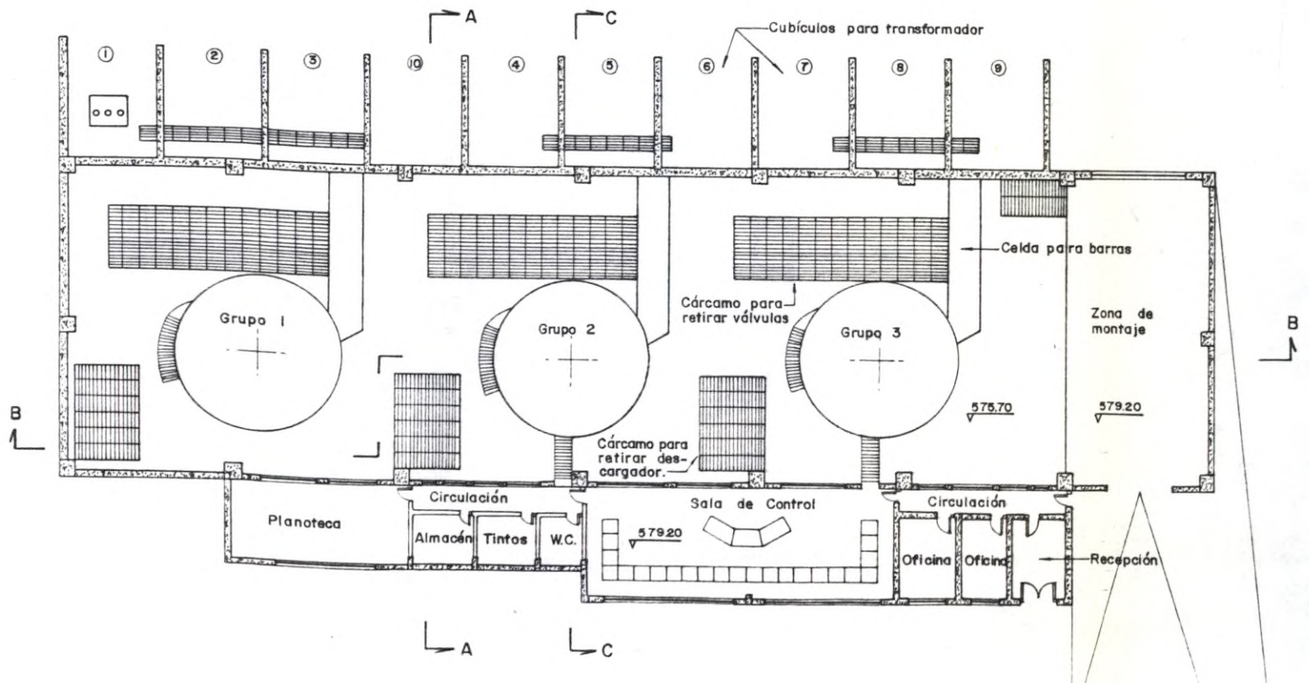
FIGURA 54



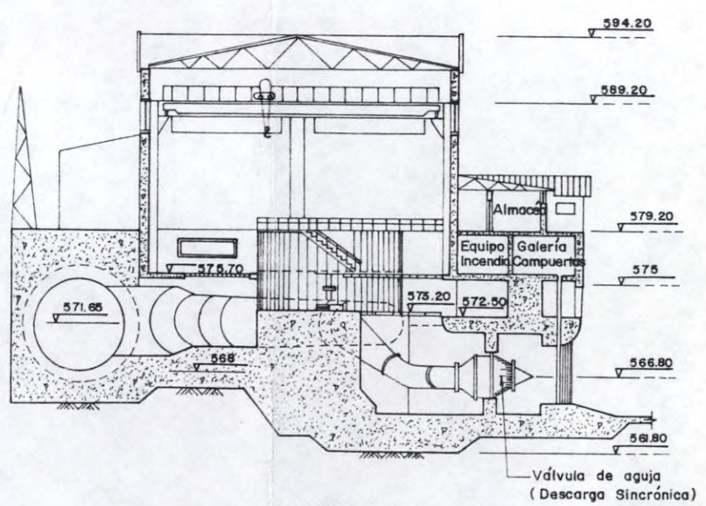
LOCALIZACION
CASA DE MAQUINAS
ESCALA 1:25.000



PLANTA AL NIVEL 575.70
ESCALA 1:500



PLANTA A LA COTA 579.20
ESCALA 1:500



CORTE A-A
ESCALA 1:500

NOTA:
Los cortes B-B y C-C se encuentran localizados en la figura 55.

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.

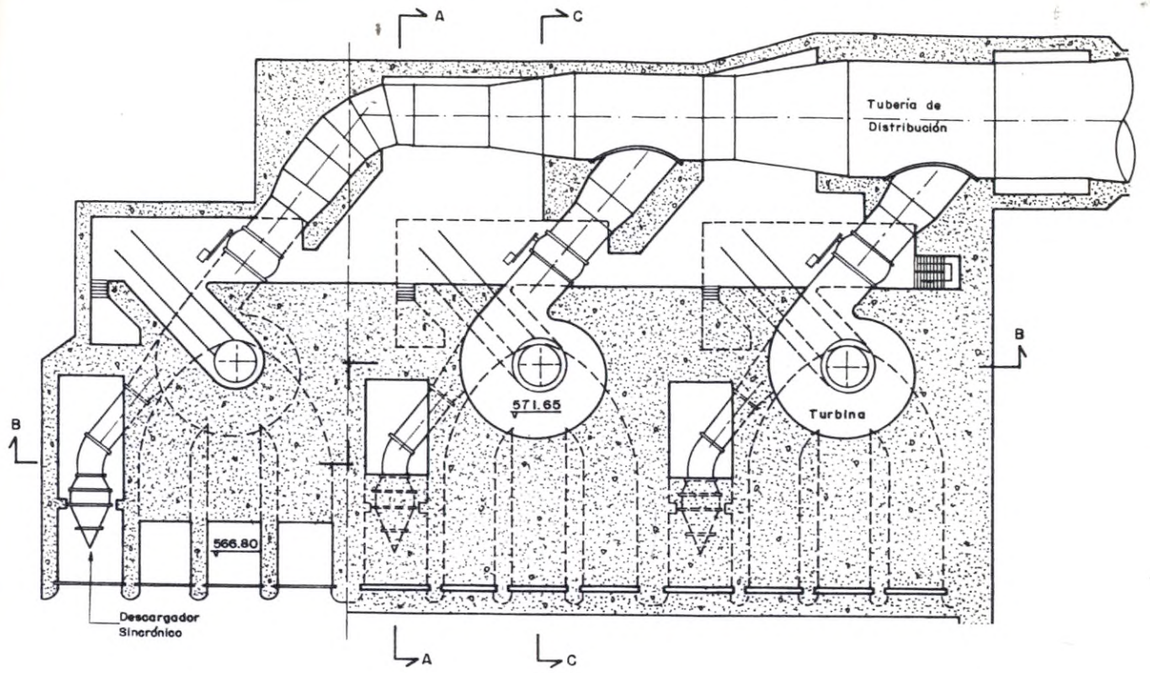
PROYECTO PAEZ - LA PLATA

PROYECTO PAICOL II-DESARROLLO EN CASCADA

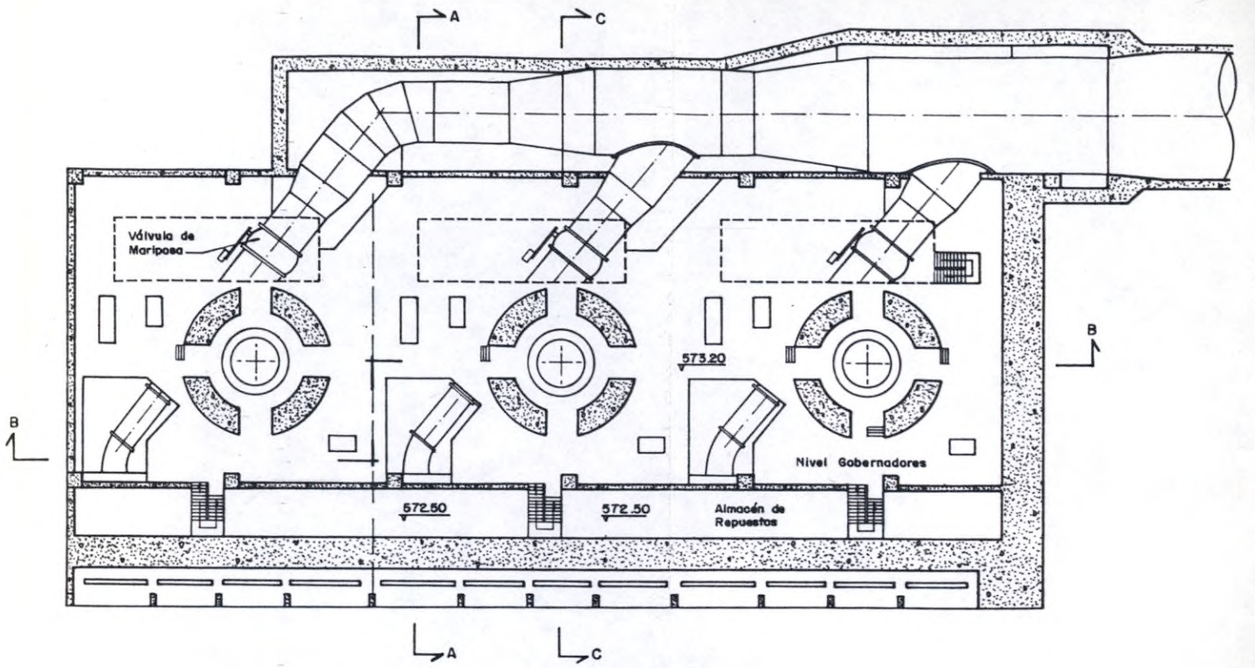
CASA DE MAQUINAS

Diseñó: L. F. P.	Calculó:	Presentó:
Dibujó: M. C. R.	Revisó:	Aprobó:
consultoría colombiana	Escala: Indicadas Fecha: Abril - 83	consultores civiles e hidráulicos

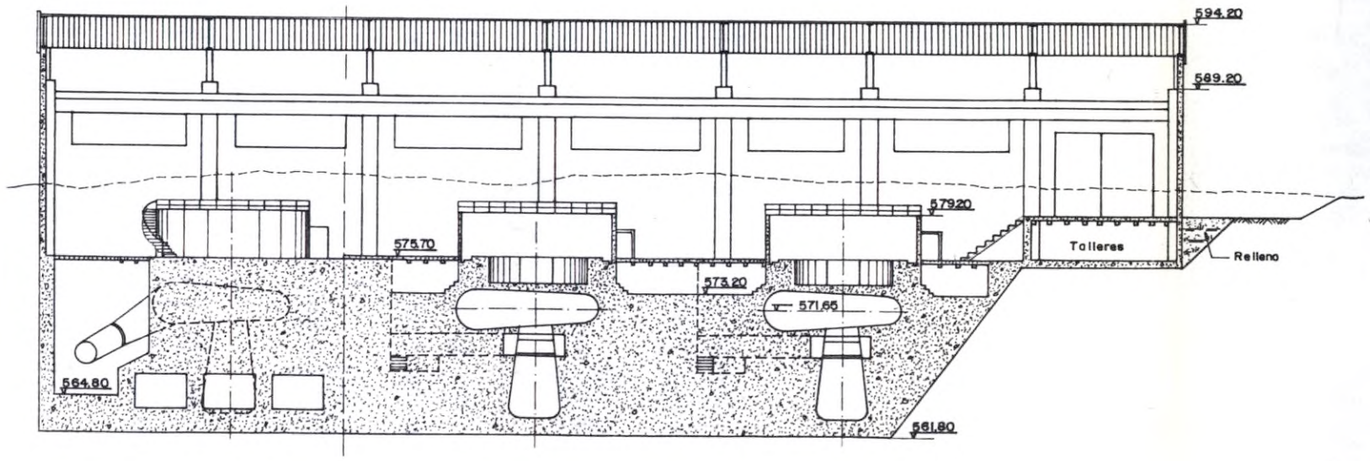
FIGURA 55



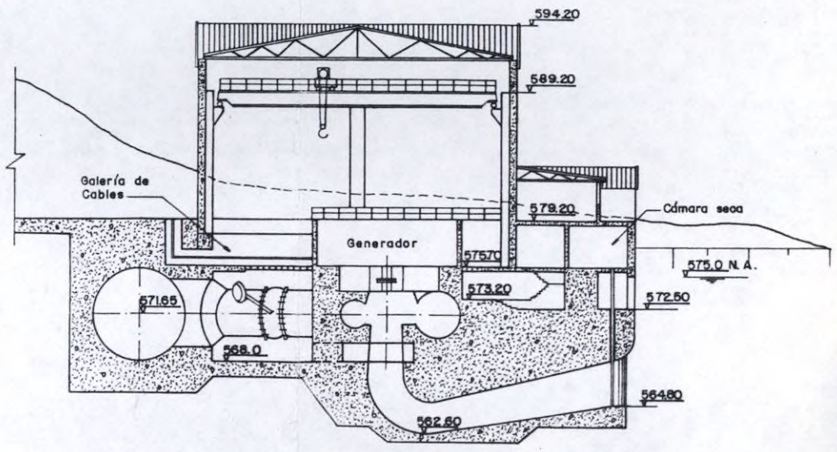
PLANTA A LOS NIVELES 566.80 Y 571.65



PLANTA AL NIVEL 573.20



CORTE B-B



CORTE C-C

NOTA:

El corte A-A se encuentra localizado en la figura 54.

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S. A.

PROYECTO PAEZ - LA PLATA

PROYECTO PAICOL II DESARROLLO EN CASCADA

CASA DE MAQUINAS - CORTES

Diseñó:	Calculó:	Presentó:
Dibujó: R.V.B.	Revisó:	Aprobó:
consultoría colombiana	Escala 1:500	consultores civiles e hidráulicos
	Fecha Abril -83	

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA
BIBLIOTECA

FIGURA 56

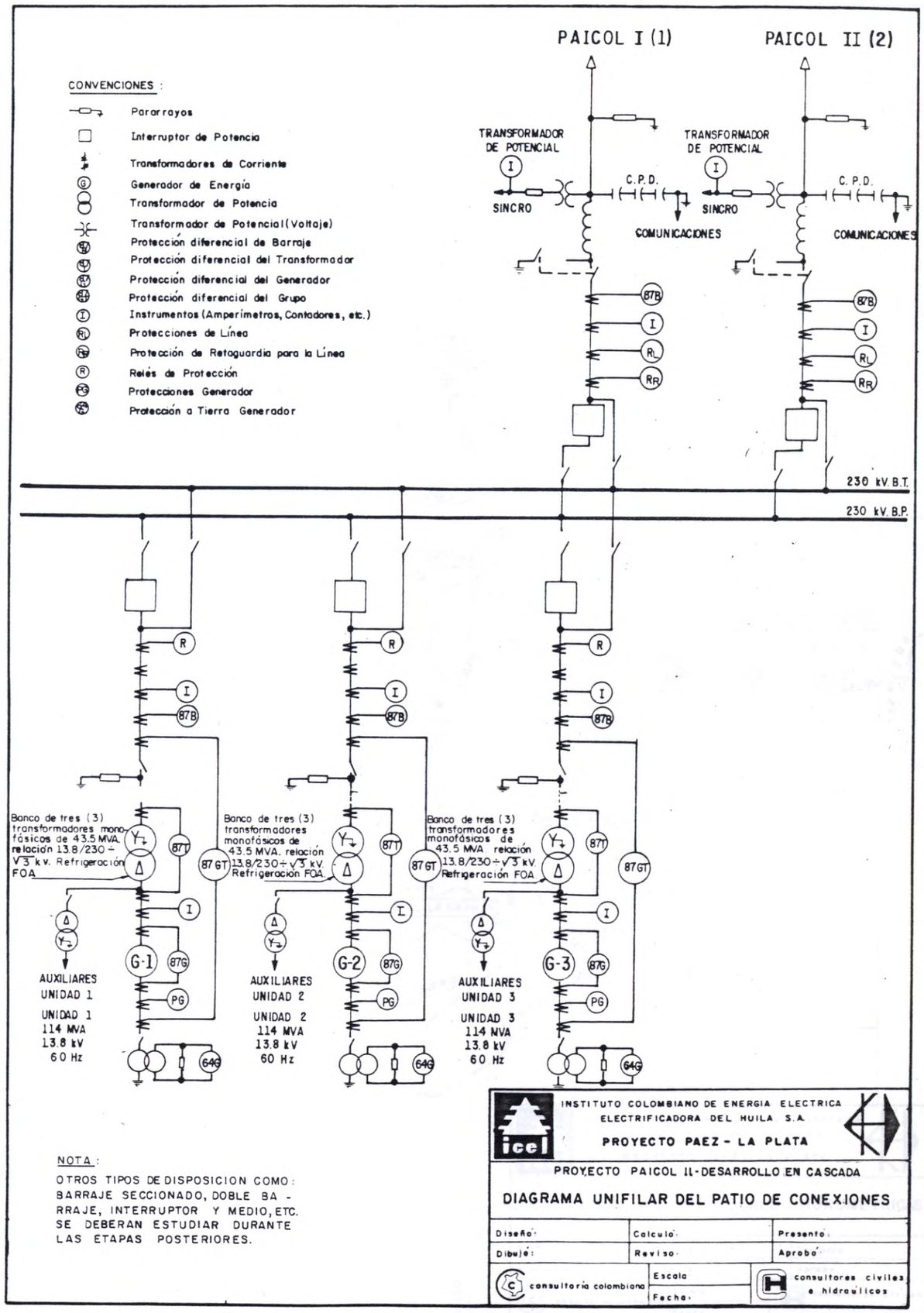
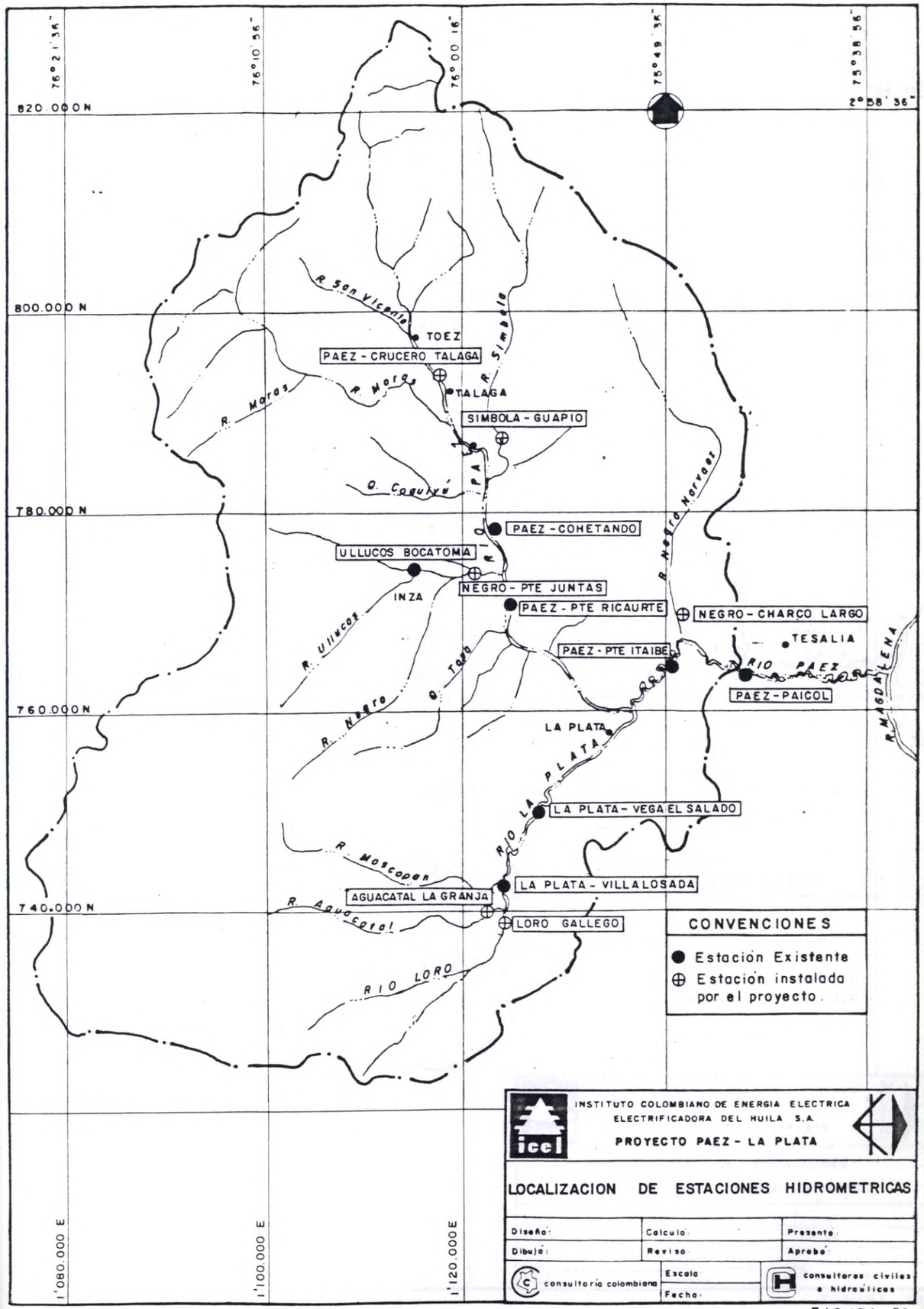

PAICOL I (1)
PAICOL II (2)
CONVENCIONES :
Pararrayos
Interruptor de Potencia
Transformadores de Corriente
Generador de Energía
Transformador de Potencial
Transformador de Potencial (Voltaje)
Protección diferencial de Barraje
Protección diferencial del Transformador
Protección diferencial del Generador
Protección diferencial del Grupo
Instrumentos (Amperímetros, Contadores, etc.)
Protecciones de Línea
Protección de Retaguardia para la Línea
Relés de Protección
Protecciones Generador
Protección a Tierra Generador
TRANSFORMADOR DE POTENCIAL
SINCRO
C. P. D.
COMUNICACIONES
230 kV. B.T.
230 kV. B.P.
Banco de tres (3) transformadores monofásicos de 43.5 MVA. relación 13.8/230 ÷ √3 kv. Refrigeración FOA
AUXILIARES UNIDAD 1
UNIDAD 1 114 MVA 13.8 kV 60 Hz
Banco de tres (3) transformadores monofásicos de 43.5 MVA. relación 13.8/230 ÷ √3 kV. Refrigeración FOA
AUXILIARES UNIDAD 2
UNIDAD 2 114 MVA 13.8 kV 60 Hz
Banco de tres (3) transformadores monofásicos de 43.5 MVA. relación 13.8/230 ÷ √3 kV Refrigeración FOA
AUXILIARES UNIDAD 3
UNIDAD 3 114 MVA 13.8 kV 60 Hz
NOTA :
OTROS TIPOS DE DISPOSICION COMO: BARRAJE SECCIONADO, DOBLE BA - RRAJE, INTERRUPTOR Y MEDIO, ETC. SE DEBERAN ESTUDIAR DURANTE LAS ETAPAS POSTERIORES.
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.
PROYECTO PAEZ - LA PLATA
PROYECTO PAICOL II - DESARROLLO EN CASCADA
DIAGRAMA UNIFILAR DEL PATIO DE CONEXIONES
Diseño:
Calculo:
Presento:
Dibujó:
Revisó:
Aprobó:
consultoria colombiana
Escala:
Fecha:
consultores civiles e hidráulicos

FIGURA 57



76°21'36"
76°10'56"
76°00'16"
75°49'36"
75°38'56"
2°58'36"
820.000 N
800.000 N
780.000 N
760.000 N
740.000 N
1'080.000 E
1'100.000 E
1'120.000 E
R. San Vicente
TOEZ
PAEZ - CRUCERO TALAGA
R. Simbola
R. Moras
TALAGA
SIMBOLA - GUAPIO
Q. Coquiyú
PAEZ - COHETANDO
ULLUCOS BOCATOMA
NEGRO - PTE JUNTAS
INZA
PAEZ - PTE RICAURTE
NEGRO - CHARCO LARGO
R. Negro Narvaez
TESALIA
PAEZ - PTE ITAIBE
RIO PAEZ
PAEZ - PAICOL
R. MAGDALENA
R. Ullucos
R. Negro
Q. Toro
LA PLATA
RIO LA PLATA
LA PLATA - VEGA EL SALADO
R. Moscopan
LA PLATA - VILLALOSADA
AGUACATAL LA GRANJA
R. Aguacatal
LORO GALLEGO
RIO LORO
CONVENCIONES
Estación Existente
Estación instalada por el proyecto.
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.
PROYECTO PAEZ - LA PLATA
icel
LOCALIZACION DE ESTACIONES HIDROMETRICAS
Diseño:
Calculo:
Presento:
Dibujo:
Reviso:
Aprobó:
consultoría colombiana
Escala:
Fecha:
consultores civiles e hidráulicos

FIGURA 58

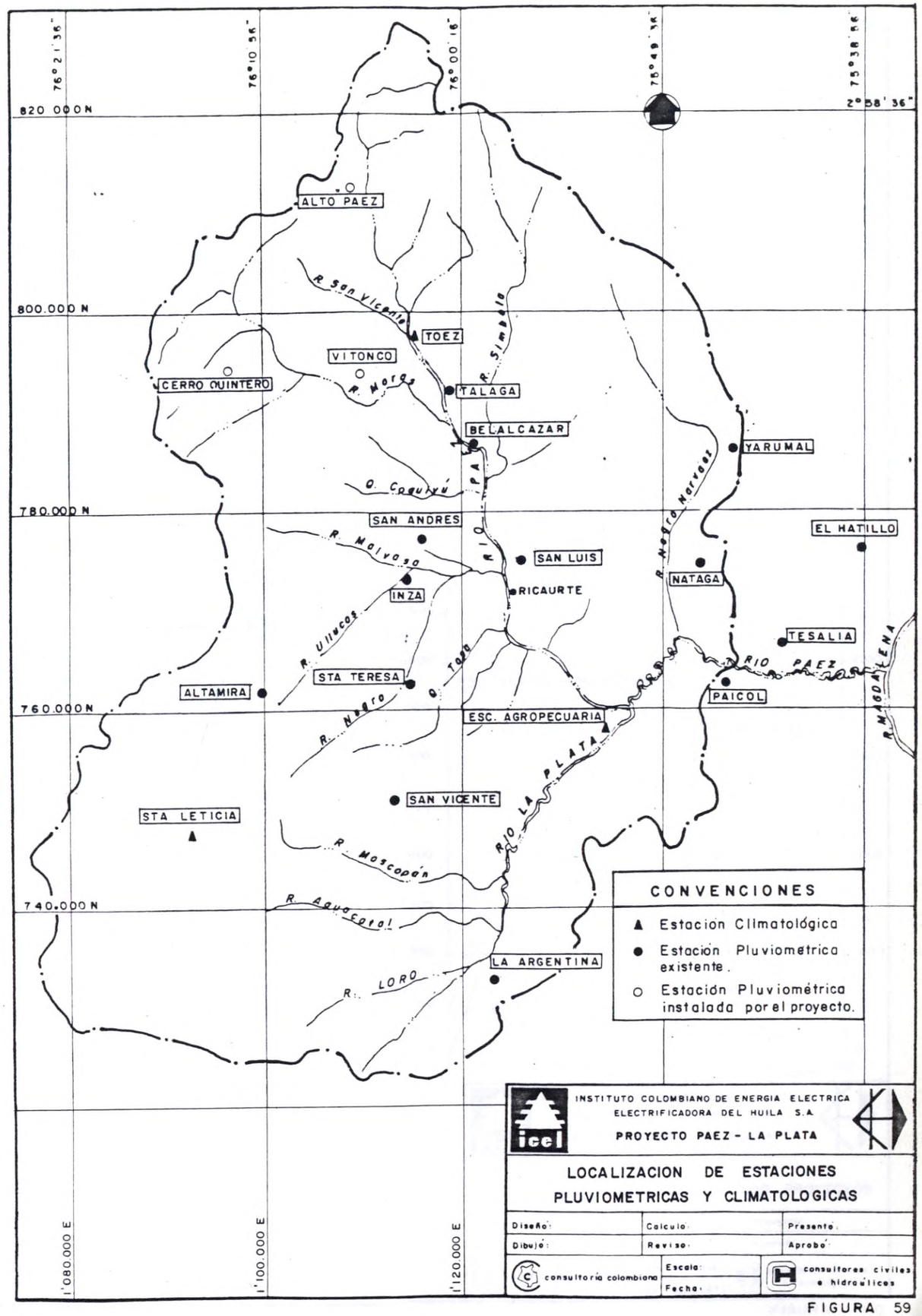
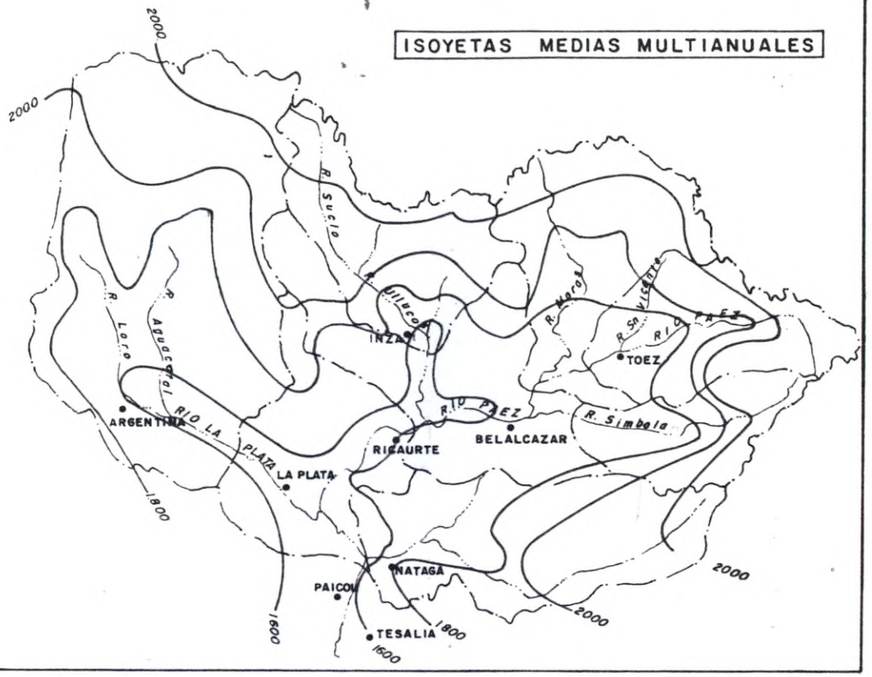
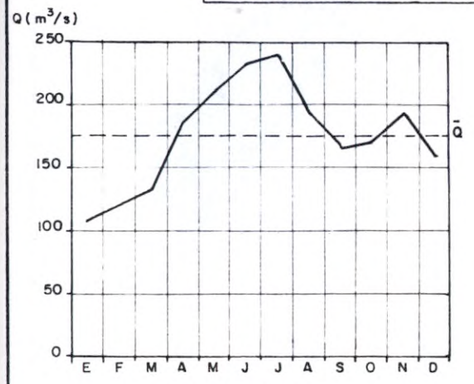

76° 21' 35"
76° 10' 56"
76° 00' 16"
75° 49' 36"
75° 38' 56"
820 000 N
800.000 N
780.000 N
760.000 N
740.000 N
ALTO PAEZ
R. San Vicente
TOEZ
VITONCO
CERRO QUINTERO
R. Morgo
TALAGA
R. Simbola
BELALCAZAR
YARUMAL
Q. Coquiyú
SAN ANDRES
R. Molvoso
INZA
SAN LUIS
RICAURTE
RIO PATIA
R. Negro Narvaez
NATAGA
EL HATILLO
R. Ullucos
STA TERESA
Q. Toro
TESALIA
RIO PAEZ
R. MAGDALENA
ALTAMIRA
R. Negro
ESC. AGROPECUARIA
PAICOL
RIO LA PLATA
SAN VICENTE
STA LETICIA
R. Moscopán
R. Aguacatal
LA ARGENTINA
R. LORO
1'080.000 E
1'100.000 E
1'120.000 E
CONVENCIONES
▲ Estacion Climatológica
● Estacion Pluviometrica existente.
○ Estación Pluviométrica instalada por el proyecto.
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.
PROYECTO PAEZ - LA PLATA
LOCALIZACION DE ESTACIONES PLUVIOMETRICAS Y CLIMATOLOGICAS
Diseño:
Calculo:
Presento:
Dibujo:
Reviso:
Aprobo:
consultoria colombiana
Escala:
Fecha:
consultores civiles e hidraulicos

FIGURA 59

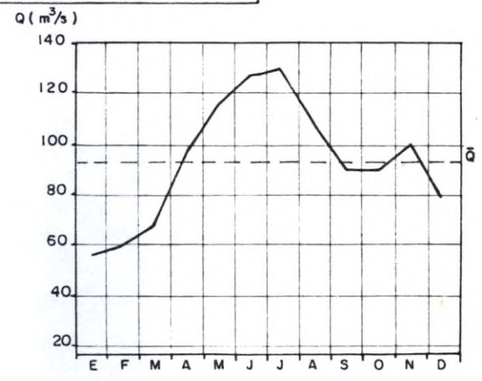
ISOYETAS MEDIAS MULTIANUALES



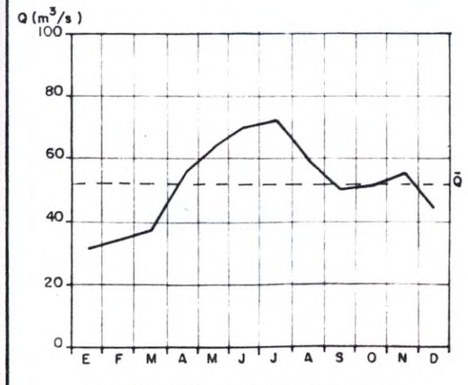
HIDROGRAMAS TIPICOS MENSUALES



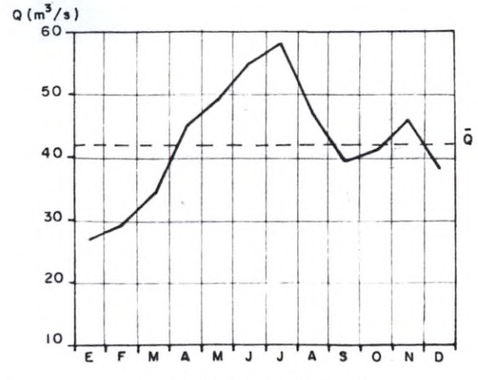
PROYECTO PAICOL



PROYECTO MACAMA

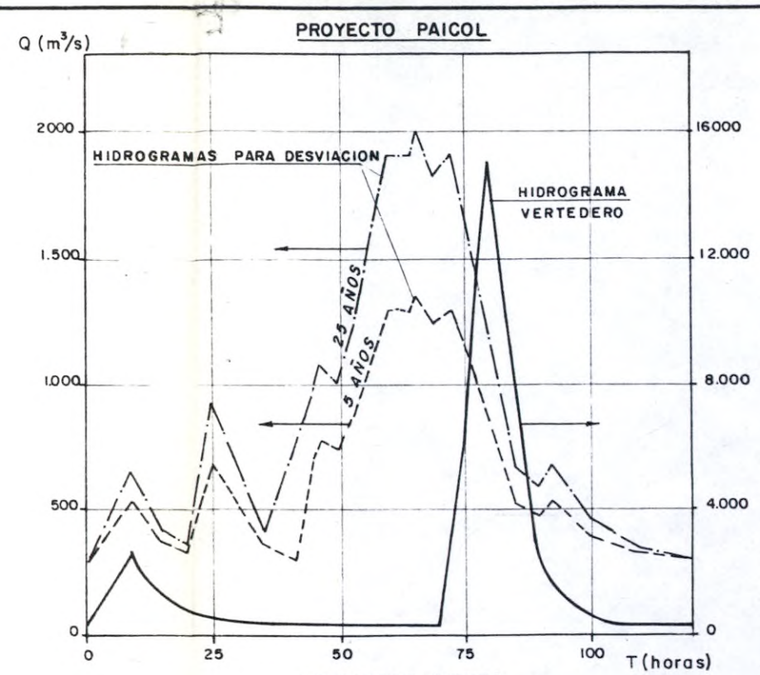


PROYECTO PIEDRA GRANDE

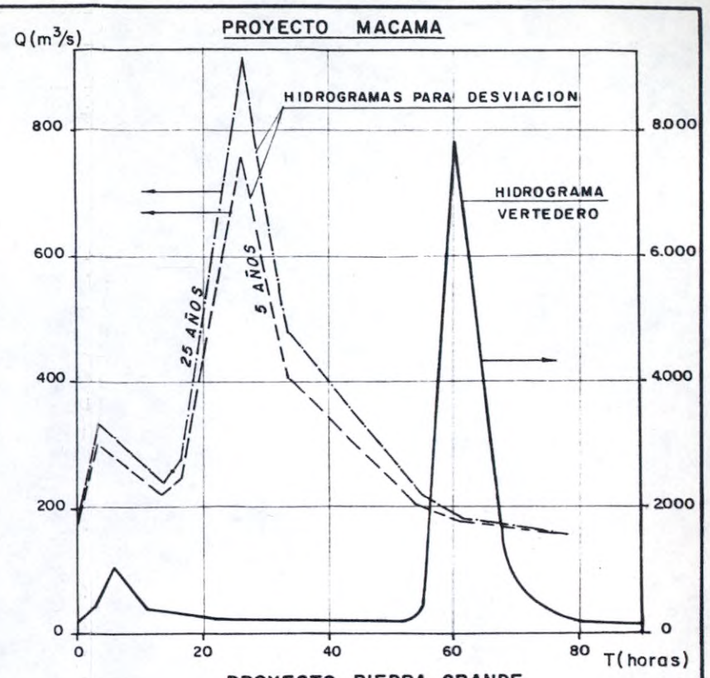


PROYECTO GUINEA

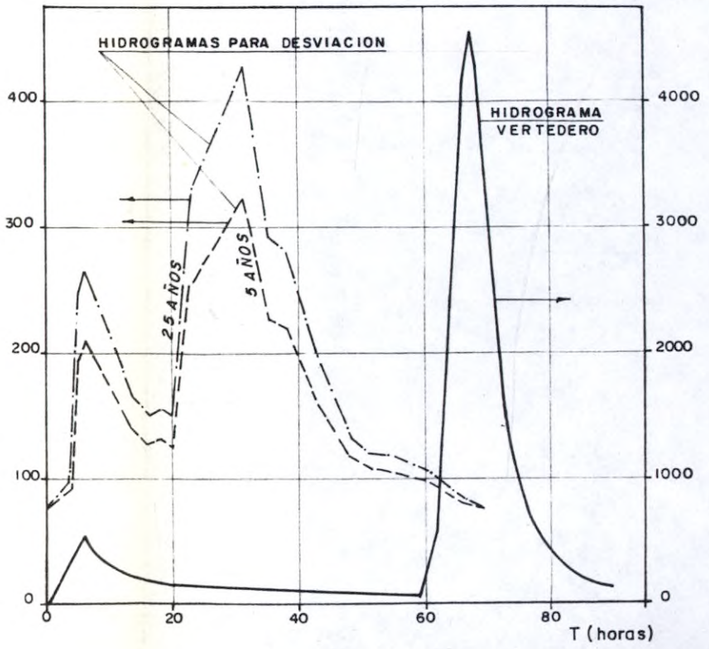
PROYECTO PAICOL



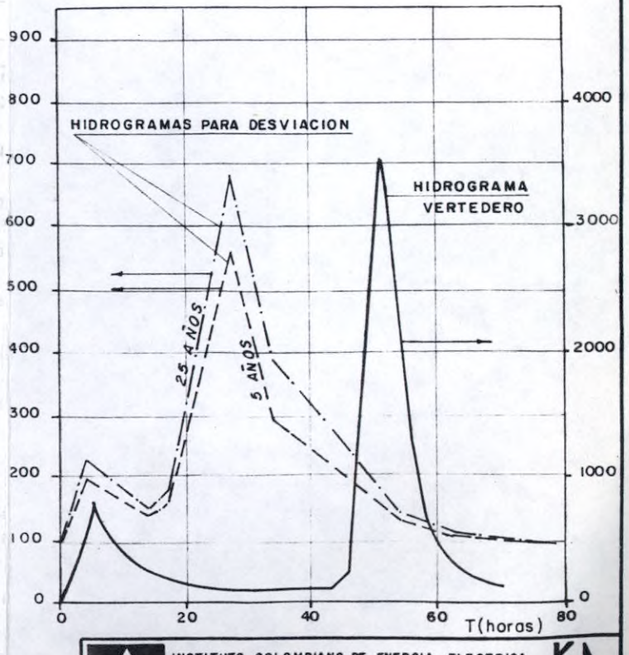
PROYECTO MACAMA



PROYECTO GUINEA



PROYECTO PIEDRA GRANDE

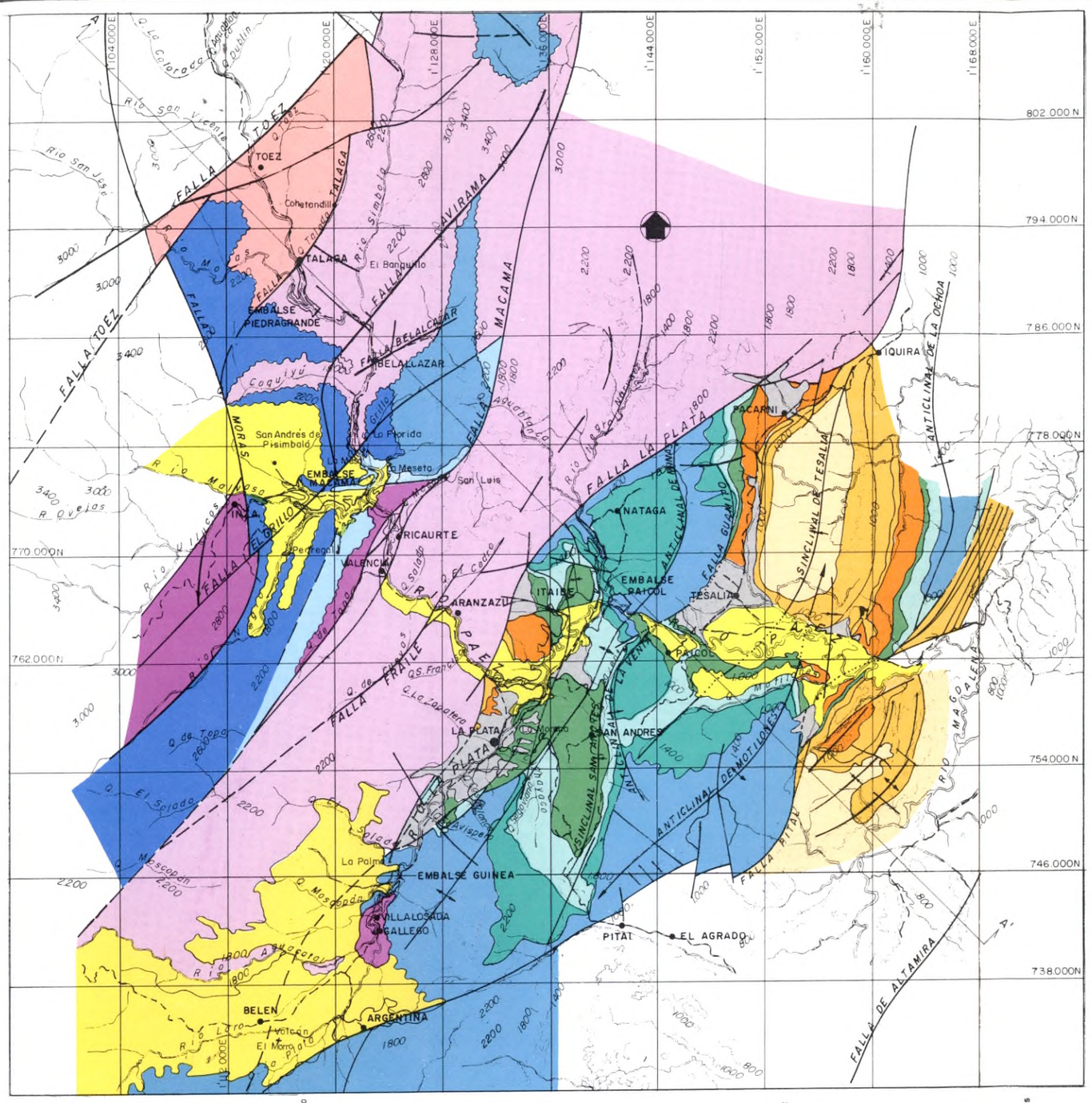


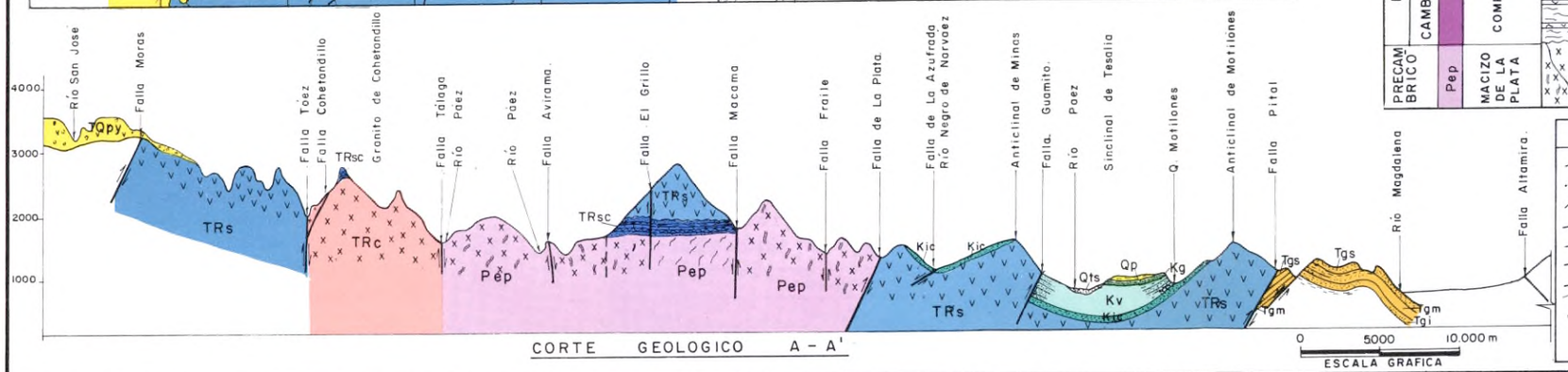
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.
PROYECTO PAEZ – LA PLATA

INFORMACION HIDROLOGICA DE LOS PROYECTOS

Diseñó:	Calculó:	Presentó:
Dibujó:	Revisó:	Aprobó:
consultoría colombiana	Escala: indicada	consultores civiles e hidráulicos
	Fecha: Abril/83	

FIGURA 60





CORTE GEOLOGICO A – A'

COLUMNA ESTATIGRAFICA INTEGRADA

Piroclastos, cenizas y escorias volcanicas.

Flujos de lavas básicas y aglomerados intercalados con capas tobaceas.

Alternancia de conglomerados, areniscas y arcillolitas.

Conglomerados de guijos de chert gris, tan y negro, cuarzo lechoso, en matriz arcillosa roja y blanca; el segmento medio es predominantemente arcilloso.

Arcillas rojas y amarillas intercalandose con arenitas en la parte superior.

Secuencia de calizas cristalinas duras, lutitas calcáreas, chert, pequeños niveles de roca fosfórica. y areniscas.

Alternancia de calizas cristalinas duras, con lutitas y areniscas calcáreas hacia la base y dos niveles de concreciones calcáreas.

Areniscas de cuarzo masivas intercaladas con limolitas rojas.

Tobas ignimbríticas, chert volcánico, lavas basálticas y cuerpos diabásicos.

Alternancia de limolitas, chert, calizas, shale y areniscas con metamorfismo cataclástico especialmente hacia la base.

Secuencia volcanosedimentaria que presenta hacia la base un conglomerado polimictico con matriz volcanica, arenitas liticas verdes, grawacas grises y limolitas rojos hacia el techo.

Secuencia alternante de cuarcitas, metabasaltos, esquistos, filitas y algunas tobas ignimbríticas.

0 300 600 m.
ESCALA GRAFICA

Complejo igneo metamorfico.

Granitos, neises anfibólicos y gabos intruídos por el granito gráfico de Villalosada.

CONVENCIONES

- Contacto geológico.
- Estructura geológica inferida.
- Discordancia
- Fallamiento
- Falla geologica inferido.
- Anticlinal
- Sinclinal
- Rio
- 800 Curva de nivel
- Población

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.

PROYECTO PAEZ-LA PLATA

MAPA GEOLOGICO REGIONAL

Diseñó:	Calculó:	Presentó:
Dibujó: N. B. A	Revisó:	Aprobó:
CONSULTORIA COLOMBIANA	Escala: gráfica	Fecha: Abril-1983
	PLANO No	DE

CONSULTORES CIVILES E HIDRAULICOS

FIGURA 61

35'000.000 m³
GABRO MACIZO DE LA PLATA (Pap)

PIEDRAGRANDE

BELARCAZAR

ALUVIAL RIO PAEZ

Q. El Cedro

Q. Malvasa

Q. El Hato

MACAMA

Q. Macama

INZA

5'000.000 m³
GRANITO MACIZO DE LA PLATA (Pap)

ALUVIAL RIO PAEZ

RICAURTE

Río Ullucos

Río Negro

Q. de Topa

Q. de Cuevas

Q. Sn. Francisco

Q. La Zapatera

Q. La Charrera

Q. El Salado

Q. Moscopán

RIO PAEZ

GRANITO MACIZO DE LA PLATA (Pap)

15'000.000 m³
LA BALSA

NATAGA 20'000.000 m³

NATAGA

TERRAZA + Q. GUAMITO
250.000 m³

PAICOL

20'000.000 m³
IGNIMBRITAS TRs

PAICOL

70.000 m³
VEGA EL CACIQUE

LA PLATA

RIO LA PLATA

20'000.000 m³
LA ESMERALDA

700.000 m³

GUINEA
50.000 m³

10'000.000 m³
GRANITO GRAFICO DE VILLALOSADA

10'000.000 m³
GUALANDAY SUPERIOR DE TESALIA

TESALIA

PACARNI

IQUIRA

500.000 m³
ALUVION DEL MAGDALENA

RIO MAGDALENA

786.000 N

778.000 N

770.000 N

762.000 N

1'112.000 E

1'120.000 E

1'128.000 E

1'136.000 E

1'144.000 E

1'152.000 E

1'160.000 E

1'168.000 E

1'176.000 E

N

CONVENCIONES

- Fuente de material de enrocadp.
- Fuente de agregados para concreto.
- Fuente de material impermeable para núcleos.
- Sitio de presa
- Carretera
- Ríos y quebradas
- 1000 Curvas de nivel
- Pueblo

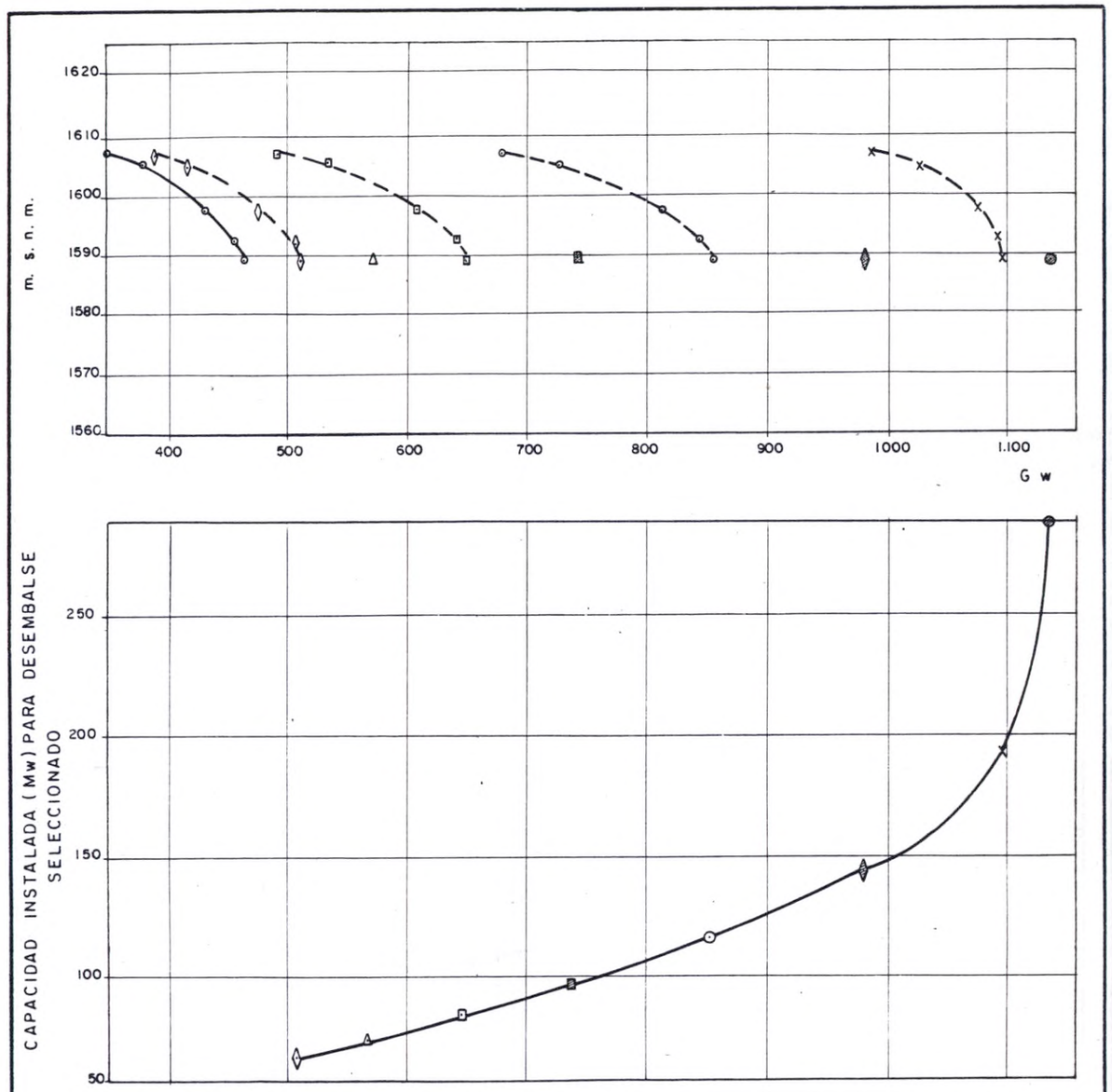
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.
PROYECTO PAEZ - LA PLATA

icel

UBICACION DE FUENTES DE MATERIAL

Diseñó:	Calculó:	Presentó:
Dibujó:	Revisó:	Aprobó:
consultoría colombiana	Escala: 1:200.000	consultores civiles e hidráulicos
	Fecha: Abril - 83	

FIGURA 62



CONVENCIONES :

- ENERGIA CONTINUA
- FACTOR PLANTA = 0.90
- FACTOR PLANTA = 0.80
- FACTOR PLANTA = 0.70
- FACTOR PLANTA = 0.60
- FACTOR PLANTA = 0.50
- FACTOR PLANTA = 0.40
- FACTOR PLANTA = 0.30
- FACTOR PLANTA = 0.20

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.
PROYECTO PAEZ - LA PLATA

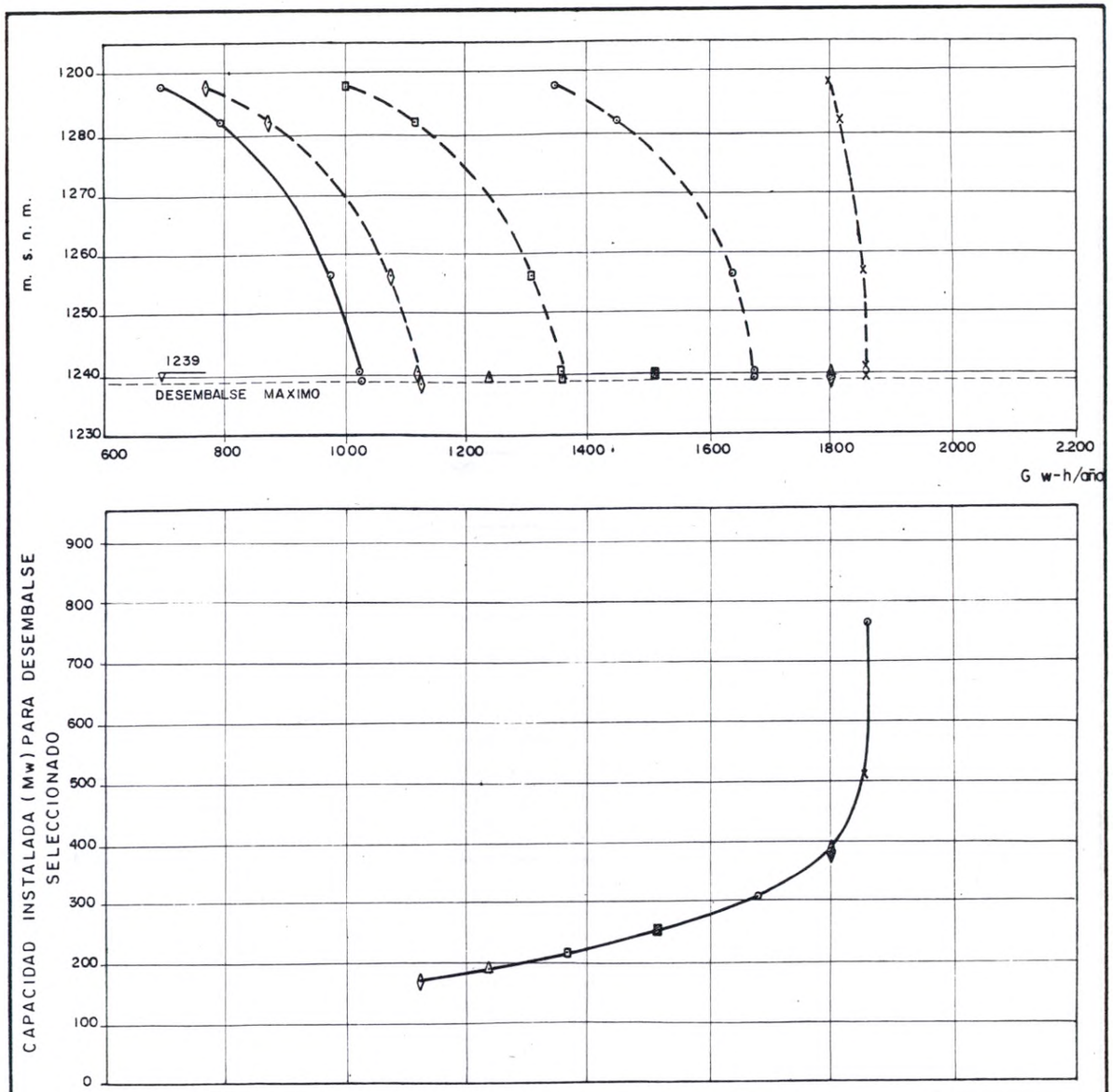
ANALISIS DE OPERACION DE EMBALSE Y GENERACION

PROYECTO PIEDRA GRANDE INDIVIDUAL

Diseñó:	Calculó:	Presentó:
Dibujó:	Revisó:	Aprobó:

consultoría colombiana | Escala : Indicada | Fecha : Abril/83 | consultores civiles e hidráulicos

FIGURA 63



CONVENCIONES :

- ENERGIA CONTINUA
- FACTOR PLANTA = 0.90
- FACTOR PLANTA = 0.80
- FACTOR PLANTA = 0.70
- FACTOR PLANTA = 0.60
- FACTOR PLANTA = 0.50
- FACTOR PLANTA = 0.40
- FACTOR PLANTA = 0.30
- FACTOR PLANTA = 0.20

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.
PROYECTO PAEZ - LA PLATA

ANALISIS DE OPERACION DE EMBALSE Y GENERACION

PROYECTO MACAMA EN SERIE

Diseñó:	Calculó:	Presentó:
Dibujó:	Revisó:	Aprobó:

consultoria colombiana | Escala: Indicada | Fecha: Abril/83 | consultores civiles e hidráulicos

FIGURA 64

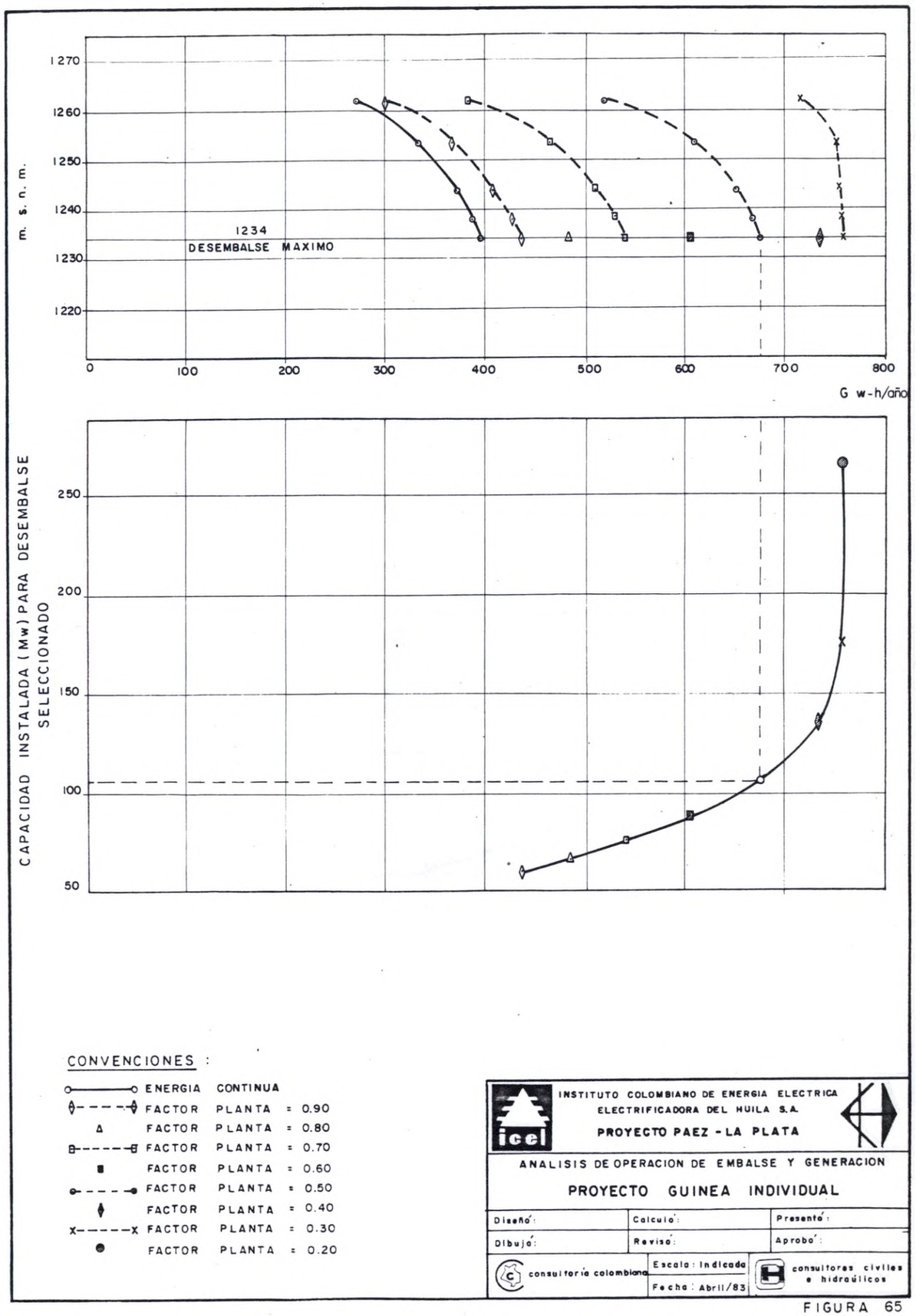
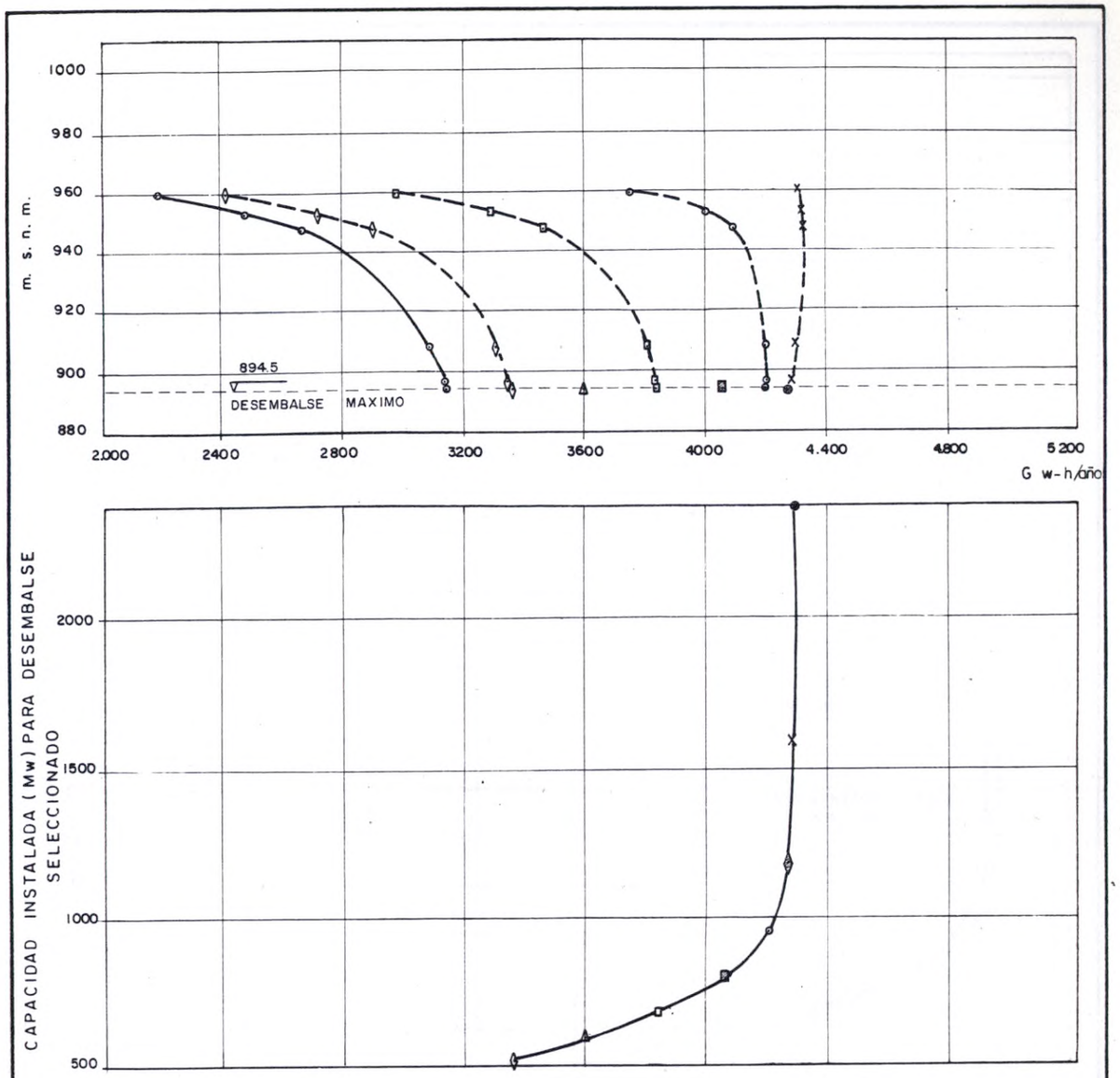

m. s. n. m.
1270
1260
1250
1240
1230
1220
1234
DESEMBALSE MAXIMO
0
100
200
300
400
500
600
700
800
G w-h/año
CAPACIDAD INSTALADA (Mw) PARA DESEMBALSE SELECCIONADO
250
200
150
100
50
CONVENCIONES :
ENERGIA CONTINUA
FACTOR PLANTA = 0.90
FACTOR PLANTA = 0.80
FACTOR PLANTA = 0.70
FACTOR PLANTA = 0.60
FACTOR PLANTA = 0.50
FACTOR PLANTA = 0.40
FACTOR PLANTA = 0.30
FACTOR PLANTA = 0.20
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.
PROYECTO PAEZ - LA PLATA
ANALISIS DE OPERACION DE EMBALSE Y GENERACION
PROYECTO GUINEA INDIVIDUAL
Diseñó:
Calculó:
Presentó:
Dibujó:
Revisó:
Aprobó:
consultoría colombiana
Escala: Indicada
Fecha: Abril/83
consultores civiles e hidráulicos

FIGURA 65



CONVENCIONES :

- ENERGIA CONTINUA
- FACTOR PLANTA = 0.90
- FACTOR PLANTA = 0.80
- FACTOR PLANTA = 0.70
- FACTOR PLANTA = 0.60
- FACTOR PLANTA = 0.50
- FACTOR PLANTA = 0.40
- FACTOR PLANTA = 0.30
- FACTOR PLANTA = 0.20

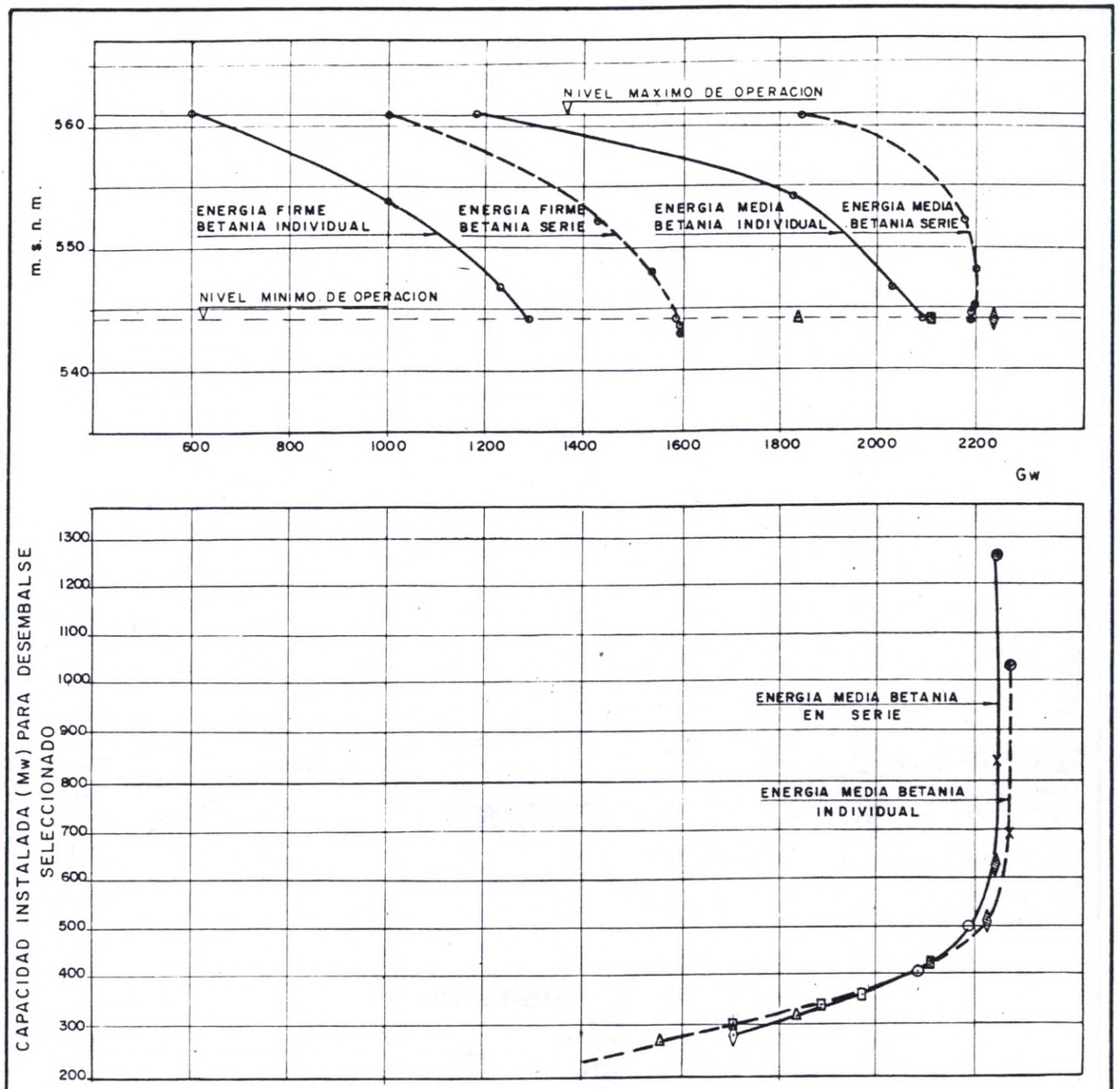
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.
PROYECTO PAEZ - LA PLATA

ANALISIS DE OPERACION DE EMBALSE Y GENERACION
PROYECTO PAICOL EN UNA ETAPA

Diseñó:	Calculó:	Presentó:
Dibujó:	Revisó:	Aprobó:

consultoria colombiana — Escala: Indicada — Fecha Abril/83 — consultores civiles e hidráulicos

FIGURA 66



CONVENCIONES.

- ◊ Factor planta 0.9
- △ Factor planta 0.8
- □ Factor planta 0.7
- ▪ Factor planta 0.6
- ○ Factor planta 0.5
- ◈ Factor planta 0.4
- x Factor planta 0.3
- ● Factor planta 0.2

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.
PROYECTO PAEZ - LA PLATA

ANALISIS DE OPERACION DE EMBALSE Y GENERACION
INFLUENCIA SOBRE EL PROYECTO BETANIA

Diseño:	Calculo:	Presento:
Dibujo:	Revise:	Aprobo:
consultoria colombiana	Escala: / Fecha:	consultores civiles e hidraulicos

FIGURA 67

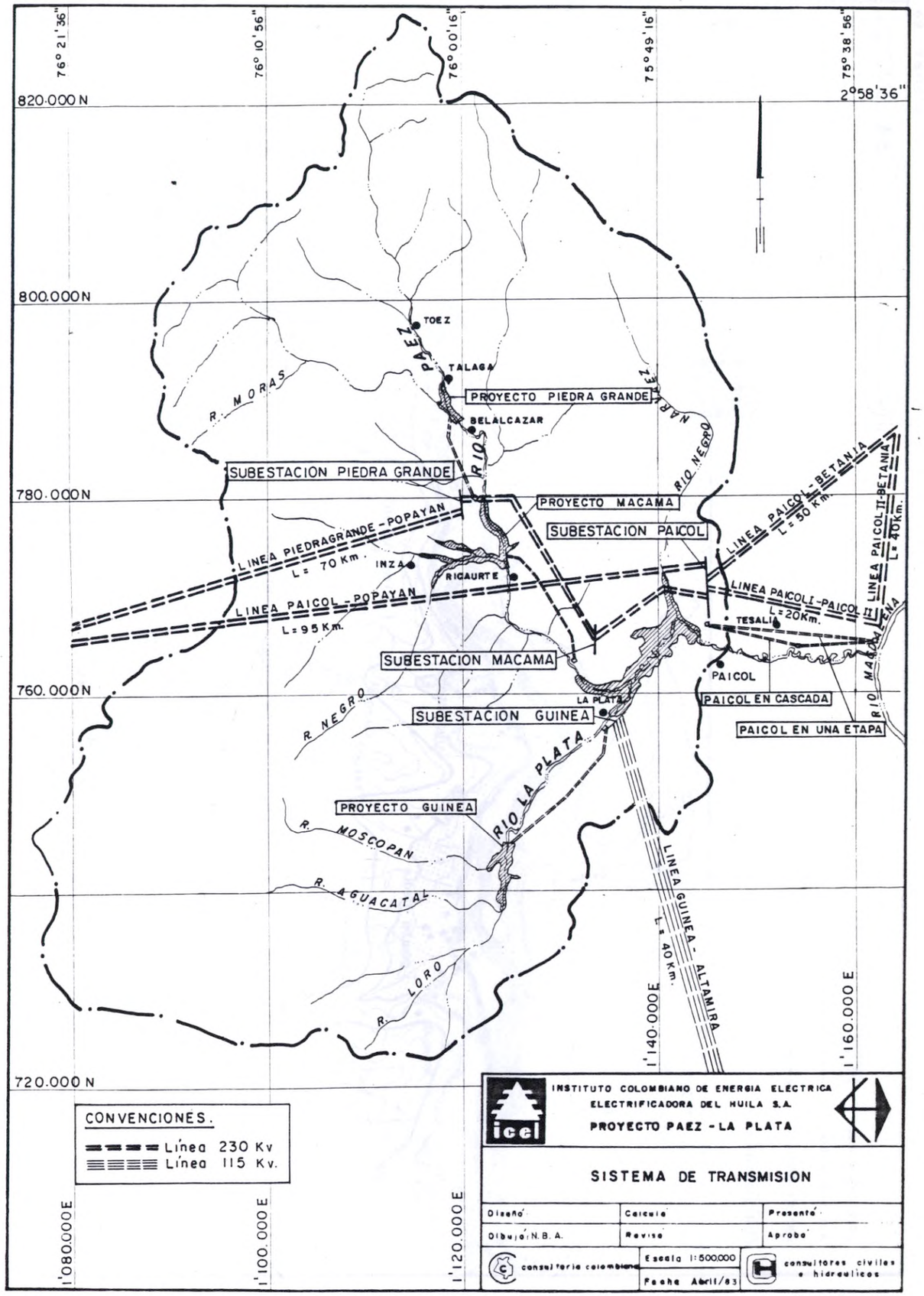

76° 21' 36"
76° 10' 56"
76° 00' 16"
75° 49' 16"
75° 38' 56"
2° 58' 36"
820.000 N
800.000 N
780.000 N
760.000 N
720.000 N
1'080.000 E
1'100.000 E
1'120.000 E
1'140.000 E
1'160.000 E
TOEZ
TALAGA
PROYECTO PIEDRA GRANDE
BELALCAZAR
SUBESTACION PIEDRA GRANDE
PROYECTO MACAMA
SUBESTACION PAICOL
SUBESTACION MACAMA
SUBESTACION GUINEA
PROYECTO GUINEA
INZA
RICAURTE
TESALIA
PAICOL
LA PLATA
PAICOL EN CASCADA
PAICOL EN UNA ETAPA
R. MORAS
PAEZ
RIOS
RIO NEGRO
R. NEGRO
RIO LA PLATA
R. MOSCOPAN
R. AGUACATAL
R. LORO
LINEA PIEDRAGRANDE - POPAYAN
L = 70 Km.
LINEA PAICOL - POPAYAN
L = 95 Km.
LINEA PAICOL - BETANIA
L = 50 Km.
LINEA PAICOL II - BETANIA
L = 40 Km.
LINEA PAICOL I - PAICOL
L = 20 Km.
LINEA GUINEA - ALTAMIRA
L = 40 Km.
CONVENCIONES.
Línea 230 Kv
Línea 115 Kv.
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.
PROYECTO PAEZ - LA PLATA
SISTEMA DE TRANSMISION
Diseño
Calculo
Presento
Dibujo N.B.A.
Revise
Aprobo
consultoria colombiana
Escala 1:500.000
Fecha Abril/83
consultores civiles e hidraulicos

FIGURA 68

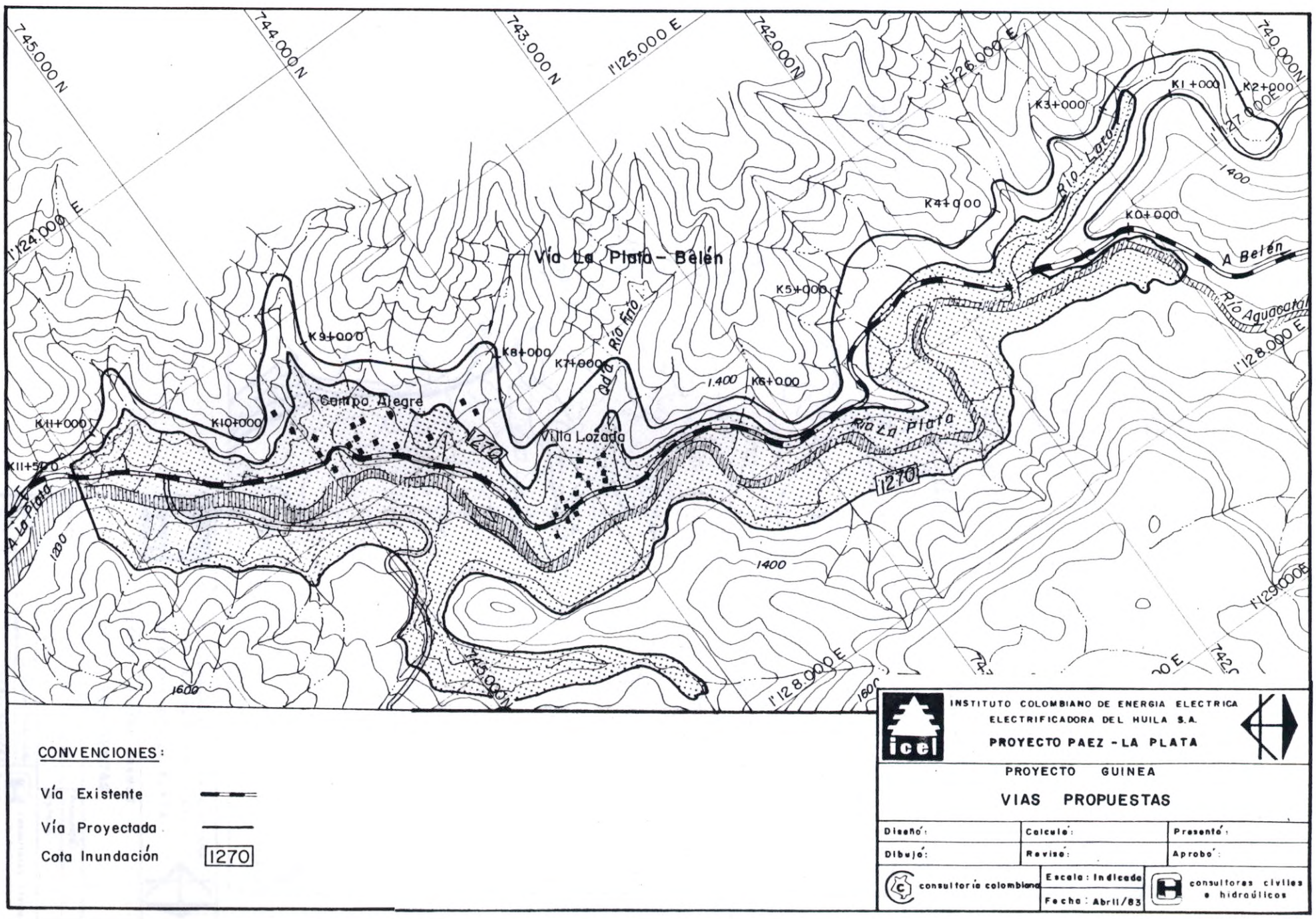
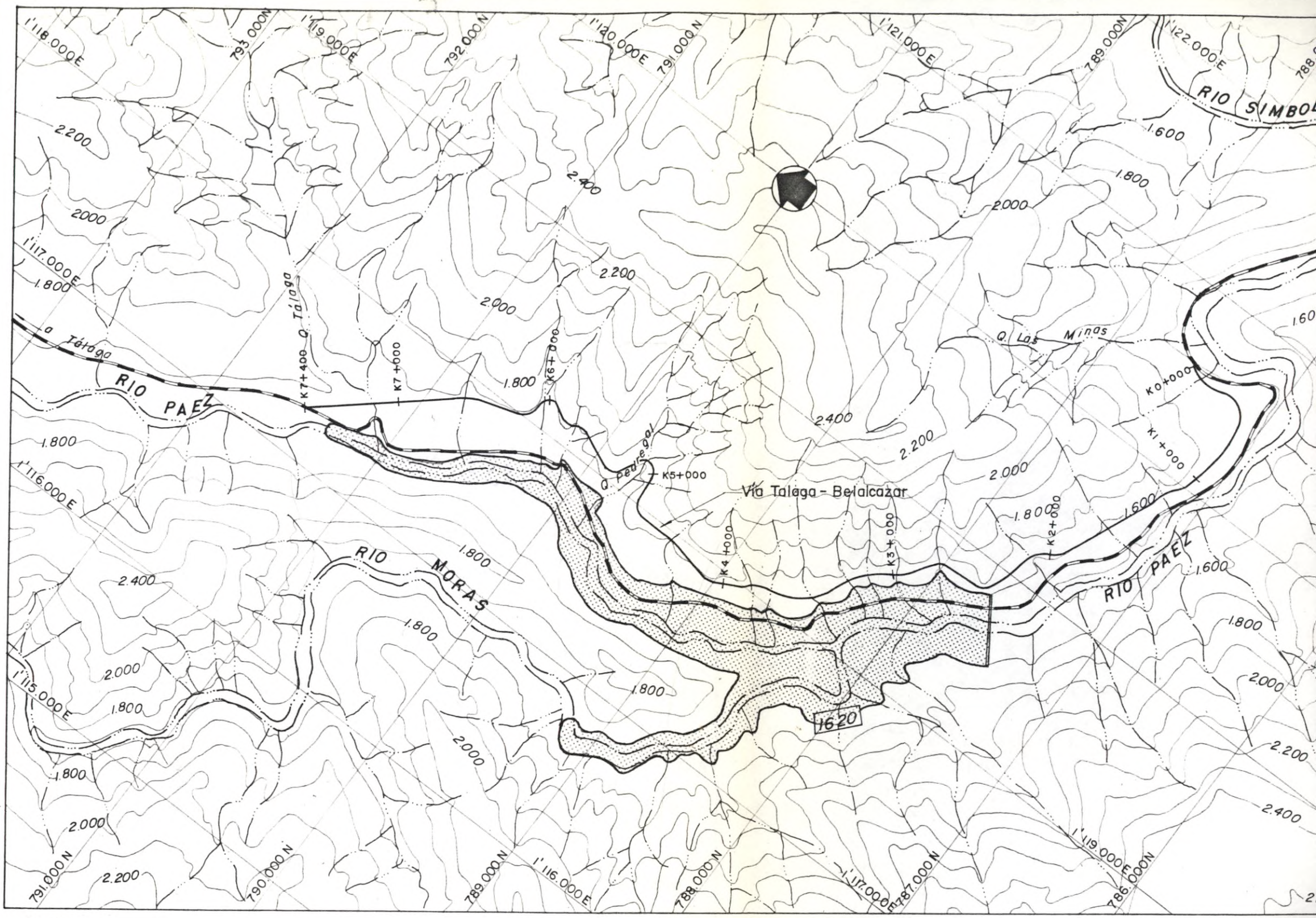

745.000 N
744.000 N
743.000 N
742.000 N
1'125.000 E
1'126.000 E
1'127.000 E
1'124.000 E
1'128.000 E
1'129.000 E
740.000 N
Vía La Plata - Belén
K0+000
K1+000
K2+000
K3+000
K4+000
K5+000
K6+000
K7+000
K8+000
K9+000
K10+000
K11+000
K11+500
Río Loro
Río Frío
Río La Plata
Río Aguacatal
Quda.
Campo Alegre
Villa Lozada
A Belén
A La Plata
1270
1400
1300
1600
CONVENCIONES:
Vía Existente
Vía Proyectada
Cota Inundación
1270
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.
PROYECTO PAEZ - LA PLATA
PROYECTO GUINEA
VIAS PROPUESTAS
Diseñó:
Calculó:
Presentó:
Dibujó:
Revisó:
Aprobó:
consultoría colombiana
Escala: Indicada
Fecha: Abril/83
consultores civiles e hidráulicos

FIGURA 69

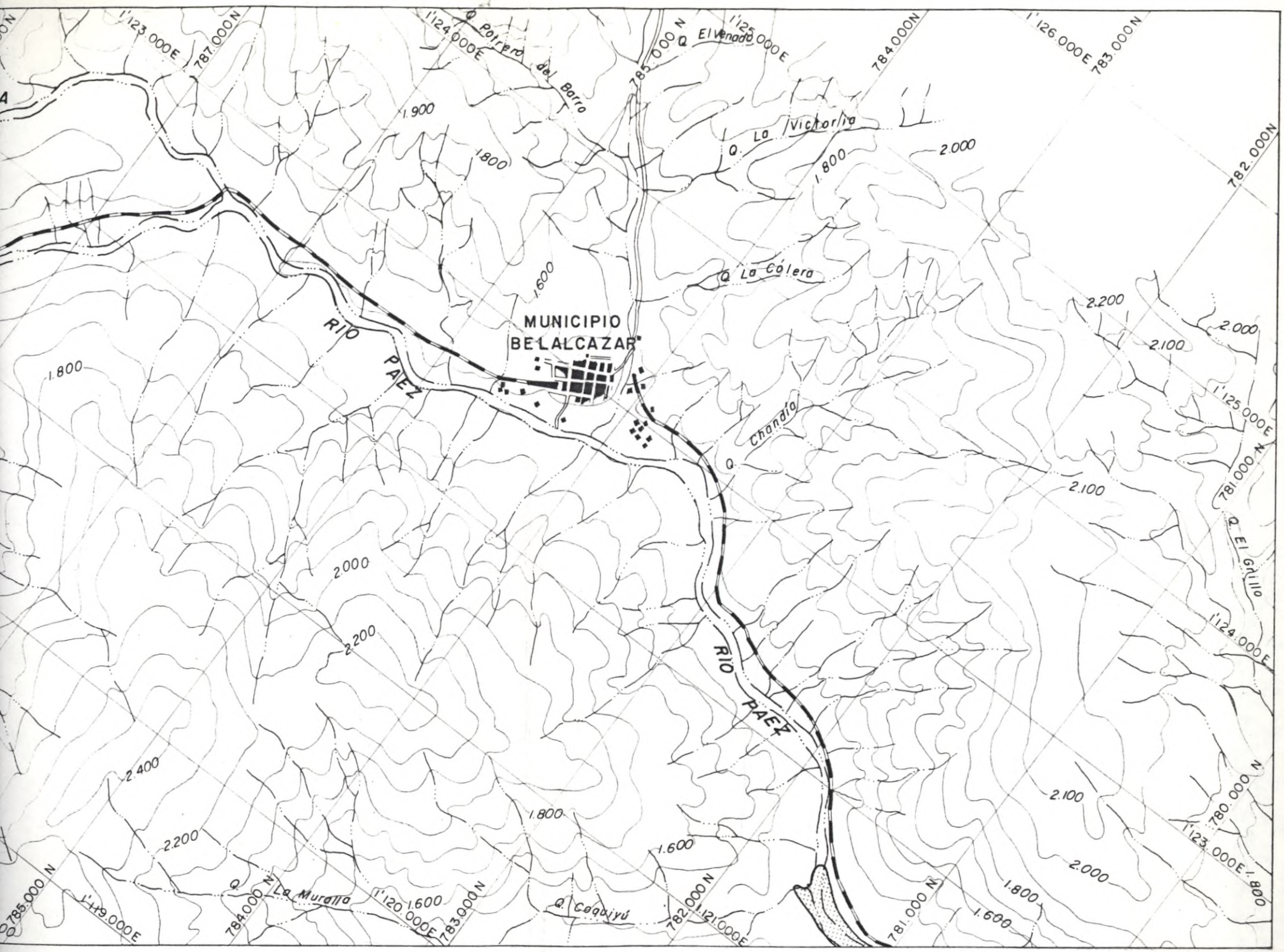


CONVENCIONES:

Vía Existente

Vía Proyectada

Cota Inundación 1620



INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.
PROYECTO PAEZ - LA PLATA

PROYECTO PIEDRA GRANDE

VIAS PROPUESTAS

Diseñó:	Calculó:	Presentó:
Dibujó:	Revisó:	Aprobó:

consultoría colombiana | Escala: Indicada | Fecha: Abril/83 | consultores civiles e hidráulicos

FIGURA 70

GUADALEJO

RIO PAEZ

Vía Pto. Valencia - Belalcazar

Vía Inza - Belalcazar

Vía Pedregal

Vía Opcional Pto. Valencia - Inza

Q. El Grillo

Q. La Palla

Q. Carmen

Q. Chimboquiyú

Q. El Tigre

Q. San Andres

Q. Pedregal

1298

CONVENCIONES:

Vía Existente

Vía Proyectada

Cota Inundación 1298

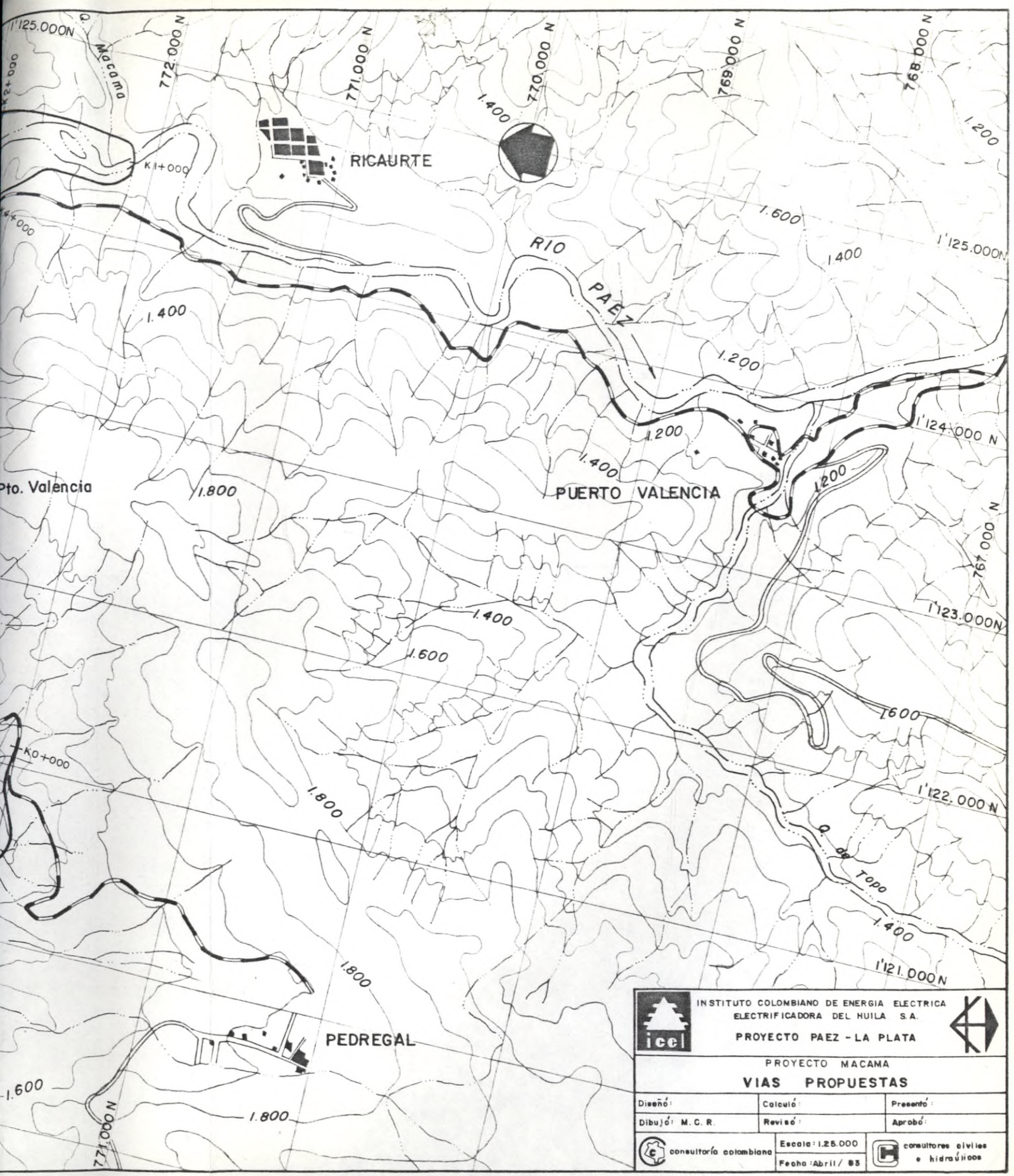
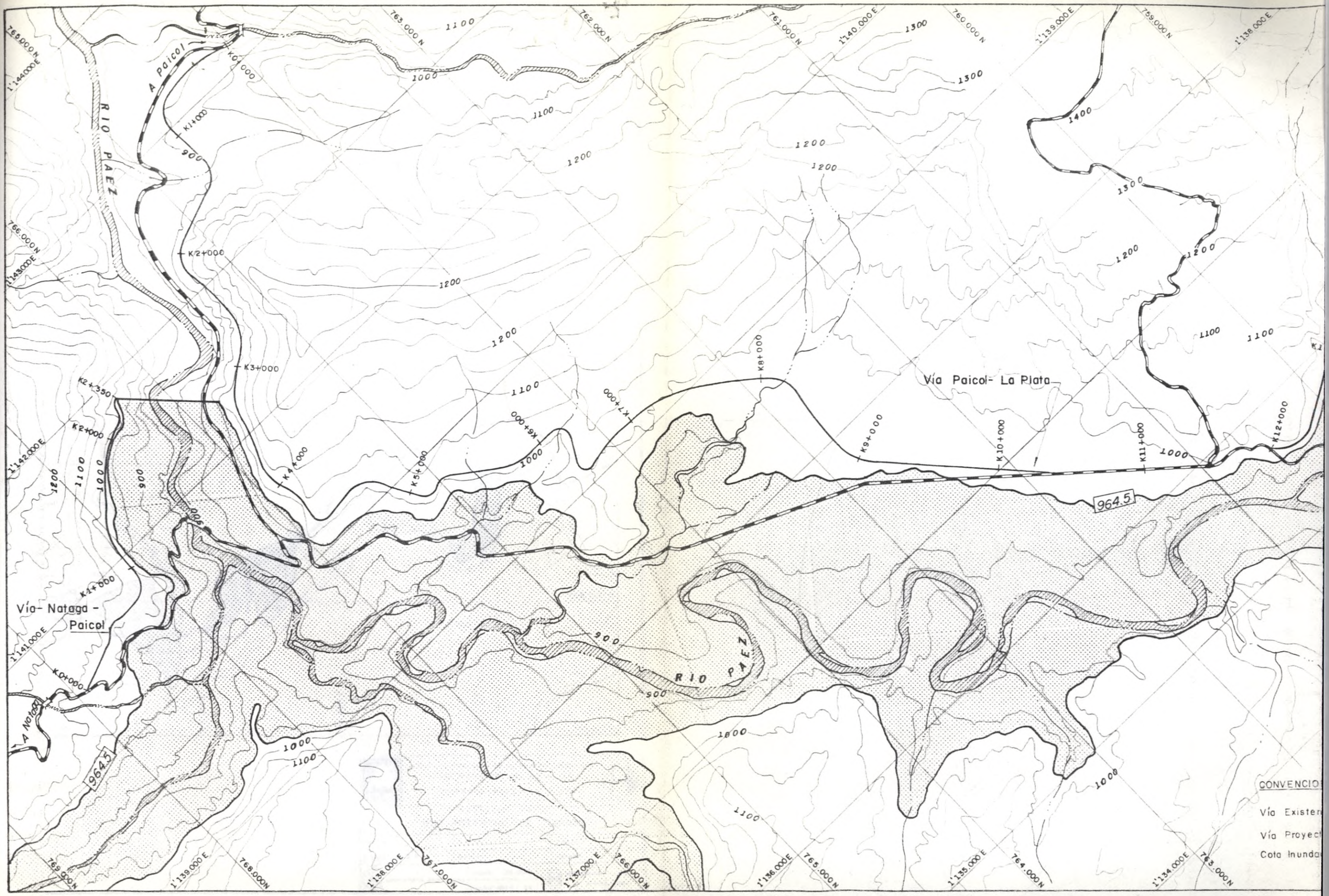

1'125.000N
Q. Macama
772.000 N
771.000 N
770.000 N
769.000 N
768.000 N
K2+000
K1+000
K0+000
1.400
1.200
1.600
1.800
RICAURTE
RIO PAEZ
PUERTO VALENCIA
Pto. Valencia
PEDREGAL
1'124.000 N
1'123.000N
1'122.000 N
1'121.000N
Q. de Topo
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.
PROYECTO PAEZ - LA PLATA
PROYECTO MACAMA
VIAS PROPUESTAS
Diseñó:
Calculó:
Presentó:
Dibujó: M. C. R.
Revisó:
Aprobó:
consultoría colombiana
Escala: 1.25.000
Fecha: Abril / 85
consultores civiles e hidráulicos

FIGURA 71



A Paicol
RIO PAEZ
Vía Paicol- La Plata
Vía- Nataga - Paicol
964.5
CONVENCIO
Vía Existen
Vía Proyect
Cota Inunda

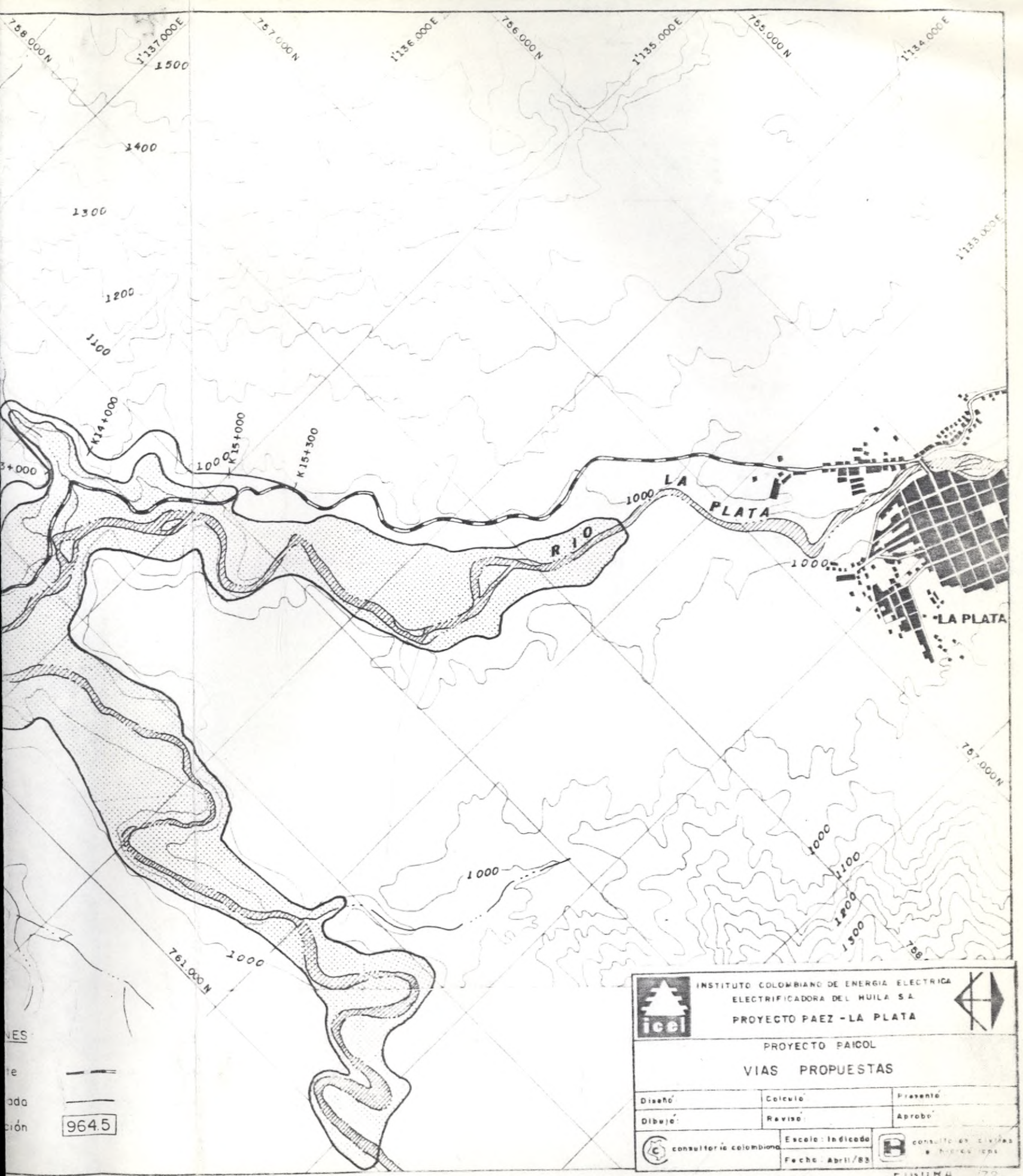
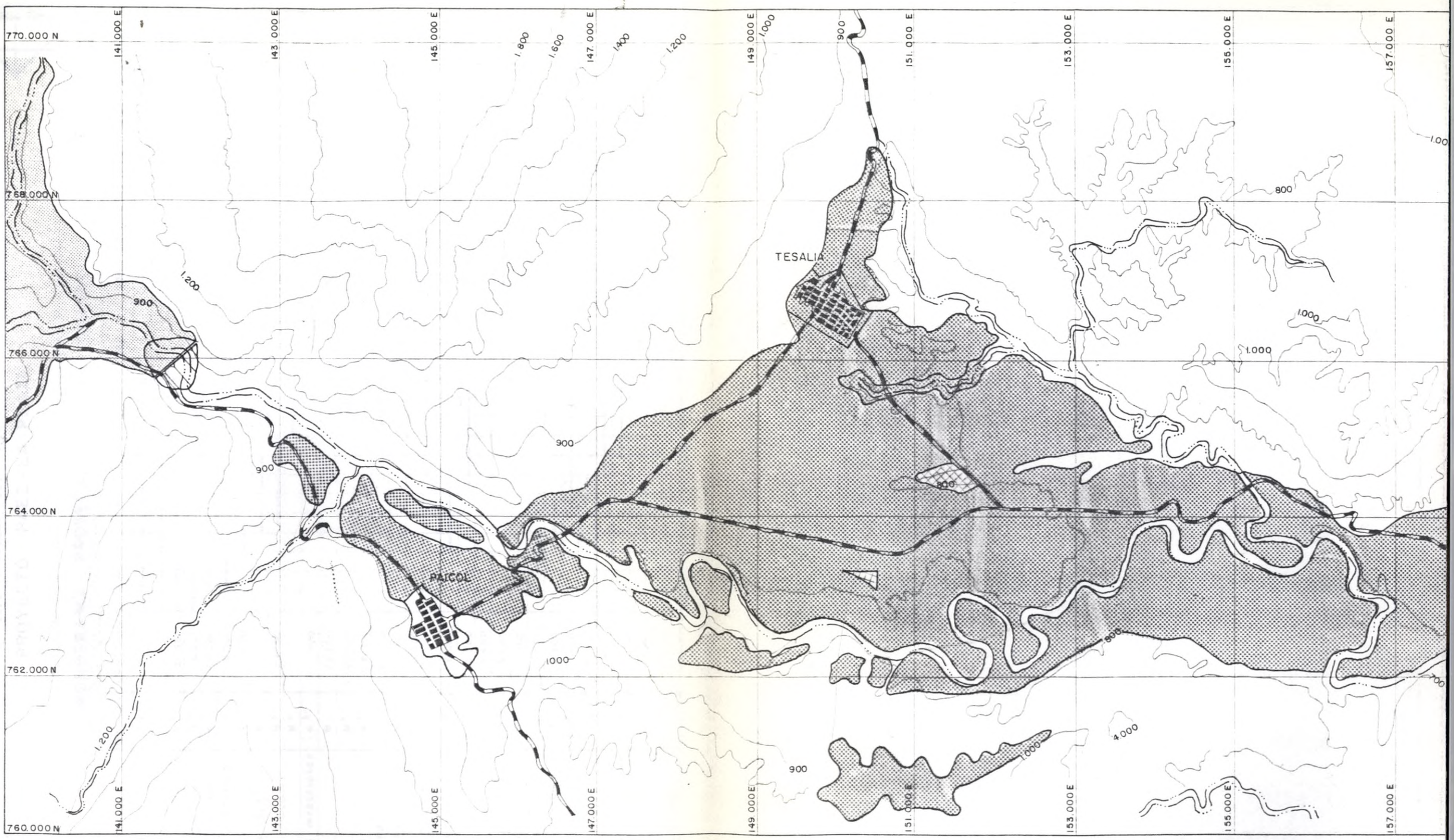
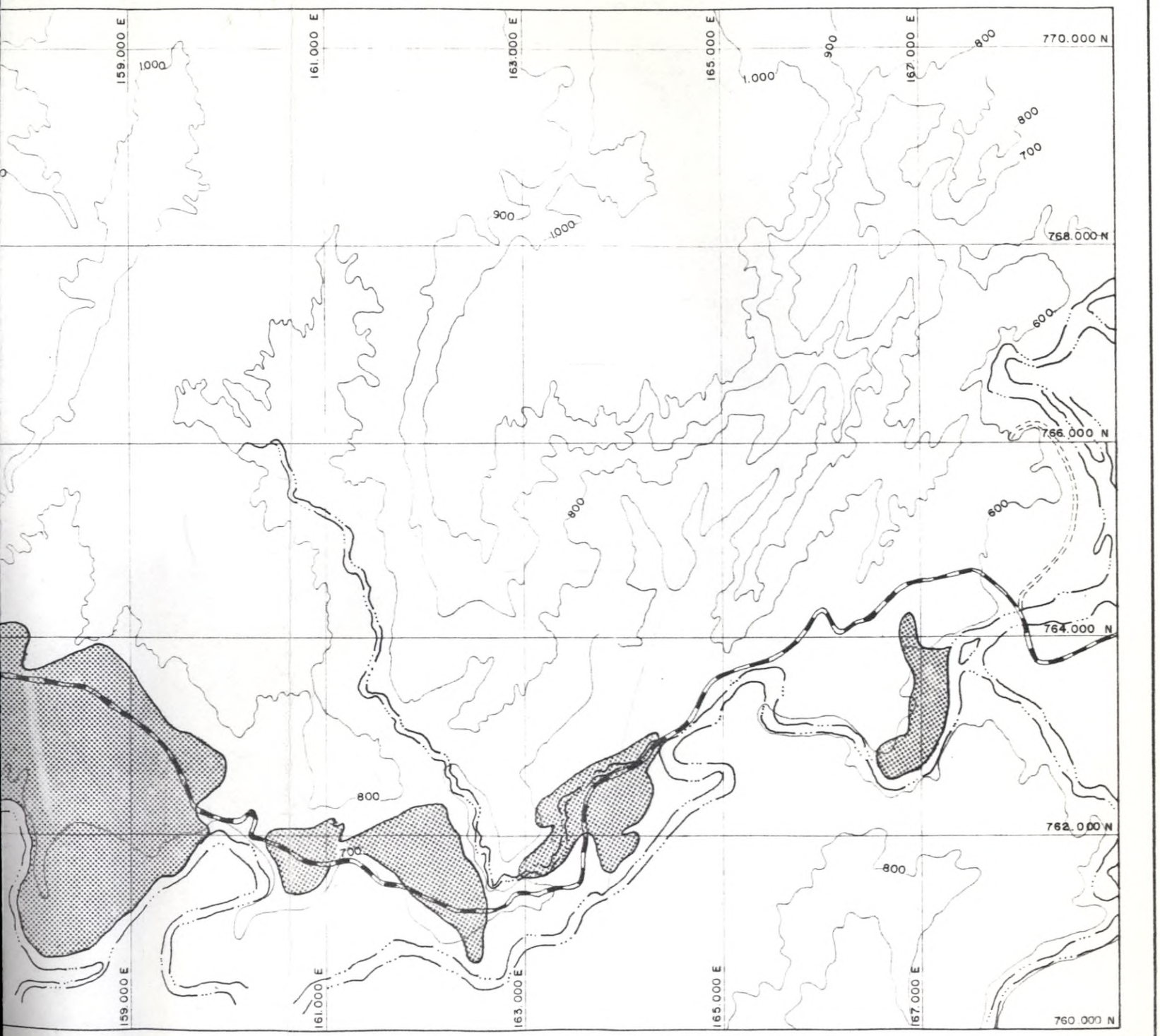

758.000N
1'137.000E
757.000N
1'136.000E
756.000N
1'135.000E
755.000N
1'134.000E
1'133.000E
1500
1400
1300
1200
1100
1000
K14+000
K15+000
K15+300
LA PLATA
RIO
LA PLATA
757.000N
761.000N
1000
1100
1200
1500
758
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.
PROYECTO PAEZ - LA PLATA
PROYECTO PAICOL
VIAS PROPUESTAS
Diseño
Calculo
Presento
Dibujo
Revisa
Aprobo
consultoria colombiana
Escala: Indicada
Fecha: Abril/83
964.5

FIGURA 72



SIMBOLO	AREA BRUTA 100%	INFRAESTRUCTURA 15%	AREA NETA REGABLE 85%
Suelos Regables	4.027 Ha.	604 Ha.	3.423 Ha.
Aguas	36 Ha.	———	———



INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.

PROYECTO PAEZ - LA PLATA

PROYECTO PAICOL

USO POTENCIAL DE TIERRAS

Diseñó:	Calculó:	Presentó:
Dibujó: M.C.R.	Revisó:	Aprobó:
consultoria colombiana	Escala: 1:25.000	consultores civiles e hidráulicos
	Fecha: Abril / 85	

FIGURA 73

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.

PROYECTO PAEZ - LA PLATA

CONSULTORIA COLOMBIANA

CRONOGRAMA PROYECTO PIEDRA GRANDE

CONSULTORES CIVILES E HIDRAULICOS

Nº	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8
1	ADQUISICION TIERRAS	S.G.	–								
2	VIAS	S.G.	–								
3	CAMPAMENTOS	M^2	51.350								
4	EXCAVACION DESVIACION	M^3	6.500								
5	EXCAVACION PORTALES DESVIACION	M^3	20.500								
6	CONCRETO PORTALES DESVIACION	M^3	8.500								
7	TUNEL DE DESVIACION	M	600								
8	HOWEL BUNGER Y VALVULA	S.G.	–								
9	ATAGUIAS	M^3	124.000								
10	FUNDACION PRESA	M^3									
11	EXCAVACION GALERIAS INYECCIONES	M^3	1.300								
12	INYECCIONES	M	29.000								
13	RELLENO PRESA I	M^3	3'100.000								
14	RELLENO PRESA II	M^3	2'018.000								
15	EXCAVACION VERTEDERO	M^3	91.000								
16	CONCRETO VERTEDERO	M^3	31.000								
17	CONCRETO GOLA	M^3	10.000								
18	COMPUERTAS VERTEDERO	S.G.	–								
19	EXCAVACION BOCATOMA	M^3	10.000								
20	TUNEL DE CARGA	M	6.300								
21	CONCRETO TOMA	M^3	1.400								
22	POZO Y ALMENARA	M^3	9.000								
23	CAVERNA COMPUERTAS TOMA	M^3	3.000								
24	EXCAVACION CASA DE MAQUINAS	M^3	20.600								
25	SUB-ESTRUCTURA CASA DE MAQUINAS	M^3	6.800								
26	SUPERESTRUCTURA CASA DE MAQUINAS	M^3	950								
27	PUENTE-GRUA	UND.	–								
28	TURBINAS Y GENERADORES	S.G.	–								
29	EQUIPO AUXILIAR CASA DE MAQUINAS	S.G.	–								
30	COMPUERTAS CASA DE MAQUINAS	S.G.	–								
31	TUBERIA DE CARGA	S.G.	–								
32	EDIFICIO CASA DE MAQUINAS										

FIGURA 74

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.

PROYECTO PAEZ - LA PLATA

CONSULTORIA COLOMBIANA

CRONOGRAMA PROYECTO MACAMA

CONSULTORES CIVILES E HIDRAULICOS

Nº	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8
1	ADQUISICION TIERRAS	S.G.									
2	VIAS	S.G.									
3	CAMPAMENTOS	M^2	22.356								
4	EXCAVACION DESVIACION	M^3	330.300								
5	EXCAVACION PORTALES DESVIACION	M^3	220.200								
6	CONCRETO PORTALES DESVIACION	M^3	1.000								
7	TUNEL DE DESVIACION	M	500								
8	HOWELL BUNGER Y VALVULA	S.G.									
9	ATAGUIAS	M^3	53.000								
10	FUNDACION PRESA	M^3									
11	EXCAVACION GALERIAS INYECCIONES	M^3	1.795								
12	INYECCIONES	M	30.000								
13	RELLENO PRESA I	M^3	2'300,000								
14	RELLENO PRESA II	M^3	2'900.000								
15	EXCAVACION VERTEDERO	M^3	342.000								
16	CONCRETO VERTEDERO	M^3	19.000								
17	CONCRETO GOLA	M^3	14.500								
18	COMPUERTAS VERTEDERO	S.G.									
19	EXCAVACION BOCATOMA	M^3	25.000								
20	TUNEL DE CARGA	M									
21	CONCRETO TOMA	M^3	1.600								
22	POZO Y ALMENARA	M^3	22,000								
23	CAVERNA COMPUERTAS TOMA	M^3	6.000								
24	EXCAVACION CASA DE MAQUINAS	M^3	211,500								
25	SUBESTRUCTURA CASA DE MAQUINAS	M^3	2,850								
26	SUPERESTRUCTURA CASA DE MAQUINAS	M^3	141								
27	PUENTE - GRUA	UND.									
28	TURBINAS Y GENERADORES	S.G.									
29	EQUIPO AUXILIAR CASA DE MAQUINAS	S.G.									
30	COMPUERTAS CASA DE MAQUINAS	S.G.									
31	TUBERIA DE CARGA	S.G.									
32	EDIFICIO CASA DE MAQUINAS	S.G.									

FIGURA 75

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.

PROYECTO PAEZ - LA PLATA

CONSULTORIA COLOMBIANA

CRONOGRAMA PROYECTO GUINEA

CONSULTORES CIVILES E HIDRAULICOS

Nº	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8
1	ADQUISICION TIERRAS	S.G.	—								
2	VIAS	S.G.	—								
3	CAMPAMENTOS	M^2	43.050								
4	EXCAVACION DESVIACION	M^3	40.250								
5	EXCAVACION PORTALES DESVIACION	M^3	18.000								
6	CONCRETO PORTALES DESVIACION	M^3	2.700								
7	TUNEL DE DESVIACION	M									
8	HOWEL BUNGER Y VALVULA	S.G.	—								
9	ATAGUIAS	M^3	33.000								
10	FUNDACION PRESA	M^3	200.000								
11	EXCAVACION GALERIAS INYECCIONES	M^3	3.500								
12	INYECCIONES	M	38.000								
13	RELLENO PRESA I	M^3	1'000.000								
14	RELLENO PRESA II	M^3	780.000								
15	EXCAVACION VERTEDERO	M^3	420.000								
16	CONCRETO VERTEDERO	M^3	12.000								
17	CONCRETO GOLA	M^3	12.000								
18	COMPUERTAS VERTEDERO	S.G.	—								
19	EXCAVACION BOCATOMA	M^3	9.000								
20	TUNEL DE CARGA	M	11.220								
21	CONCRETO TOMA	M^3	23.000								
22	POZO Y ALMENARA	M^3	7.100								
23	CAVERNA COMPUERTAS TOMA	M^3	3.000								
24	EXCAVACION CASA DE MAQUINAS	M^3	7.600								
25	SUBESTRUCTURA CASA DE MAQUINAS	M^3	2.500								
26	SUPERESTRUCTURA CASA DE MAQUINAS	M^3	300								
27	PUENTE-GRUA	UND.	—								
28	TURBINAS Y GENERADORES	S.G.	—								
29	EQUIPO AUXILIAR CASA DE MAQUINA	S.G.	—								
30	COMPUERTAS CASA DE MAQUINAS	S.G.	—								
31	TUBERIA DE CARGA	S.G.	—								
32	EDIFICIO CASA DE MAQUINAS										

FIGURA 76

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.

PROYECTO PAEZ - LA PLATA

CONSULTORIA COLOMBIANA

CRONOGRAMA PROYECTO PAICOL EN UNA ETAPA

CONSULTORES CIVILES E HIDRAULICOS

Nº	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8
1	ADQUISICION TIERRAS	S.G.									
2	VIAS	S.G.									
3	CAMPAMENTOS	M^2	66.800								
4	EXCAVACION DESVIACION	M^3	830.000								
5	EXCAVACION PORTALES DESVIACION	M^3	205.000								
6	CONCRETO PORTALES DESVIACION	M^3	14.000								
7	TUNEL DE DESVIACION	M									
8	HOWELL BUNGER Y VALVULA	S.G.									
9	ATAGUIAS	M^3	55.000								
10	FUNDACION PRESA	M^3	5'900.000								
11	EXCAVACION GALERIAS INYECCIONES	M^3	6.034								
12	INYECCIONES	M	59.000								
13	RELLENO PRESA I	M^3									
14	RELLENO PRESA II	M^3									
15	EXCAVACION VERTEDERO	M^3	850.000								
16	CONCRETO VERTEDERO	M^3	33.000								
17	CONCRETO GOLA	M^3	38.000								
18	COMPUERTAS VERTEDERO	S.G.									
19	EXCAVACION BOCATOMA	M^3	5.800								
20	TUNEL DE CARGA	M									
21	CONCRETO TOMA	M^3	2.700								
22	POZO Y ALMENARA	M^3	37.000								
23	CAVERNA COMPUERTAS TOMA	M^3	10.300								
24	ACCESO CASA MAQUINAS	M^3	7.100								
25	CAVERNA CASA DE MAQUINAS	M^3	78.700								
26	SUBESTRUCTURA CASA DE MAQUINAS	M^3	11.700								
27	SUPERESTRUCTURA CASA DE MAQUINAS	M^3	4.300								
28	PUENTE GRUA	UND.	6								
29	TURBINAS Y GENERADORES	S.G.									
30	EQUIPO AUXILIAR CASA DE MAQUINA	S.G.									
31	COMPUERTAS CASA DE MAQUINA	S.G.									
32	TUNEL DE FUGA	M	24.000								

BIBLIOTECA

FIGURA 77

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.

PROYECTO PAEZ - LA PLATA

CONSULTORIA COLOMBIANA

CRONOGRAMA PROYECTO PAICOL I

CONSULTORES CIVILES E HIDRAULICOS

Nº	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8
1	ADQUISICION TIERRAS	S.G.									
2	VIAS	S.G.									
3	CAMPAMENTOS	M^2									
4	EXCAVACION DESVIACION	M^3									
5	EXCAVACION PORTALES DESVIACION	M^3									
6	CONCRETO PORTALES DESVIACION	M^3									
7	TUNEL DE DESVIACION	M									
8	HOWELL BUNGER Y VALVULA	S.G.									
9	ATAGUIAS	M^3									
10	FUNDACION PRESA	M^3									
11	EXCAVACION GALERIAS INYECCIONES	M^3									
12	INYECCIONES	M									
13	RELLENO PRESA I	M^3									
14	RELLENO PRESA II	M^3									
15	EXCAVACION VERTEDERO	M^3									
16	CONCRETO VERTEDERO	M^3									
17	CONCRETO GOLA	M^3									
18	COMPUERTAS VERTEDERO	S.G.									
19	EXCAVACION BOCATOMA	M^3									
20	TUNEL DE CARGA	M									
21	CONCRETO TOMA	M^3									
22	POZO Y ALMENARA	M^3									
23	CAVERNA COMPUERTAS TOMA	M^3									
24	ACCESO CASA DE MAQUINAS	M^3									
25	CAVERNA CASA DE MAQUINAS	M^3									
26	SUBESTRUCTURA CASA DE MAQUINAS	M^3									
27	SUPERESTRUCTURA CASA DE MAQUINAS	M^3									
28	PUENTE GRUA	UND.									
29	TURBINAS Y GENERADORES	S.G.									
30	EQUIPO AUXILIAR CASA DE MAQUINA	S.G.									
31	COMPUERTAS CASA DE MAQUINA	S.G.									
32	TUNEL DE FUGA	M									

FIGURA 78

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A.

PROYECTO PAEZ - LA PLATA

CONSULTORIA COLOMBIANA

CRONOGRAMA PROYECTO PAICOL II

CONSULTORES CIVILES E HIDRAULICOS

Nº	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8
1	ADQUISICION TIERRAS	S.G.									
2	VIAS	S.G.									
3	CAMPAMENTOS	M^2	27.500								
4	EXCAVACION DESVIACION	M^3									
5	EXCAVACION PORTALES DESVIACION	M^3									
6	CONCRETO PORTALES DESVIACION	M^3									
7	TUNEL DE DESVIACION	M									
8	HOWELL BUNGER Y VALVULA	S.G.									
9	ATAGUIAS	M^3									
10	FUNDACION PRESA	M^3									
11	EXCAVACION GALERIAS INYECCIONES	M^3									
12	INYECCIONES	M									
13	RELLENO PRESA I	M^3									
14	RELLENO PRESA II	M^3									
15	EXCAVACION VERTEDERO	M^3									
16	CONCRETO VERTEDERO	M^3									
17	CONCRETO GOLA	M^3									
18	COMPUERTAS VERTEDERO	S.G.									
19	EXCAVACION BOCATOMA	M^3									
20	TUNEL DE CARGA	M									
21	CONCRETO TOMA	M^3									
22	POZO Y ALMENARA	M^3									
23	CAVERNA COMPUERTAS TOMA	M^3									
24	TANQUE DE COMPENSACION	S.G.									
25	EXCAVACION CASA DE MAQUINAS	M^3	204.000								
26	SUBESTRUCTURA CASA DE MAQUINAS	M^3	19.000								
27	SUPERESTRUCTURA CASA DE MAQUINAS	M^3	1.400								
28	PUENTE GRUA	UND.									
29	TURBINAS Y GENERADORES	S.G.									
30	EQUIPO AUXILIAR CASA DE MAQUINA	S.G.									
31	COMPUERTAS CASA DE MAQUINA	S.G.									
32	EDIFICIO CASA DE MAQUINA	S.G.									

FIGURA 79

Ministerio de Minas y Energía
BIBLIOTECA

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA
01000374
BIBLIOTECA

Estudio de prefactibilidad técnica de los aprovechamientos hidroeléctricos Rios Paez y la Plata : contrato No. 4257 / Instituto Colombiano de Energía Electrica
333.91409861 I59e V.1 Ej.1

FECHA PEDIDO	PRESTADO A	FECHA DEVUELTO