



EMPRESA DE ENERGIA ELECTRICA DE BOGOTA

DESARROLLO HIDROELECTRICO DE LOS RIOS NEGRO Y HUMEA

INFORME DE FACTIBILIDAD

VOLUMEN IV

PROYECTO HUMEA

CONSORCIO

GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS CIA. LTDA. - INTEGRAL LTDA.

BOGOTA, JULIO 1982

61

333.914
E221phi
volumen IV
1982

DESARROLLO HIDROELECTRICO
DE LOS RIOS NEURO Y HUEMA

INFORME DE FACTIBILIDAD

PROYECTO HUEMA

Ministerio de Minas y Energía
BIBLIOTECA

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA
BIBLIOTECA

333.91409861

ESS d
v.4
Ej 1



EMPRESA DE ENERGIA ELECTRICA DE BOGOTA

DESARROLLO HIDROELECTRICO DE LOS RIOS NEGRO Y HUMEA

INFORME DE FACTIBILIDAD

VOLUMEN IV

PROYECTO HUMEA

CONSORCIO

GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS CIA. LTDA. - INTEGRAL LTDA.

BOGOTA, JULIO 1982

Donación EEBB, 06 de junio de 1983

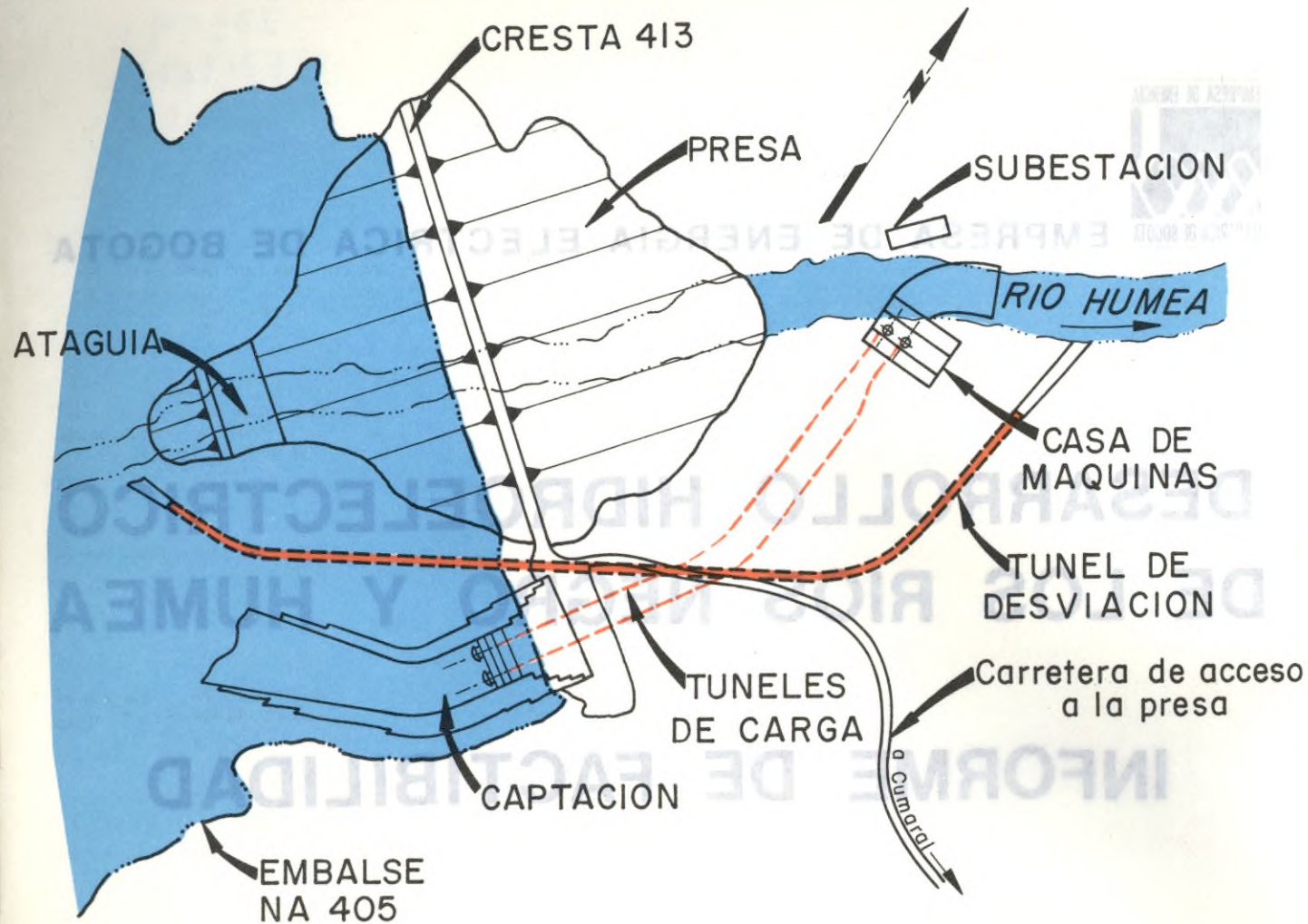
Emo

200m

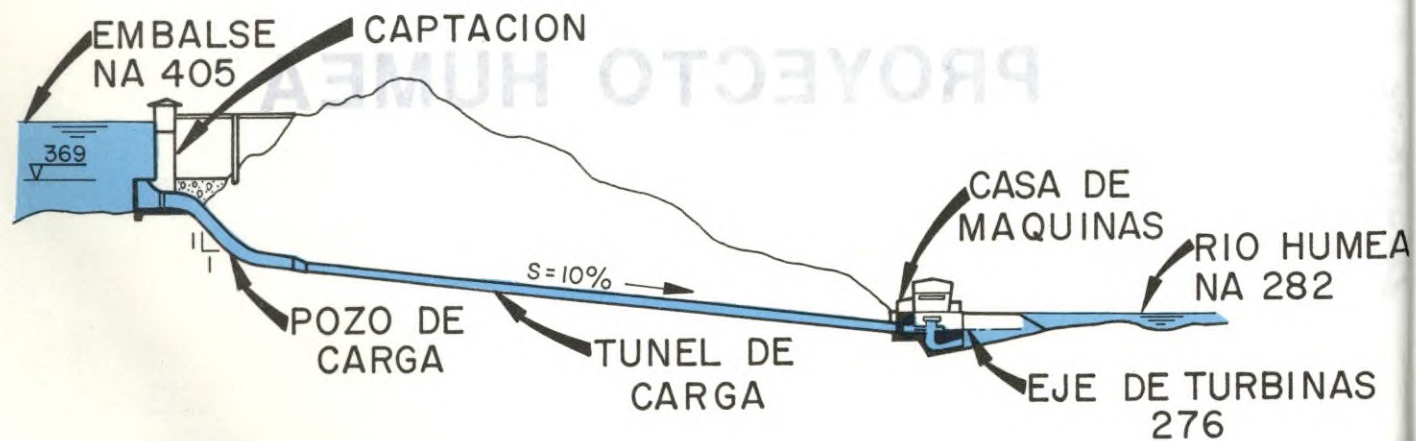
PROYECTO HUMEA

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA

BIBLIOTECA



PLANTA



PERFIL PROYECTO HUMEA

PROYECTO HUMEA

CARACTERISTICAS PRINCIPALES

DATOS GENERALES

Caudal de Diseño : 504 m³/s. Capacidad Instalada : 460 MW. Salto Bruto Máximo : 129 m. Generación Media Anual : 1 883 GWh-año. Energía Confiante : 1 796 GWh-año. Energía Primaria : 1 621 GWh-año. Factor de Planta Promedio : 0.47.

DATOS HIDROLOGICOS

Area de la Hoya Hidrográfica : 950 km². Precipitación Media : 3 840 mm. Caudal Medio del Río Humea : 115 m³/s. Volumen Anual de Sedimentos : 1,9 Mm³. Caudal Medio del Río Guacavía y Afluentes : 62,5 m³/s.

EMBALSE

Area : 9 300 ha. Volumen Total : 4 120 Mm³. Volumen Util : 2 400 Mm³. Nivel Máximo : cota 405. Nivel Mínimo : cota 370.

DESVIACION

Capacidad : 300 m³/s. Longitud del Túnel : 850 m. Sección : Herradura 6,0 x 6,0 m. Altura de la Atagufa : 28 m. Descarga de Fondo : Compuertas Verticales.

REBOSADERO

Tipo : Canal rectangular. Capacidad : 4 650 m³/s. Sección : Ancho 60 m. Longitud : 550 m. Longitud de la Gola : 180 m.

PRESA

Tipo : Gravas con núcleo. Altura : 138 m. Volumen : 6,45 Mm³.

CONDUCCION

2 túneles de carga de 500 y 510 m de longitud respectivamente de 7,2 m de diámetro.

CASA DE MAQUINAS

Tipo : Superficial. Capacidad Instalada : 460 MW. Turbinas : 2 Francis de eje vertical de 240 MW. 2 Generadores sincrónicos de 246 MVA. 7 Transformadores monofásicos de 94 MVA.

DESVIACION GUAYABETAL-GUACAVIA-HUMEA

Caudales de Desviación : Guayabetal : 72 m³/s. Río Guacavía y Afluentes : 39 m³/s. Conducción : Longitud de Túneles : 7,9 km, Canales : 24,4 km. Capacidad Máxima : 190 m³/s. Presa Río Borrachero : Gravas con núcleo 0,96 Mm³. Presas de Captación en Río Guacavía, Nipore, Pirí y Guajaray: Embalse Río Borrachero : 920 ha.

COSTO DEL PROYECTO

US \$ 353 millones.

VOLUMEN IV

INDICE

<u>CAPITULO</u>	<u>PAGINA</u>
I INTRODUCCION	IV.I.1
II DESCRIPCION GENERAL DE LA ZONA	IV.II.1
2.1 Localización	IV.II.1
2.2 Accesos	IV.II.1
2.3 Hidrografía y Orografía	IV.II.2
2.4 Hidrología General	IV.II.2
2.5 Vegetación y Suelos	IV.II.3
2.6 Población	IV.II.3
III CLIMATOLOGIA E HIDROLOGIA	IV.III.1
3.1 Climatología	IV.III.1
3.2 Caudales Medios Mensuales	IV.III.2
3.3 Crecientes	IV.III.3
3.4 Sedimentos	IV.III.7
IV GEOLOGIA Y MATERIALES DE CONSTRUCCION.	IV.IV.1
4.1 Introducción	IV.IV.1
4.2 Condiciones Geotécnicas en el Sitio de Presa.	IV.IV.2
4.3 Condiciones Geotécnicas en el Túnel de Carga.	IV.IV.3
4.4 Condiciones Geotécnicas en el Rebo-sadero.	IV.IV.4
4.5 Condiciones Geotécnicas en la Casa de Máquinas.	IV.IV.4
4.6 Condiciones Geotécnicas en el Embalse.	IV.IV.5

<u>PAGINA</u>	<u>CAPITULO</u>
IV.II.1	INTRODUCCION
IV.II.1	DESCRIPCION GENERAL DE LA ZONA
IV.II.1	Localización
IV.II.1	Accesos
IV.II.2	Hidrografía y Orografía
IV.II.2	Hidrología General
IV.II.2	Vegetación y Paises
IV.II.2	Población
IV.III.1	CLIMATOLOGIA E HIDROLOGIA
IV.III.1	Climatología
IV.III.2	Caudales Mésicos Mésicos
IV.III.2	Orografía
IV.III.2	Sedimentación
IV.VI	GEOLOGIA Y MATERIALES DE CONSTRUCCION
IV.VI.1	Introducción
IV.VI.2	Descripción General del Sitio
IV.VI.2	Geología
IV.VI.2	Características de los Materiales de Construcción
IV.VI.2	Características de los Materiales de Construcción
IV.VI.2	Características de los Materiales de Construcción
IV.VI.2	Características de los Materiales de Construcción
IV.VI.2	Características de los Materiales de Construcción
IV.VI.2	Características de los Materiales de Construcción
IV.VI.2	Características de los Materiales de Construcción

<u>CAPITULO</u>	<u>PAGINA</u>
IV.4.7	Condiciones Geotécnicas en la Construcción Guatiquía-Humea.
IV.4.8	Riesgo Sísmico
IV.4.9	Materiales para Construcción
V	POTENCIA Y ENERGIA
IV.V.1	Introducción
IV.V.1	Volumen del Embalse
IV.V.2	Capacidad Instalada de la Central
IV.V.3	Capacidad de las Desviaciones
IV.V.4	Producción Energética
IV.V.5	Costos de Potencia y Energía
VI	ESQUEMA GENERAL E INFRAESTRUCTURA.
IV.VI.1	Localización y Accesos
IV.VI.1	Esquema del Proyecto
IV.VI.2	Hidrología y Sedimentos
IV.VI.2	Generación
IV.VI.3	Embalse
IV.VI.3	Carreteras y Vías de Acceso
VII	PRESA Y OBRAS ANEXAS
IV.VII.1	Presa
IV.VII.4	Ataguía
IV.VII.4	Rebosadero
IV.VII.5	Desviación y Descarga de Fondo
VIII	CONDUCCION Y OBRAS DE GENERACION
IV.VIII.1	Obras de Captación
IV.VIII.2	Conducciones
IV.VIII.2	Casa de Máquinas
IV.VIII.6	Subestación

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIAS
BIBLIOTECA

<u>CAPITULO</u>		<u>PAGINA</u>
IX	CONDUCCION GUATIQUEA-HUMEA	IV.IX.1
	9.1 Generalidades	IV.IX.1
	9.2 Sector Central de Guayabeta-Río Guacavía.	IV.IX.1
	9.3 Sector río Guacavía-Embalse Río Borrachero.	IV.IX.2
	9.4 Embalse del Río Borrachero	IV.IX.3
	9.5 Sector Embalse del Borrachero - Embalse de Humea.	IV.IX.4
	9.6 Precedentes de Canales Similares	IV.IX.5
X	IMPACTO AMBIENTAL	IV.X.1
	10.1 Medio Físico y Biológico	IV.X.1
	10.2 Medio Humano	IV.X.2
	10.3 Efectos Indirectos	IV.X.2
XI	COSTOS Y PRESUPUESTO	IV.XI.1
	11.1 Generalidades	IV.XI.1
	11.2 Precios Unitarios	IV.XI.1
	11.3 Presupuestos	IV.XI.2
	11.4 Costos de Energía y Capacidad Instalada.	IV.XI.2
XII	PROGRAMAS DE CONSTRUCCION Y DESEMBOLOSOS.	IV.XII.1
	12.1 Generalidades	IV.XII.1
	12.2 Programa de Construcción	IV.XII.1
	12.3 Programa de Desembolsos	IV.XII.2

CUADROS

3.1	Proyecto Humea - Serie Histórica de Caudales Reconstruídos Estocásticamente en el Sitio de Presa.
3.2	Proyecto Guacavía - Serie Histórica de Caudales Reconstruídos Estocásticamente en el Sitio de Presa.
5.1	Generación Hidroeléctrica del Sistema Completo Aportes del Proyecto Humea.
5.2	Generación Hidroeléctrica del Proyecto Humea
5.3	Costos de Potencia y Energía Proyecto Humea
6.1	Características Generales Proyecto Humea
11.1	Proyecto Humea - Presupuesto Resumen
12.1	Proyecto Humea - Programa de Construcción
12.2	Proyecto Humea - Programa de Desembolsos

FIGURAS

3.1	Crecientes de Diseño para la Presa de Humea
5.1	Configuración de la Alternativa Estudiada
5.2	Generación Hidroeléctrica Promedia en las Centrales y el Sistema Agregado.
5.3	Generación Hidroeléctrica Firme Promedia.
12-15	Proyecto Humea - Programa de Construcción.
12-17	Proyecto Humea - Programa de Desembolsos.
12-18	Proyecto Humea - Caudales Reconstruídos.
12-19	Proyecto Humea - Caudales Reconstruídos - Mace Guacavía.

INDICE

IV, IX, I	CONSTRUCCION DE LA PRESA DE HUMEA	1.1
IV, IX, I	Características	1.1
IV, IX, I	Sector Central de Guacavía-Río	1.2
IV, IX, I	Guacavía	1.3
IV, IX, 2	Sector Río Guacavía-Embalse Río	1.4
IV, IX, 3	Boroboro	1.5
IV, IX, 3	Embalse del Río Boroboro	1.6
IV, IX, 4	Sector Embalse del Boroboro	1.7
IV, IX, 4	Embalse de Huma	1.8
IV, IX, 5	Presabios de Canales Embalses	1.9
IV, X, I	IMPACTO AMBIENTAL	2
IV, X, I	Medio Físico y Biológico	2.1
IV, X, 2	Medio Humano	2.2
IV, X, 3	Efectos Indirectos	2.3
IV, XI, I	COSTOS Y PRESUPUESTO	3
IV, XI, I	Generalidades	3.1
IV, XI, I	Preios Utilizados	3.2
IV, XI, 2	Presupuestos	3.3
IV, XI, 3	Costos de Energía y Capacidad Instalada	3.4
IV, XII, I	PROGRAMAS DE CONSTRUCCION Y DESEMBOLSOS	4
IV, XII, I	Características	4.1
IV, XII, I	Programa de Construcción	4.2
IV, XII, 2	Programa de Desembolsos	4.3

INDICE DE PLANOS

I-1	Región de los Estudios
I-2	Localización General de los Proyectos
I-3	Información Hidrológica
I-4	Mapa Geológico Regional
H-1	Proyecto Humea - Embalse
H-2	Proyecto Humea - Planta General
H-3	Proyecto Humea - Presa - Sección Típica
H-4	Proyecto Humea - Presa - Cortina de Inyecciones
H-5	Proyecto Humea - Rebosadero - Planta, Cortes y Detalles.
H-6	Proyecto Humea - Túnel de Desviación y Descarga de Fondo.
H-7	Proyecto Humea - Bocatoma, Conducción y Zona de Casa de Máquinas.
H-8	Proyecto Humea - Casa de Máquinas - Planta y Secciones.
H-9	Proyecto Humea - Conducción Guatiquífa-Humea - Planta - Secciones Típicas.
H-10	Proyecto Humea - Conducción Guatiquífa-Humea - Túneles - Plantas, Perfiles y Sección.
H-11	Proyecto Humea - Conducción Guatiquífa-Humea - Canal K 0 + 000 - K 6 + 500.
H-12	Proyecto Humea - Conducción Guatiquífa-Humea - Canal K 6 + 500 - K 14 + 420.
H-13	Proyecto Humea - Conducción Guatiquífa-Humea - Canal K 14 + 420 - K 23 + 000.
H-14	Proyecto Humea - Desviación Guatiquífa-Humea - Presa y Rebosadero Río Borrachero.
H-15	Proyecto Humea - Programa de Construcción.
H-16	Proyecto Humea - Embalse - Mapa Geológico.
H-17	Proyecto Humea - Sitio de Presa - Mapa Geológico
H-18	Proyecto Humea - Cortes Geológicos
H-19	Proyecto Humea - Conducción Guatiquífa-Humea - Mapa Geológico.

INDICE DE PLANOS

1-1	Región de los Estudios
1-2	Localización General de los Proyectos
1-3	Información Hidrológica
1-4	Mapa Geológico Regional
H-1	Proyecto Huma - Embalses
H-2	Proyecto Huma - Planta General
H-3	Proyecto Huma - Presa - Sección Típica
H-4	Proyecto Huma - Presa - Cortina de Inyecciones
H-5	Proyecto Huma - Repasadero - Plantas, Cortes y Detalles.
H-6	Proyecto Huma - Túnel de Desviación y Descarga de Fondo.
H-7	Proyecto Huma - Bocatoma, Conducción y Zona de Casa de Máquinas.
H-8	Proyecto Huma - Casa de Máquinas - Planta y Secciones.
H-9	Proyecto Huma - Conducción Guatemala-Huma - Planta - Secciones Típicas.
H-10	Proyecto Huma - Conducción Guatemala-Huma - Túneles - Plantas, Perfiles y Sección.
H-11	Proyecto Huma - Conducción Guatemala-Huma - Canal K 6 + 000 - K 8 + 500.
H-12	Proyecto Huma - Conducción Guatemala-Huma - Canal K 6 + 500 - K 14 + 450.
H-13	Proyecto Huma - Conducción Guatemala-Huma - Canal K 14 + 450 - K 22 + 000.
H-14	Proyecto Huma - Desviación Guatemala-Huma - Presa y Repasadero Pto Borrachero.
H-15	Proyecto Huma - Programa de Construcción.
H-16	Proyecto Huma - Embalses - Mapa Geológico.
H-17	Proyecto Huma - Sitio de Presa - Mapa Geológico
H-18	Proyecto Huma - Cortes Geológicos
H-19	Proyecto Huma - Conducción Guatemala-Huma - Mapa Geológico.

CAPITULO I

Introducción

CAPITULO I

INTRODUCCION

El diciembre de 1980 el Consorcio Gómez, Cajiao y Asociados e Integral Ltda., presentó a la Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá el Informe de Prefactibilidad del Desarrollo Hidroeléctrico de los Ríos Negro-Guayuriba y Hoyas Vecinas. En dicho informe se recomendaron para estudio a nivel de Factibilidad los proyectos de Quetame y Guayabetal sobre el Río Negro y el de Humea sobre el río del mismo nombre.

En la Etapa de Prefactibilidad se determinó el esquema básico del proyecto actual y que en términos generales coincide con el desarrollo, inicialmente desarrollado por el Estudio del Sector de Energía Eléctrica (ESEE) en cuanto a localización de las obras. Sin embargo, al estudiar su operación en conjunto con la de los proyectos del río Negro, se encontró que la optimización de este gran embalse, 4 120 Mm³, se lograba únicamente con la desviación al embalse, tanto de las aguas del proyecto Guayabetal como de las del río Guacavía y de sus afluentes. De esta manera, el esquema definitivo del proyecto consiste en las siguientes partes :

- Una presa de gravas de 138 m de altura con núcleo de arcilla localizada inmediatamente aguas arriba de la salida del río Humea a los Llanos Orientales.
- Una central superficial de pie de presa localizada en la margen derecha del río.
- Una conducción de 33 km consistente en canales, túneles y sifones para conducir las aguas desviadas al embalse de Humea del proyecto Guayabetal y de los ríos Guacavía, Nipore, Pirí y Guajaray y Borrachero.

Durante la Etapa de Factibilidad se determinaron la altura definitiva de la presa, la localización, características de la central y las di-

INTRODUCCION
CAPITULO I

El día 10 de diciembre de 1980 el Consorcio Gómez, Cajiao y Asociados e Integral Ltda., presentó a la Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá el Informe de Factibilidad del Desarrollo Hidroeléctrico de los Ríos Negro-Guayabeta y Hoyas Vecinas. En dicho informe se recomienda para estudio a nivel de Factibilidad los proyectos de Quetame y Guayabeta sobre el Río Negro y el de Humea sobre el río del mismo nombre.

En la Etapa de Factibilidad se determinó el esquema básico del proyecto actual y que en términos generales coincide con el desarrollo inicialmente desarrollado por el Estado del Sector de Energía Eléctrica (ESE) en cuanto a localización de las obras. Sin embargo, al estudiar su operación en conjunto con las de los proyectos del río Negro, se encontró que la optimización de este gran embalse, a 120 Mms, se logra únicamente con la desviación al embalse, tanto de las aguas del proyecto Guayabeta como de las del río Guacavía y de sus afluentes. De esta manera, el esquema definitivo del proyecto consta en las siguientes partes:

- Una presa de gravedad de 138 m de altura con núcleo de arcilla localizada inmediatamente aguas arriba de la salida del río Humea a los Llanos Orientales.
- Una central superficial de pie de presa localizada en la margen derecha del río.
- Una conducción de 33 km constante en canales, túneles y sifones para conducir las aguas desviadas al embalse de Humea del proyecto Guayabeta y de los ríos Guacavía, Nipore, Pirí y Guacavía y Barrachero.

Durante la Etapa de Factibilidad se determinaron la altura definitiva de la presa, la localización, características de la central y las di-

mensiones de las diferentes estructuras de la conducción.

En este Volumen IV del Informe de Factibilidad, se presentan los resultados finales de la Factibilidad Técnica del Proyecto Humea, los cuales incluyen sus aspectos generales, características técnicas, presupuestos y programas de construcción.

En el Volumen I de este informe se describe su interrelación con los proyectos de Quetame y Guayabeta, y en los Apéndices A a E se presentan en detalle los estudios específicos ejecutados, las metodologías utilizadas y la información básica recopilada en las áreas de hidrología y sedimentos, materiales, geotecnia, energía, ecología y socioeconómica.

Resumen de las diferentes técnicas de la conducción.

En este Volumen IV del Informe de Factibilidad, se presentan los resultados finales de la Factibilidad Técnica del Proyecto Huma, los cuales incluyen sus aspectos generales, características técnicas, presupuestos y programas de construcción.

En el Volumen I de este Informe se describe su interrelación con los proyectos de Guatame y Guayabetal, y en los Apéndices A a E se presentan en detalle los estudios específicos ejecutados, las metodologías utilizadas y la información básica recopilada en las áreas de hidrología y sedimentos, materiales, geología, geotecnia, energía, ecología y socioeconómica.

CAPITULO II

Descripción general de la zona

CAPITULO II

DESCRIPCION GENERAL DE LA ZONA

2.1 LOCALIZACION

El proyecto Humea está localizado en el Departamento de Cundinamarca sobre la vertiente oriental de la Cordillera Oriental, en la zona comprendida entre los Farallones de Medina y la Serranía de Palomas que constituye las estribaciones de la cordillera sobre los Llanos Orientales.

La cuenca del río Humea hasta el sitio de presa está incluida en su totalidad en el municipio de Medina. La conducción del río Guatiquía al embalse, atraviesa los municipios de Restrepo y Cumaral del Departamento del Meta.

De acuerdo con el Estudio del Sector de Energía Eléctrica (ESEE), el proyecto está localizado en la Cuenca 3 de la Zona 3, Región II.

2.2 ACCESOS

La carretera Villavicencio-Barranca de Upía, que forma parte de la Carretera Marginal de los Llanos Orientales constituye la vía de acceso al Proyecto Humea. El sitio de presa está localizado 1.0 km aguas arriba del puente de dicha carretera sobre el río Humea.

El proyecto se encuentra a 54 km de Villavicencio y a 9 km del nuevo municipio de Paratebuena. Un kilómetro al sur del puente sobre el río Humea se desprende la carretera a Medina, la cual tiene una longitud de 18 km.

La conducción Guatiquía-Humea va paralela a unos pocos kilómetros de la carretera Villavicencio-Cumaral hasta esta última población y de allí en adelante se tiene acceso por el carretable que conduce a San Pedro de Guajaray.

2.3 HIDROGRAFIA Y OROGRAFIA

El río Humea es afluente del río Meta que, a su vez, desemboca en el río Orinoco. Los principales afluentes del Humea son los ríos Ga zaunta, Gazaduje, Gazamumo y Gazatavena.

La hoya de estos ríos limita por el norte con la cuenca del río Gua- vio, por el occidente con las de los ríos Guatiquía y Guacavía y por el sur con la del río Guacavía.

El río Guacavía desemboca al río Guatiquía unos tres kilómetros an tes de la desembocadura de este último al río Humea y sus principa les afluentes son los ríos Nipore, Pirí, Guajaray y Borrachero. La hoya del río Guacavía limita con la del Guatiquía por el norte, sur y el occidente y con la del Humea, por el Oriente.

El nacimiento de estos se encuentra en las partes más altas de la cor dillera denominada Farallones de Medina, que alcanza más de 3 000 m, y baja en unos 15 km a la cota 500, elevación del pie de monte de los Llanos Orientales. En este tramo la pendiente del río es del 26%. En la zona del embalse el río Humea corta extensas terrazas aluviales hasta el sitio de presa donde después de atravesar la Serra nía de Palomas irrumpe en los Llanos Orientales propiamente dichos.

2.4 HIDROLOGIA GENERAL

La distribución anual de las lluvias se presenta en dos períodos, uno de alta precipitación que abarca los meses de abril a noviembre, y uno relativamente seco que incluye los meses de diciembre a marzo. El mes de abril puede considerarse como de transición. El mes más lluvioso es julio y el más seco febrero.

La intensidad de las lluvias en el área del proyecto varía notablemen te con la altura. En la cuenca del Río Humea, hasta el sitio de pre- sa, la precipitación media anual es de 3 840 mm/año y en algunos si tios alcanza a los 4 500 mm .

La cuenca de mayor pluviosidad es la del río Guacavía cuyo promedio anual es de 4 800 mm, y que incluye zonas con precipitaciones que al canzan a los 7 000 mm anuales.

Hasta el sitio de la presa el área de la cuenca del Río Humea es de 950 km² y el caudal medio del río es de 115 m³/s. La cuenca del Río Guacavía y sus afluentes, hasta los sitios de desviación tiene un área de drenaje de 360 km² y su caudal medio es de 62.5 m³/s.

El rendimiento de estas cuencas es de los más altos del país, presentándose caudales específicos hasta del orden de 174 l/s/km² para la cuenca del río Guacavía y de 121 l/s/km² para la del río Humea.

2.5 VEGETACION Y SUELOS

Debido a lo escarpado de la topografía la parte alta de la cuenca de los ríos se encuentra despoblada y cubierta de bosque en su mayoría. La zona del embalse de Humea, incluye tierras de alto potencial agrícola, pero actualmente se encuentran dedicadas a la ganadería, ó se hallan cubiertas de bosque. En la actualidad se observa un proceso de desmonte paulatino en esta última zona, que para la época de construcción del proyecto, estas tierras estarán dedicadas a la agricultura ó a la ganadería.

2.6 POBLACION

Como se mencionó anteriormente, la parte alta de la cuenca se encuentra prácticamente despoblada. Sin embargo, en el piedemonte se encuentra la población de Medina. Esta población quedará unos 150 m por encima del nivel máximo de las aguas y a una distancia de 1.5 km de la cola del embalse sobre el río Gazamumo.

El embalse inundará el caserío de El Diamante que cuenta con 6 casas nucleadas, 12 dispersas y una población total de 130 individuos.

El embalse del Borrachero inundará 920 ha., dedicadas principalmente a la ganadería y no inundará ninguna población nucleada.

Hasta el sitio de la presa el área de la cuenca del Río Huma es de 360 km² y el caudal medio del río es de 118 m³/s. La cuenca del Río Guacavita y sus afluentes, hasta los sitios de derivación tiene un área de drenaje de 360 km² y su caudal medio es de 62.5 m³/s.

El rendimiento de estas cuencas es de los más altos del país, presen- tándose caudales específicos hasta del orden de 174 l/s/km² para la cuenca del río Guacavita y de 121 l/s/km² para la del río Huma.

2.5. VEGETACION Y SUELOS

Debido a lo escarpado de la topografía la parte alta de la cuenca de los ríos se encuentra desolada y cubierta de bosque en su mayoría. La zona del embalse de Huma, incluye tierras de alto potencial agrícola, pero actualmente se encuentran dedicadas a la ganadería, de las cuales se observan un proceso de desmonte paulatino en esta última zona, que para la época de construcción del proyecto, estas tierras estarán dedicadas a la agricultura y a la ganadería.

2.6. POBLACION

Como se mencionó anteriormente, la parte alta de la cuenca se encuentra prácticamente desolada. Sin embargo, en el piedemonte se encuentra la población de Medina. Esta población quedará unos 180 m por encima del nivel máximo de las aguas y a una distancia de 1.5 km de la cola del embalse sobre el río Gazamuro.

El embalse inundará el caserío de El Diamante que cuenta con 8 casas nucleadas, 12 dispersas y una población total de 130 individuos.

El embalse del Borrachero inundará 250 ha., dedicadas principalmente a la ganadería y no inundará ninguna población nucleada.

CAPITULO III Climatología e hidrología

CAPITULO III

CLIMATOLOGIA E HIDROLOGIA

3.1 CLIMATOLOGIA

A causa de su topografía, el clima de la región es muy variado y depende de los pisos térmicos, asociados con la elevación sobre el nivel del mar.

En las hoyas de los Ríos Humea y Guacavía la gama de climas va desde los páramos, a más de 3 000 m de altura, hasta las tierras cálidas del Piedemonte de los Llanos Orientales, a 500 m de altitud. De la hoya de los ríos hasta el Piedemonte, el 67% está comprendido entre las cotas 3 000 y 500, y el resto entre las cotas 500 y 300.

El patrón general que caracteriza el comportamiento de las lluvias en la hoya del proyecto, se origina principalmente en los Vientos Alisios predominantes en los cuadrantes NE y SE, que chocan con la barrera topográfica de la Cordillera Oriental, actuando en conjunto con el desplazamiento del Frente Intertropical de Convergencia (FIC).

Los fenómenos anteriormente descritos determinan los períodos estacionales lluviosos y secos. El período lluvioso ocurre de mayo a noviembre, y el seco o de verano, de diciembre a abril. Los mayores registros de lluvias, del orden de 7 000 mm/año, se presentan en la cordillera, lo cual refleja el efecto de la barrera topográfica sobre los Vientos Alisios.

En el Proyecto Humea, cuyo embalse está localizado a 405 metros sobre el nivel del mar, la precipitación media anual es de unos 3 840 mm, y varía desde casi 7 000 mm/año en algunas zonas, hasta 3 800 mm/año en la zona de la presa.

3.2 CAUDALES MEDIOS MENSUALES

3.2.1 Generalidades

Sobre el Río Humea sólo existe una estación hidrométrica con un período adecuado de registros denominada El Cable. Esta estación limnigráfica, operada en la actualidad conjuntamente por el HIMAT y Gómez, Cajiao y Asociados, queda localizada cerca al sitio del Proyecto Humea y cuenta con caudales mensuales desde 1969 a la fecha, (14 años), con interrupciones de meses en algunos años.

Sobre el Río Guacavía existe una estación limnimétrica, denominada Puente Carretera; está localizada sobre el Piedemonte de los Llanos Orientales y es operada actualmente por Gómez, Cajiao y Asociados. Presenta caudales medios mensuales desde el año 1972 a la fecha, con interrupciones mayores en caudales mensuales.

3.2.2 Caudales Medios Mensuales

Con el fin de tener un estimativo de los caudales en el sitio del Proyecto Humea y en el sitio de desviación del río Guacavía, se llevó a cabo un estudio de caudales, del cual fue posible obtener una reconstrucción estadística de las series históricas de caudales mensuales en el sitio de interés.

En dicho estudio se utilizó la información de la estación limnigráfica El Cable, Río Humea, localizada cerca al sitio del Proyecto Humea, de la estación Puente Carretera, Río Guacavía, de la estación Guavio, Chusneque.

Para la reconstrucción estadística de las series históricas faltantes a nivel mensual se utilizó el modelo de Matalas, con la modificación de Young y Pizano empleando su forma condicional. La reconstrucción de los caudales en el sitio de presa del Proyecto Humea, y en el sitio de desviación del río Guacavía, se hizo con base en los registros históricos de la estación El Cable sobre el río Humea, de la estación Puente Carretera sobre el río Guacavía, y de la estación Chusneque sobre el río Guavio. Los valores de caudales históricos y reconstruidos para el período 1957-1980 en el sitio de presa de Humea se presentan en el Cuadro 3.1.

3.2.3 Generación de Series Sintéticas

Con el fin de estudiar el comportamiento del sistema conformado por los diferentes proyectos ante distintas situaciones hidrológicas, se utilizaron modelos multivariados de la hidrología estocástica, los cuales permitieron generar series de caudales en el sitio del proyecto, de tal forma que preservaran algunas características estadísticas de las series históricas de caudales. Para generar las trazas de caudales sintéticos, se tomó la información histórica existente y series de caudales reconstruidas estocásticamente en el sitio de proyecto, usando modelos multivariados de tipo autorregresivo de primer orden.

Con el modelo de generación de series sintéticas de caudales se obtuvieron series para el sitio considerado, cada una con una longitud de registros equivalentes al período de vida útil del proyecto, que fueron grabadas en un banco de información hidrológica, al cual tiene acceso el modelo que simula la operación del sistema.

3.3 CRECIENTES

3.3.1 Información Disponible

En cuanto a los datos de precipitación, la hoya del Río Humea cuenta solamente con tres estaciones pluviométricas (Medina, El Japón y San Juanito), y aunque en sus alrededores existe un apreciable número de estaciones, éstas en general, cuentan con pocos años de registro. Se observa, entonces, una descompensación en la ubicación de las estaciones ya que éstas no se encuentran distribuidas de forma tal que proporcionen un cubrimiento completo de la cuenca. En la hoya del Río Guacavía se observa solamente una estación pluviométrica (El Retiro), pudiéndose deducir las mismas conclusiones anteriores.

En cuanto a los datos de caudales, se obtuvieron algunos registros a nivel diario de estaciones existentes sobre los Ríos Humea y Guacavía, las cuales se mencionaron anteriormente.

3.3.2 Análisis de Lluvias

A partir de los datos de precipitación diaria se realizó un análisis de la frecuencia de lluvias máximas anuales en las estaciones con registros más amplios, en ó cerca de la hoya del Río Humea. Para cada intervalo de recurrencia se relacionó la precipitación de una determinada duración (P_D) con la precipitación de un día ($P_{24 \text{ hr}}$). De estas relaciones, y de las obtenidas en las estaciones estudiadas en otras zonas del país, se encontraron las siguientes relaciones :

Duración (minutos)	30	60	90	120	150	180	210
$P_D/P_{24 \text{ hr.}}$	0.38	0.52	0.62	0.70	0.75	0.78	0.81

Como segundo paso, para cada estación pluviográfica existente en una zona cercana a la hoya, se halló una curva promedio que relaciona el porcentaje de precipitación con el tiempo, a partir de tormentas intensas y de duración considerable registradas.

Con base en estas curvas se encontró una curva representativa de las lluvias típicas de la región, de la cual se dedujo una duración de la lluvia igual a 3.5 horas.

En la hoya del Río Humea, se seleccionó una curva media representativa del área con relación al porcentaje de precipitación máxima puntual, a partir de los registros diarios de precipitación y de tormentas fuertes que cubrieron la hoya o parte de ella.

Para el cálculo de las lluvias de diseño, se seleccionaron como representativas, las lluvias puntuales de diferentes períodos de retorno de la estación pluviométrica más confiable (Medina). Multiplicando estos valores de precipitación por el factor de reducción por área, que es de 0.55, y por la relación entre la lluvia de 3.5 horas de duración y las lluvias de 1 día, que es de 0.81, se obtienen las lluvias de diseño para la hoya del Río Humea hasta el sitio de presa, las cuales son :

	Período de Retorno (años)						
Período de retorno.	2.33	5	20	25	50	100	500
Precipitación Total (mm)	64	78	101	105	115	127	152

Para lluvias con períodos de retorno menor ó igual a 50 años, se dedujeron las pérdidas que, para el Proyecto Humea se evaluaron en 12 mm/hora.

3.3.3 Precipitación Máxima Probable (PMP)

Para estimar una tormenta con características de PMP, se utilizaron tres métodos : el de Hershfield, el de la relación precipitación-contenido de humedad, y el de transposición de tormentas. A estos métodos se les ajustó la línea de interpolación, que los representaba más adecuadamente. Para definir la duración de la PMP, se aprovechó la poca información pluviográfica que se tenía en algunas estaciones cercanas a la hoya del Río Humea. Se consideró razonable entonces, utilizar una duración de 6 horas para la tormenta con características de PMP. A esta precipitación se le dedujeron las pérdidas, las cuales se evaluaron en 5 mm/hora.

Una vez calculados los incrementos horarios de precipitación y deducidas las pérdidas, se reordenaron éstos para la secuencia que produjera la condición más desfavorable para la ocurrencia de la crecienta máxima probable, la cual presenta los siguientes valores :

	Tiempo (Horas)					
Tiempo (horas)	1	2	3	4	5	6
Precipitación neta (mm)	35	41	44	80	52	38

3.3.4 Crecientes de Diseño

En la estación limnigráfica El Cable, se contó con un buen número de registros de crecientes, de las cuales se analizaron 8 que tenían información acerca de las lluvias que las produjeron. Para cada crecienta se obtuvieron parámetros que permitieron llevar cada crecienta a hidrogramas adimensionales, a partir de las cuales se obtuvo un hidrograma unitario adimensional, representativo para la referida estación. Posteriormente, para la determinación de hidrogramas unitarios en el sitio de presa, ó en las diferentes subhoyas componentes, se transpuso el hidrograma unitario adimensional de El Cable a estos sitios, por medio de relaciones adecuadas que tienen en cuenta las principales características morfométricas de las áreas de interés.

Para estimar una tormenta con características de PMP, se utilizó el método de Hershfield, el de la relación precipitación-temperatura de humedad, y el de superposición de tormentas. A estos métodos se les ajustó la línea de intersección, que los representaba más adecuadamente. Para definir la duración de la PMP, se usó la información pluviométrica que se tenía en algunas estaciones de Humea y la hora del Pto Humea. Se consideró razonable entonces, fijar una duración de 6 horas para la tormenta con características de PMP. A esta precipitación se le dedujeron las pérdidas, las cuales se evaluaron en 8 mm/hora.

3.3.3.3 Precipitación Máxima Probable (PMP)

Una vez calculados los incrementos horarios de precipitación y dedujeron las pérdidas, se recombinaron éstos para la secuencia que produjo la condición más desfavorable para la ocurrencia de la precipitación máxima probable, la cual presenta los siguientes valores:

Horas	1	2	3	4	5	6
Precipitación (mm)	41	44	50	55	58	58
Pérdidas (mm)	8	8	8	8	8	8
Neto (mm)	33	36	42	47	50	50

3.3.4.1 Creciente de Diseño

En la obtención de la creciente máxima probable para el diseño del rebosadero, se consideró la presencia del embalse, por lo cual fué necesario estimar independientemente las crecientes aportadas por las subhoyas de los afluentes que desembocan directamente sobre el embalse. Para hallar la creciente máxima probable, fué necesario aplicar entonces, la PMP, a los hidrogramas unitarios de cada subhoya. A la suma de las crecientes obtenidas para las subhoyas, se le añadió la creciente generada sobre el embalse, y el caudal base correspondiente al sitio de proyecto.

3.4 Las lluvias obtenidas para diferentes períodos de retorno fueron aplicadas al hidrograma unitario adimensional mencionado para obtener las crecientes de diseño.

3.3.4.1 Creciente de Diseño para Obras de Desviación

Aplicando la lluvia de 25 años al hidrograma unitario para toda la hoya hasta el sitio de presa, y posteriormente agregando el caudal base, se obtuvo el hidrograma de creciente para un período de retorno de 25 años. Esta creciente, presentada en la Figura 3.1, se determinó como adecuada para la definición de las características de las obras de desviación del Proyecto Humea. Produce un caudal pico de 2 600 m³/s y un volumen de 105 Mm³ en 45 horas. Para el dimensionamiento de las obras de desviación se efectuaron varias alternativas de tránsito de la creciente por el embalse creado por la ataguía. Se encontró que con un túnel de desviación de 6 m de diámetro y una ataguía con una altura de 27 m, el caudal pico se reduce a 300 m³/s.

3.3.4.2 Creciente de Diseño para el Rebosadero

En la obtención de la creciente máxima probable para el diseño del rebosadero, se consideró la presencia del embalse, por lo cual fué necesario estimar independientemente las crecientes aportadas por las subhoyas de los afluentes que desembocan directamente sobre el embalse. Para hallar la creciente máxima probable, fué necesario aplicar entonces, la PMP, a los hidrogramas unitarios de cada subhoya. A la suma de las crecientes obtenidas para las subhoyas, se le añadió la creciente generada sobre el embalse, y el caudal base correspondiente al sitio de proyecto.

Esta creciente produce un caudal pico de 9 050 m³/s y un volumen de 320 Mm³ en 30 horas. En la Figura 3.2 se presenta la CMP para el Proyecto Humea. Para el dimensionamiento del rebosadero definido a descarga libre sin compuertas, se efectuaron varias alternativas de tránsito de la creciente por el embalse, añadidas a alternativas de caudales precedentes a la CMP. La alternativa para diseño del rebosadero se consideró como aquella en la cual éste está descargando un caudal pico con un período de retorno de 50 años cuando se presenta la CMP. Se definió, entonces, un rebosadero de 180 m de ancho, para pasar un caudal pico de 4 800 m³/s con su cresta localizada a la cota 405 m.s.n.m. El hidrograma respectivo de salida se presenta en la Figura 3.1.

3.4 SEDIMENTOS

Con el fin de estimar el aporte de sedimentos al embalse, se llevó a cabo un programa intensivo de diferentes tipos de muestreo, siguiendo los lineamientos propuestos por el Consultor doctor Hsieh Wen Shen. Los resultados de estas mediciones han permitido obtener estimativos que, aunque muy preliminares, se consideran adecuados para tomar decisiones en esta etapa de Factibilidad, puesto que se han calculado muy conservativamente.

Para evaluar el estimativo de transporte de sólidos en suspensión, se utilizó la información suministrada por los siguientes tipos de muestreos :

- Concentraciones de muestras integradas, tomadas durante los aforos líquidos.
- Concentraciones de muestras superficiales, tomadas en canastilla durante los aforos.
- Concentraciones diarias de muestras superficiales, tomadas por los observadores de las estaciones hidrométricas.

Las dos últimas concentraciones se compararon con las obtenidas por integración, y se concluyó que para propósitos prácticos eran similares, y que, por lo tanto, podían incluirse en la elaboración de las curvas de transporte de sólidos en suspensión.

Una vez ajustadas las curvas de gasto sólido en suspensión vs. caudal, por métodos convencionales, se concluyó que se utilizara la fórmula :

$$G_{ss} = 0.142 Q^{2.043}$$

en la cual G_{ss} es el gasto sólido en suspensión en ton/día, y Q el caudal medio diario, en m³/s. El arrastre de fondo se evaluó utilizando la relación de Colby.

Con los resultados anteriores se obtuvo que el volumen anual de sedimentos acumulado en el embalse de Humea, sería del orden de 1.90 Mm³. Por lo tanto, para un período de 50 años, el volumen de sedimentos acumulados sería de unos 95 Mm³, que no es significativo si se considera el volumen muerto del embalse.

CUADRO 3-1
 PROYECTO HUMEA
 SERIE HISTORICA DE CAUDALES RECONSTRUIDOS
 ESTOCASTICAMENTE EN EL SITIO DE PRESA
 (m³/s)

Año	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ag.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
1964	33.85	25.33	17.10	85.56	130.93	224.56	100.48	154.81	182.61	108.54	89.61	71.00
1965	18.95	28.36	19.35	51.26	126.57	241.51	331.01	202.97	114.81	168.12	106.61	55.86
1966	45.41	26.73	62.55	49.08	101.72	150.48	122.42	189.91	121.39	143.34	113.60	64.84
1967	25.24	28.73	55.23	63.25	98.83	189.65	90.06	173.54	126.52	100.20	93.94	50.68
1968	23.84	26.51	49.20	335.78	195.81	204.84	319.17	182.37	159.47	154.02	126.78	47.46
1969	24.01	24.44	29.78	108.02	136.38	224.85	280.72	155.42	173.89	140.50	96.35	57.51
1970	37.18	27.63	213.36	137.16	109.98	316.93	115.47	175.47	157.79	136.02	95.10	34.11
1971	25.65	32.05	176.46	208.88	92.84	266.55	127.33	173.85	140.49	112.37	103.33	41.82
1972	26.79	28.44	49.81	101.10	182.54	205.92	166.61	179.98	162.33	109.05	78.58	56.80
1973	38.54	32.30	14.14	63.11	139.75	208.36	128.81	183.97	164.04	136.41	107.48	44.71
1974	36.09	30.63	118.50	92.72	87.44	160.66	150.61	166.50	94.50	110.70	104.89	54.10
1975	29.06	23.47	38.12	108.53	137.84	148.61	167.90	190.17	114.56	127.36	100.92	64.29
1976	27.67	26.53	30.85	48.02	177.12	127.38	99.44	199.53	131.61	138.42	87.93	48.61
1977	35.68	28.61	43.00	67.05	131.18	165.82	182.35	163.66	208.72	161.66	131.84	47.07
1978	26.08	33.25	27.56	57.74	149.44	236.73	142.40	140.59	97.30	153.82	82.60	54.73
Prom	30.16	28.21	59.56	105.72	139.30	207.91	168.23	177.50	142.46	131.68	101.34	52.88

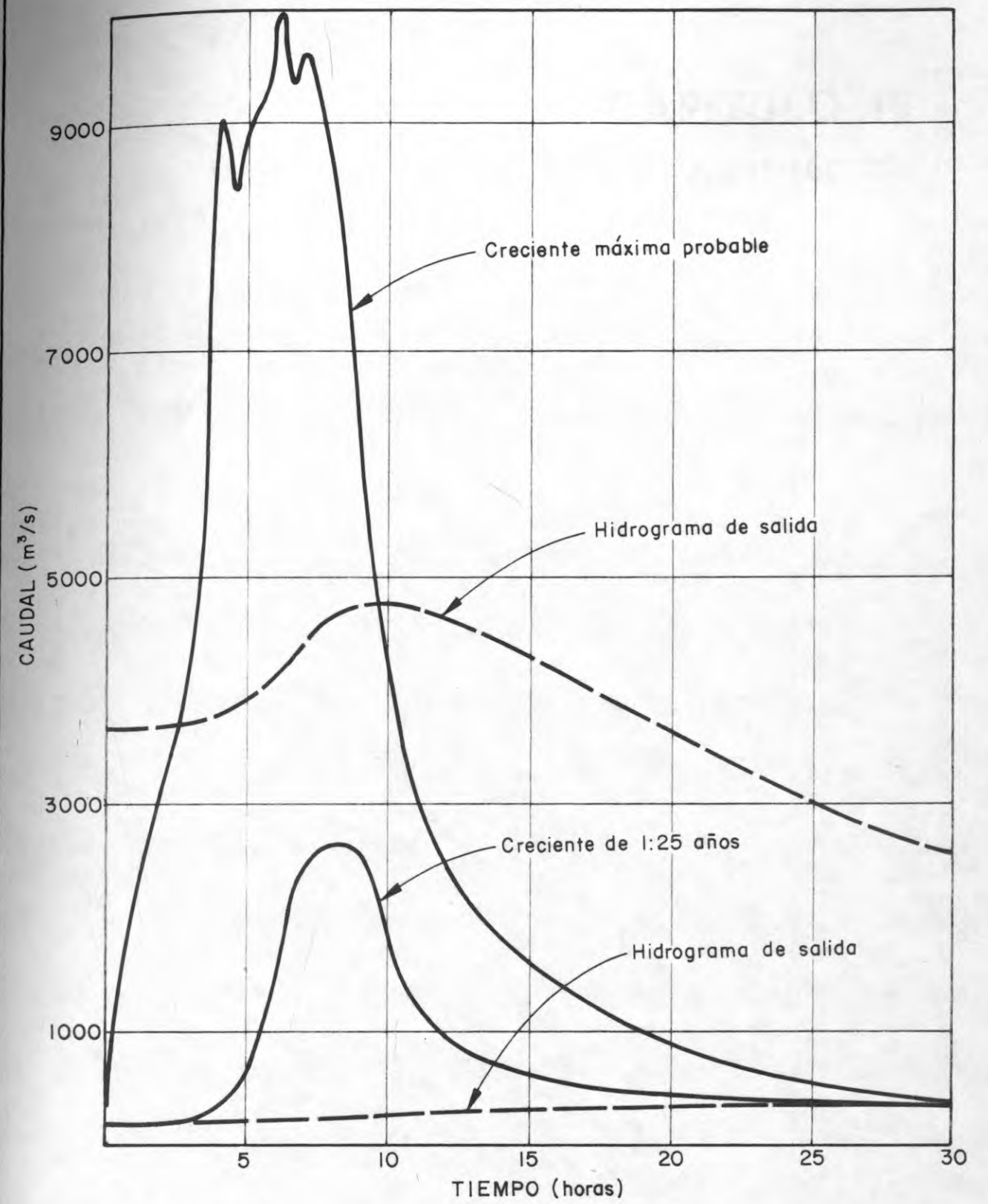
1964	10.73	12.49	25.42	23.55	106.28	155.20	83.18	112.63	87.62	106.99	43.51	47.81
1965	20.53	11.95	9.16	36.38	129.38	87.19	139.82	81.86	134.21	85.07	54.35	32.16
1966	8.39	13.13	57.98	69.39	52.76	83.41	52.15	71.83	87.55	90.61	48.89	52.08
1967	9.58	11.52	18.42	39.41	48.99	145.01	174.22	111.84	79.66	80.99	52.91	23.13
1968	10.73	12.49	25.42	23.55	106.28	155.20	83.18	112.63	87.62	106.99	43.51	47.81
1969	3.55	12.71	5.60	40.36	96.25	82.30	62.68	80.05	63.20	109.69	43.55	22.06
1970	15.49	12.17	27.52	182.64	100.60	163.48	121.98	59.36	75.93	103.95	52.99	24.46
1971	5.05	16.79	40.38	66.33	81.29	111.23	176.96	61.64	103.74	95.01	55.27	20.29
1972	18.32	17.46	19.30	79.22	114.57	107.20	103.52	58.26	111.40	85.42	43.37	30.16
1973	17.24	16.94	11.89	23.72	119.52	105.11	62.22	128.46	120.53	98.05	48.20	27.74
1974	7.11	16.22	25.89	44.12	91.53	105.43	101.57	71.78	94.37	92.32	41.02	20.49
1975	6.02	10.27	32.66	53.80	136.56	122.98	38.22	66.77	92.19	68.33	48.85	48.59
1976	20.10	13.53	24.20	91.14	89.11	110.54	54.63	32.28	69.11	108.80	42.77	7.58
1977	9.20	11.50	22.69	29.43	68.50	79.05	131.39	97.75	86.60	82.38	53.64	28.50
1978	5.92	13.76	28.90	33.30	38.74	157.99	114.69	24.44	75.64	83.42	41.62	13.25
Prom	10.79	13.25	28.17	56.44	90.97	111.08	97.83	80.40	91.99	92.38	47.73	27.85

CUADRO 3-2
 PROYECTO GUACAVIA
 SERIE HISTORICA DE CAUDALES RECONSTRUIDOS
 ESTOCASTICAMENTE EN EL SITIO DE PRESA
 (m3/s)

Año	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ag.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
1964	7.69	8.50	13.11	91.76	95.28	104.46	68.29	47.87	82.99	103.32	45.91	36.15
1965	20.53	11.95	9.16	36.38	129.38	87.19	139.82	81.86	134.21	85.07	54.35	32.16
1966	8.39	13.13	57.98	69.39	52.76	83.41	52.15	71.83	87.55	90.61	48.89	52.08
1967	9.58	11.52	18.42	39.41	48.99	145.01	174.22	111.84	79.66	80.99	52.91	23.13
1968	10.73	12.49	25.42	23.55	106.28	155.20	83.18	112.63	87.62	106.99	43.51	47.81
1969	3.55	12.71	5.60	40.36	96.25	82.30	62.68	80.05	63.20	109.69	43.55	22.06
1970	15.49	12.17	27.52	182.64	100.60	163.48	121.98	59.36	75.93	103.95	52.99	24.46
1971	5.05	16.79	40.38	66.33	81.29	111.23	176.96	61.64	103.74	95.01	55.27	20.29
1972	18.32	17.46	19.30	79.22	114.57	107.20	103.52	58.26	111.40	85.42	43.37	30.16
1973	17.24	16.94	11.89	23.72	119.52	105.11	62.22	128.46	120.53	98.05	48.20	27.74
1974	7.11	16.22	25.89	44.12	91.53	105.43	101.57	71.78	94.37	92.32	41.02	20.49
1975	6.02	10.27	32.66	53.80	136.56	122.98	38.22	66.77	92.19	68.33	48.85	48.59
1976	20.10	13.53	24.20	91.14	89.11	110.54	54.63	32.28	69.11	108.80	42.77	7.58
1977	9.20	11.50	22.69	29.43	68.50	79.05	131.39	97.75	86.60	82.38	53.64	28.50
1978	5.92	13.76	28.90	33.30	38.74	157.99	114.69	24.44	75.64	83.42	41.62	13.25
Prom	10.79	13.25	28.17	56.44	90.97	111.08	97.83	80.40	91.99	92.38	47.73	27.85

BIBLIOTECA
 MINISTERIO DE ENERGIA Y MINERIA
 DE GUAYAMA, P.R.

TIEMPO (horas)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
CAUDAL (m³/s)	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400	2500	2600	2700	2800	2900	3000



Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá
 CONTRATO 3280
 PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO-GUAYURIBA
 GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS - INTEGRAL

CRECIENTES DE DISEÑO
 PARA LA PRESA DE HUEMA
 FECHA: JULIO /82
 FIGURA: 3.1

CAPITULO IV

Geología y materiales de construcción

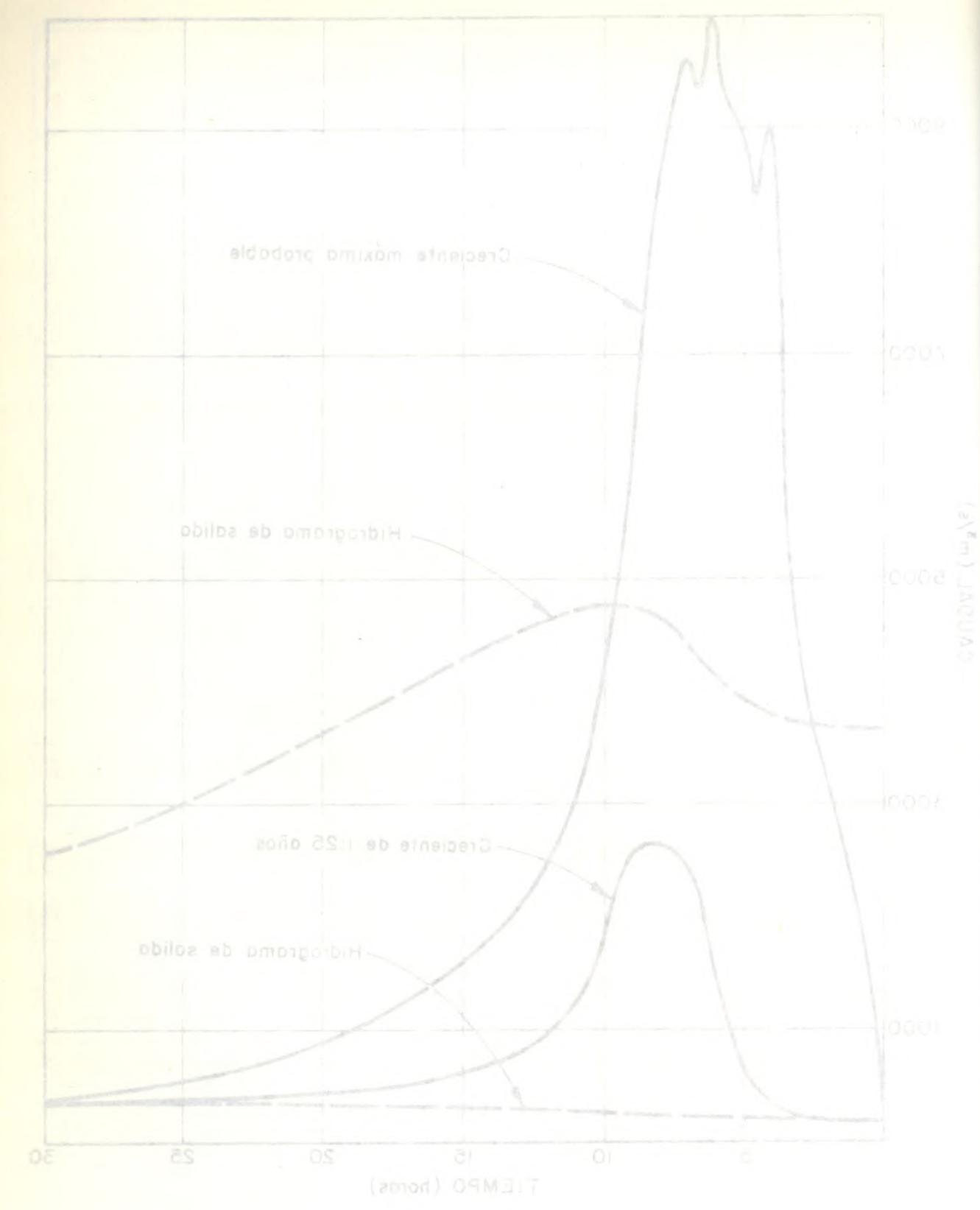
El presente capítulo trata de la geología y los materiales de construcción, temas fundamentales para el diseño de presas de humeda. Se abordan los aspectos geológicos que influyen en la estabilidad y seguridad de estas estructuras, así como las propiedades y características de los materiales utilizados en su construcción.

En primer lugar, se discute la importancia de la geología en el diseño de presas, destacando cómo el conocimiento del tipo de rocas y del comportamiento de las fallas y fracturas puede determinar la ubicación y el tipo de presa que se debe construir. Se mencionan ejemplos de fallas que han causado el colapso de presas, lo que resalta la necesidad de una cuidadosa investigación geológica antes de cualquier proyecto.

Posteriormente, se detallan las propiedades de los materiales de construcción, como el concreto y el acero, que son esenciales para la resistencia y durabilidad de las presas. Se describen los requisitos de calidad para estos materiales y se discuten las técnicas de control de calidad que deben aplicarse durante su fabricación y colocación.

Además, se exploran los métodos de construcción de presas, incluyendo el uso de técnicas modernas como el lanzamiento de concreto y el uso de maquinaria pesada. Se enfatiza la importancia de seguir estrictamente los procedimientos de construcción para garantizar la integridad de la estructura.

Finalmente, se discuten los factores que afectan la estabilidad de las presas a lo largo de su vida útil, como los cambios en las condiciones geológicas, la erosión y el asentamiento. Se describen los métodos de monitoreo y mantenimiento que deben implementarse para detectar y abordar cualquier problema potencial a tiempo.



CAPITULO IV

GEOLOGIA Y MATERIALES DE CONSTRUCCION

4.1 INTRODUCCION

4.1.1 Geología

Los estudios e investigaciones geológicas para este proyecto se iniciaron con la etapa de Prefactibilidad en febrero de 1980 y continuaron sin interrupción hasta julio de 1982. El enfoque y sistematización de los trabajos adelantados fue inicialmente un reconocimiento de campo con la información bibliográfica existente; posteriormente se adelantó la cartografía geológica del área de influencia del proyecto con el fin de obtener las mejores inferencias estructurales y estratigráficas. Con los datos anteriores se procedió a detallar los sitios de las obras del proyecto. La información anterior fue complementada y comprobada, por medio de perforaciones y apiques.

En el presente capítulo se resumen los resultados de los principales aspectos geotécnicos del proyecto, los cuales se presentan en detalle en el Apéndice C. En dicho apéndice se incluyen, además, los registros de las perforaciones.

4.1.2 Sismología

Por medio de un subcontrato suscrito con Woodward-Clyde Consultants se llevó a cabo un estudio preliminar de evaluación de riesgo sísmico denominado " Preliminary Evaluation of Seismic Hazards and of Erosion and Sedimentation Sources (Geomorphology) Río Negro-Guayuriba Project". Sin embargo, los aspectos geomorfológicos del estudio se limitaron a la hoya del río Negro-Guayuriba. Sus conclusiones se presentan en el Apéndice C, Geología. En el Artículo 4.8 de este capítulo se presenta un resumen de los aspectos relacionados con riesgo sísmico.

4.1.3 Materiales de Construcción

Los estudios de materiales para construcción del proyecto, incluyeron reconocimientos geológicos, toma de muestras de roca, excavación de apiques, pruebas de laboratorio y cuantificación del volumen disponible en las diversas zonas. En el Artículo 4.9 de este Capítulo se presenta un resumen del resultado de las investigaciones, las cuales se presentan en detalle en el Apéndice D.

4.2 CONDICIONES GEOTECNICAS EN EL SITIO DE PRESA

El valle del río Humea en el sitio de presa tiene forma de V con pendiente en el estribo derecho de 70° - 80° y en el estribo izquierdo de 30° a 45° ; los dos flancos del río en este sector están constituidos por estratos del Grupo Humea (Th) (Véanse Planos H-17 y H-18).

La exploración de la roca en los estribos se ha hecho mediante levantamientos geológicos detallados a lo largo del río Humea, caños afluentes, caminos y trochas, complementando la investigación con las perforaciones PH-1 y PH-2 para el estribo izquierdo y PH-3 y PH-4 para el estribo derecho, con el objeto de conocer las condiciones y calidad de la roca a profundidad.

Por características geomorfológicas y litológicas, las rocas aflorantes en el sitio de presa se han agrupado en los niveles Th3-4_A, Th3-4_B, Th3-4_C, Th3-4_D y Th3-4_E (Véanse Planos H-17 y H-18), los cuales dan lugar a una topografía ligeramente escalonada y constituída por niveles blandos y duros.

El nivel Th3-4_A está constituído por una alternancia de arcillolitas plásticas y areniscas cuarzosas de grano muy fino, duras a ligeramente friables (Véase Perforación PH-2).

Los niveles Th3-4_B están constituídos por cuarzo-arenitas (Véase Análisis Petrográfico, muestra H1), de grano medio a conglomerático, friables a ligeramente friables, selección mediana y con porosidad estimada baja (Véanse Perforaciones PH-1 y PH-3).

Los niveles Th3-4_C están constituídos por arcillolita gris, moteada de verde y rojo, blanda y plástica (Véanse Perforaciones PH-3 y PH-5).

Estos niveles presentan un rumbo de $N 20^{\circ} E$ a $N 65^{\circ} E$ y buzamieno

to de 20° a 40° NW. En general, la roca es de buena calidad, presentando buena recuperación, buen RQD y bajo grado de fracturación.

Sobre los niveles anteriores descansa en forma discordante un depósito Cuaternario clasificado como Derrubio de Pendiente (Qdp) y constituido por grandes bloques de arenisca dentro de matriz arenosa-arcillosa, el cual enmascara los contactos de los diferentes niveles y tendrá que ser removido en el momento de la construcción. El espesor se estimó que puede variar entre 1.5 y 4 m en el sector correspondiente a la presa.

En la margen derecha del río Humea, aproximadamente 320 m aguas arriba del eje de presa se observaron aguas termales con un flujo de 1/2 lt/s. Se sugiere para las etapas siguientes, detallar más este sector y tratar de localizar posibles cavernas que puedan incidir en las obras.

4.3 CONDICIONES GEOTECNICAS EN LOS TUNELES DE CARGA

Los túneles de carga se han diseñado por el estribo derecho aprovechando la curva que hace el río aguas abajo de la afluencia del caño Choapal (Véase Plano H-17).

La excavación se efectuará en sentido aproximadamente normal al rumbo de la estratificación, con inclinación hacia el portal de entrada. En general se espera que las rocas presenten un autosoporte de bueno a óptimo teniendo en cuenta las características que presentan los testigos de la perforación PH-3. Dicho autosoporte debe ser reforzado con concreto neumático y pernos radiales. Es posible que se tengan que utilizar arcos metálicos y entibados tanto en el portal de entrada como en el tramo final, donde se espera encontrar roca muy fracturada acompañada de filtraciones, por su proximidad a la Falla Palomas.

Cuando la excavación esté próxima a pasar el contacto entre los niveles duros y blandos, se sugiere drenar para evitar la presencia de filtraciones abundantes que puedan originar sobre-excavaciones. Igualmente, en dichos contactos se sugiere utilizar pernos spiling antes de las voladuras, para evitar posibles sobre-excavaciones. Las rocas arcillosas deberán revestirse con concreto después de cada voladura, para evitar la exposición de la roca fresca al aire, ya que se puede meteorizar muy rápido e inestabilizar el techo y

paredes del túnel.

4.4 CONDICIONES GEOTECNICAS EN EL REBOSADERO

El rebosadero se ha contemplado construirlo entre el caño Choopal y el caño Arenal, aprovechando la curva que presenta el río, aguas abajo de la afluencia del Caño Choopal (Véase Plano H-17).

La excavación del canal se efectuará dentro de la Formación Choopal y el Grupo Humea en sentido aproximadamente normal al rumbo de la estratificación (Véase Plano H-18).

Las rocas de la Formación Choopal en este sector están constituidas por arcillolitas, lodolitas y limolitas. Además, se encuentran los niveles Th3-4_C, Th3-4_D y Th3-4_E (ya descritos para el sitio de presa) del Grupo Humea. Los estratos a excavar presentan buenas condiciones ya que, tanto la información de superficie como los testigos de la perforación PH-6, presentan una roca sana. Sin embargo, se espera encontrar roca fracturada en el sector de Caño Arenal por su proximidad a la Falla Palomas. Dicho material deberá ser inyectado con concreto para poder estabilizar los taludes del canal.

Una vez sean excavadas las arcillolitas y limolitas de la Formación Choopal, éstas deberán protegerse con concreto neumático para evitar una meteorización rápida, la cual podría originar deslizamientos.

4.5 CONDICIONES GEOTECNICAS EN LA CASA DE MAQUINAS

La casa de máquinas se ha contemplado construirla en la margen derecha aguas abajo del sitio de presa. La cimentación de la estructura se hará sobre areniscas de grano fino, duras a ligeramente friables, con intercalaciones de arcillolitas y lodolitas. Los estratos presentan rumbo N 70° E a N 85° E, con buzamiento variable de 90° a 60° SE y 60° NW (los cambios bruscos son originados por la Falla de Palomas). La secuencia aflora muy bien en el cauce del río, hacia la margen derecha; fuera del lecho del río y por la misma margen, se encuentra cubierta por material coluvial con espesor aproximado de cuatro metros.

4.6 CONDICIONES GEOTECNICAS EN EL EMBALSE

El embalse de Humea inundará un área aproximada de 9300 hectáreas correspondientes a los valles de los ríos Gazaunta, Gazatavena, Gazamumo y Humea.

En el valle del río Humea, inundará niveles de terrazas depositadas por este río y constituídas por gravas y guijarros dentro de matriz arenosa sin consolidar; además, niveles de areniscas friables, porosas y permeables y arcillolitas y lodolitas impermeables de las Formaciones El Tiro y Caño Sucio (Tm1 y Tm2). Material de la misma composición litológica y del mismo comportamiento geotécnico será inundado a lo largo de los valles de los ríos Gazaunta y Gazamumo (Véase Plano H-16).

La poca resistencia a la erosión de los sedimentos sin consolidar en las márgenes de las cuencas y a lo largo de los flancos de las corrientes que conducen a ellas, así como la fluctuación del nivel base del embalse entre épocas de sequía y épocas de abundante precipitación, contribuirán al aporte de sedimentos. En general, la permeabilidad de los niveles de terrazas se considera alta, especialmente hacia las colas del embalse, la cual es posible que aumente debido a las fluctuaciones de nivel base.

Los estratos permeables (areniscas) de las Formaciones El Tiro, Caño Sucio y Puerto Rico constituyen un bajo porcentaje en relación con los estratos impermeables (arcillolitas y lodolitas) de dichas formaciones. Esto hace que se presenten sectores verdaderamente impermeables dentro del gran embalse.

La alta permeabilidad de las terrazas, la falta de vegetación y de capa vegetal en las laderas y las fluctuaciones de nivel base, deben considerarse en etapas posteriores para tratar de estabilizar, corregir y disminuir el aporte de sedimentos.

4.7 CONDICIONES GEOTECNICAS EN LA CONDUCCION GUATIQUEA-HUMEA

4.7.1 Condiciones Geotécnicas del Túnel Guatiquía-La Camelia

El alineamiento del túnel de conducción Guatiquía-La Camelia (Véase Plano H-19) cruza rocas Paleozoicas (?), Mesozoicas y Cenozoicas, pertenecientes al Grupo Quetame (Esq1 ?), Formaciones Brecha de Buenavista (Jb), Quebrada Honda (JKiqh) y Choapal (Tch) respectivamente.

Del K 0 + 0.0 al K 1 + 0.50 la excavación se efectuará dentro de la Formación Quebrada Honda (JKiqh), la cual en este sector conforma una estructura sinclinal. La litología a excavar se encuentra constituida por lutita gris oscura a negra con esporádicas intercalaciones de arenisca, arenisca conglomerática, brecha y caliza arenosa de color negro. En general la roca presenta un buen grado de litificación; sin embargo, se pueden presentar sectores de zonas de esfuerzos con roca intensamente fracturada.

Del K 1 + 0.50 al K 1 + 175, la excavación posiblemente se efectúe dentro de la Formación Brecha de Buenavista (Jb), la cual en este sector estaría constituida por brecha con esporádicas intercalaciones de lutita.

Del K 1 + 175 al K 1 + 225 la excavación se ejecutará dentro de la zona de influencia de la Falla Quebrada Negra, donde se encuentran fragmentos de lutita, arenisca y arcilla plástica. Se espera una filtración abundante para este sector, teniendo en cuenta la poca cobertura en el mismo.

Del K 1 + 225 al K 2 + 270 la excavación se efectuará dentro de la Formación Brecha de Buenavista (Jb). La litología a excavar en este sector se encuentra constituida por estratos de brecha y conglomerado, duros, compactos, bien cementados, con espesores de 0.20 a 2.0 m, y con esporádicas intercalaciones de lutita negra, arcillosa, carbonosa.

Del K 2 + 270 al K 3 + 0.50 es posible que la excavación se efectúe en rocas Paleozoicas del Grupo Quetame (Esq1); de acuerdo con la relación observada entre éstas y la Formación Brecha de Buenavista, por la carretera a Villavicencio y en el caño Grande) o de la Formación Capas Rojas del Guatiquía (Cg). Cualquiera de las dos unidades presentan buenas características para excavaciones.

Del K 3 + 0.50 al K 3 + 600 la excavación se efectuará dentro de la Formación Brecha de Buenavista, la cual en este sector debe presentar una composición litológica similar a la descrita para el intervalo K 1 + 225 al K 2 + 270.

Del K 3 + 600 al K 3 + 750 la geología superficial sugiere que la excavación se efectuará dentro de la zona de Falla Colorada donde se espera además de la mala calidad de la roca, filtraciones abundantes.

Del K 3 + 750 al K 5 + 300 la excavación se efectuará dentro de la Formación Quebrada Honda. La litología a excavar en este sector está constituida por lutita negra, arcillosa, blanda, micácea, con abundantes restos de vegetales, y bancos de arenisca cuarzosa, de grano fino a

medio, dura, compacta. No se descarta la posibilidad de encontrar bolsas de gas metano, así como zonas de replegamientos o zonas de esfuerzos.

Del K 5 + 300 al K 5 + 350 la excavación se efectuará dentro de una zona de falla, donde la mayor parte del material a excavar puede estar conformado por arcillas.

Del K 5 + 350 al K 5 + 550 la excavación se efectuará dentro de la Formación Quebrada Honda, constituida en este sector por rocas de composición similar a la descrita para el intervalo K 3 + 750 al K 5 + 300.

Del K 5 + 550 al K 5 + 700 la excavación se efectuará dentro de la zona de Falla La Camelia, la cual, en este sector debe estar constituida en gran parte por arcilla plástica.

Del K 5 + 700 al K 6 + 300 la excavación se efectuará dentro de la Formación Choapal (Tch), la cual en este sector está constituida por lutitas arcillosas, de color gris, y con esporádicas intercalaciones de arenisca friable.

Es posible que investigaciones posteriores (especialmente con base en perforaciones), conduzcan a variar el alineamiento del túnel en su tramo final. No se descarta la posibilidad de que con base en investigaciones del subsuelo, la presente interpretación sea susceptible a algunas modificaciones.

4.7.2 Canal La Camelia-Río Borrachero

Entre el portal de salida del túnel de Guatiquía-La Camelia y el río Borrachero, la conducción se hará por un canal abierto en una longitud de 23.0 km de largo, sector donde comienza el embalse de Borrachero; entre este embalse y el portal de entrada del túnel de caño Sucio, la conducción se hará mediante un canal de 1.0 km (Véase Plano H-19).

El trazo del canal se ha hecho a lo largo de un relieve topográfico suave, constituido por terrazas bajas con espesores entre 2 y 8 m aproximadamente.

4.7.2 En la etapa de diseño se deberá llevar a cabo un estudio de un muestreo detallado a lo largo del alineamiento para conocer tanto las propiedades geomecánicas de los sedimentos Cuaternarios sobre los cuales se va a construir la obra, como su espesor.

4.7.3 Condiciones Geotécnicas del Sitio de Presa de Borrachero

El sitio de presa se encuentra ubicado sobre el río Borrachero, a unos 800 m aguas arriba de la confluencia de éste con el río Guajaraicito.

El sector correspondiente a la presa está constituido por rocas pertenecientes a las Formaciones El Tiro y Caño Sucio, y depósitos aluviales no consolidados.

La Formación El Tiro en este sector está constituida por sublitoarenitas y cuarzo-arenitas, de colores blanco a pardo rojizo, de grano fino a conglomeráticas, friables, de mala selección, con esporádicas intercalaciones de lodolitas y arcillolitas de color gris, con manchas violáceas, blandas, con rumbo N 50° E a N 60° E y buzamiento de 50° a 70° hacia el NW.

La Formación Caño Sucio (estribo derecho de la presa), está constituida por lodolitas deleznable y arcillolitas plásticas con esporádicas intercalaciones de cuarzo-arenitas de color amarillo y grano fino.

Los depósitos aluviales no consolidados corresponden a abanicos aluviales, terrazas y aluviones recientes, constituidos por guijarros y gravas dentro de material areno-arcilloso (este constituye un 20% a un 30% aproximadamente).

Los estratos arenosos de las Formaciones El Tiro y Caño Sucio presentan bajo grado de litificación y una porosidad aparente alta. Se sugiere en etapas posteriores determinar parámetros de porosidad efectiva, permeabilidad y plasticidad para las rocas antes descritas.

Se sugiere además, investigar al detalle la posible influencia de la falla cuyo alineamiento pasa por el sector NE del sitio de presa, la cual hacia el SE afecta a las Formaciones Choapal, El Tiro y Caño Sucio.

4.7.4 Túnel de Caño Sucio

El trazo corresponde a la conducción en el sector de nacimiento y divisoria entre el caño Sucio Norte y el caño Sucio Sur entre la Loma El Tiro y el corregimiento de Santa Teresa. Tiene 1.5 km de longitud. Esta área está compuesta por rocas de la Formación Caño Sucio (Tm2) (Plano H-19), litológicamente constituidas por lodolitas color marrón con frecuentes intercalaciones de sublito-arenitas (Véase Análisis Petrográficos, muestra H5), mal seleccionadas y pobremente cementadas. El rumbo de la estratificación varía entre N 30° E y N 60° E, con buzamiento de 35° a 60° al NW. El alineamiento del túnel coincide con el rumbo de la estratificación, razón por la cual la secuencia a excavar es muy homogénea y predominantemente arcillosa. Dado el bajo grado de litificación, se sugiere un soporte a base de arcos metálicos, concreto neumático y entibado. Woodward-Clyde Consultants (1982), en su estudio geomorfológico y de riesgo sísmico, traza la falla de Cumaral como una falla activa que afecta a los niveles de terrazas entre los ríos Piri y Guajaray y la prolonga hacia el NE, coincidiendo con el alineamiento del túnel de caño Sucio. En el estudio de superficie a lo largo del alineamiento no se encontraron fenómenos de cataclasis que corroboren la existencia de esta falla y parece que el alineamiento topográfico corresponde a drenajes a lo largo de estratos arcillosos, blandos, fácilmente erosionables. Para corroborar la presente interpretación de superficie se sugieren perforaciones a lo largo del alineamiento.

4.8 RIESGO SISMICO

Dentro de la realización de la presente investigación, Woodward-Clyde Consultants, ejecutaron un estudio preliminar para identificar los principales factores que inciden en la evaluación del riesgo sísmico sobre las obras del proyecto, con las siguientes conclusiones:

- Existen muchas fallas a lo largo del flanco oriental de la Cordillera Oriental, la mayor parte de las cuales son fallas antiguas. Algunas de estas, sin embargo, han sido reactivadas durante el Cuaternario y se consideran activas.
- El sistema principal de fallas Cuaternarias tiene rumbo noroeste, a lo largo de la base de la Cordillera.

- La principal falla Cuaternaria de este sistema en el área del proyecto es la Falla Servitá, que tiene numerosas fallas asociadas, varias de las cuales desplazan depósitos aluviales, coluviales y terrazas recientes.
 - Existen además otras fallas en el área del proyecto que probablemente tienen desplazamientos menores, estas son la Falla Cuamaral y la Falla Guaicaramo.
 - No se observaron fallas en el sitio de presa de Humea.
 - Los terremotos conocidos que han ocurrido en la Cordillera Oriental tienen epicentros profundos, intermedios y superficiales y se suceden con frecuencia moderada.
- El mayor terremoto registrado en la región tuvo una magnitud de 7.3 y ocurrió a 100 km de profundidad, cerca a Bogotá.
- Este y otros terremotos causaron daños serios en Bogotá y otras ciudades de la parte oriental de la cordillera (e.g. el terremoto de Medina del 22 de diciembre de 1923), lo que sugiere que estos eventos no son poco comunes.
- Grupos de terremotos que hayan afectado a Bogotá parecen tener una recurrencia de aproximadamente 40-50 años.

4.9 MATERIALES PARA CONSTRUCCION

Los materiales para la construcción de las obras consistirán básicamente en el enrocamiento, filtros y núcleo para las presas de Humea y Borrachero y agregados para los concretos de las distintas estructuras.

4.9.1 Presa de Humea

Materiales para Enrocamiento. El material para el enrocado estará conformado por gravas que provienen de rocas intrusivas ácidas, rocas metamórficas y sedimentarias que se encuentran entre uno y cinco kilómetros aguas abajo del sitio de presa y que se ha llamado Zona No. 21. Se tomaron muestras integrales y el material tiene las siguientes capacidades índice :

-	Peso específico Bulk SSS	2.70
-	Peso específico Aparente	2.72
-	% de absorción	0.8
-	% de desgaste	21

En el ensayo de Desleimiento-Durabilidad estas gravas dieron un índice de durabilidad ID = 99.9%

Materiales para Filtros y para Concretos. Los materiales para filtros y para concretos se deberán obtener por trituración de los cantos y gravas de la Zona No. 21.

Materiales para el Núcleo Impermeable. El material para el núcleo impermeable de la presa será el depósito coluvial que se encuentra en ambas márgenes del río Humea, al lado izquierdo de la carretera a Paratebuena, desde el puente sobre el Caño Arenal hasta 3 km adelante del puente sobre el río Humea que se ha llamado Zona No. 18 y 18A, y sus características principales son las siguientes :

-	Pasa Tamiz No. 200	50 %
-	Humedad Natural, entre	3 % - 39 %
-	Límite Líquido, entre	32 % - 65 %
-	Límite Plástico, entre	19 % - 36 %
-	Índice de Plasticidad medio	23 %

La zona estudiada tiene un volumen comprobado de 16 Mm³ que es aproximadamente cuatro veces el volumen requerido para la construcción del núcleo.

4.9.2 Presa de Borrachero

Materiales para Enrocamiento. El material para enrocado estará conformado por las terrazas aluviales localizadas sobre las márgenes del río Borrachero, cerca a la confluencia de los ríos Guajaray y Borrachero y que se ha llamado Zona No. 23. Las principales características índice del material son las siguientes :

-	Peso Específico Bulk SSS	2.65
-	Peso Específico Aparente	2.70
-	% de Absorción	1.8
-	% de desgaste	24.9

En el ensayo de Desleimiento-Durabilidad estas gravas dieron un índice de durabilidad ID entre 94.9 y 99.7%.

Materiales para Filtros y para Concretos. Los materiales para filtros y para concretos deberán obtenerse por trituración de las gravas de la Zona No. 23.

Materiales para el Núcleo Impermeable. El material para el núcleo impermeable de la presa será el depósito coluvial localizado en la margen derecha del río Borrachero y que se ha llamado Zona No.25. Las principales características del material son las siguientes :

- Pasa Tamiz No. 200 27 %
- Humedad Natural, entre 16 % - 18 %
- Límite Líquido, entre 39 % - 49 %
- Límite Plástico, entre 23 % - 29%
- Índice de Plasticidad Medio 18 %

un ... estas gravas dieron

para materiales para ...
gras ...

El material para el núcleo ...
localizado en la ...
y que se ha llamado Zona No. 25.

18 %	...
23 % - 20%	...
39 % - 49 %	...
16 % - 18 %	...
27 %	...

CAPITULO V

Potencia y energía

CAPITULO V

POTENCIA Y ENERGIA

5.1 INTRODUCCION

En este capítulo se presentan las consideraciones que se tuvieron en cuenta para determinar el volumen útil del embalse, la capacidad instalada de la central y las capacidades de las desviaciones hacia el embalse de Humea de caudales de la hoya del río Guacavía y del caudal descargado por la central de Guayabetal. Para la selección de estos parámetros, se analizó la producción energética, los requerimientos de potencia y las funciones de costos para las diversas obras, con el fin de obtener una configuración apropiada del sistema en el sentido de los beneficios netos esperados.

La entrada en operación de este proyecto se consideró dentro de la etapa final de la secuencia de desarrollo del sistema, configuración final que se muestra en la figura 1 y cuyo comportamiento al operar la central de Humea se estudió utilizando la metodología descrita en el capítulo de energía del Volumen I.

5.2 VOLUMEN DEL EMBALSE

Teniendo en cuenta la elevada capacidad de almacenamiento disponible, su disposición dentro del sistema y la baja caída aprovechable en la central, el embalse de Humea se puede emplear como una reserva energética del sistema para los períodos de verano, lo cual permite la utilización intensiva del recurso hídrico en las centrales de Guayabetal y Quetame durante los períodos húmedos, mientras que el proyecto de Humea sólo utilizaría los vertimientos potenciales durante estos períodos y almacenaría agua para la generación durante el verano.

Durante el proceso de simulación del sistema, se consideró la capacidad instalada de los proyectos Quetame y Guayabetal como

Con una variable dependiente de los volúmenes útiles de los embalses, de tal manera que no se limitara la producción de energía firme. Esta consideración debió modificarse en el proyecto Humea, ya que la capacidad instalada mínima no restrictiva para generación de energía primaria que podría producirse en los volúmenes útiles de embalse disponibles en este sitio es tal, que esta central y el sistema operarían con un factor de planta promedio muy reducido, razón por la cual se consideró dicha capacidad como una restricción para determinar el volumen útil del embalse de Humea. Además, para aprovechar al máximo las condiciones topográficas de la zona y los caudales que es posible desviar a este embalse, así mismo como obtener el mayor salto posible para la central y mejorar sus condiciones de operación, se definió un volumen muerto mayor que el mínimo requerido, teniendo en cuenta que el incremento en el costo de la presa de Humea es relativamente bajo y se obtendrían beneficios adicionales desde el punto de vista de la generación.

Como resultado de estas consideraciones, se encontró que el embalse de Humea requiere un volumen útil máximo de 2 400 Mm³ y se fijó un nivel máximo de operación en la cota 405 y un nivel mínimo de operación en la cota 370, con el cual se obtiene un volumen muerto que, aunque no será usado completamente para el almacenamiento de sedimentos durante la vida útil del proyecto, garantizará saltos mayores, con menores variaciones al efectuar los desembalses, redundando lo anterior en una mayor producción energética y en unas condiciones de operación más adecuadas para la central de Humea.

5.3 CAPACIDAD INSTALADA DE LA CENTRAL

Teniendo en cuenta los criterios presentados en el capítulo de energía del Volumen I, se encontró que los costos de la central de Humea permiten instalar potencia para turbinar el afluente hidrológico de hoyo propia y el agua importada de las cuencas de los ríos Guacavía y Negro, con factores de planta moderados que permiten generar vertimientos potenciales durante los periodos de inviernos y liberar la energía almacenada en el embalse útil durante los periodos de verano para atender las metas de generación en el sistema.

Con estos objetivos se obtuvo que en la central de Humea se debe instalar una capacidad de 460 MW, la cual se consigue con un caudal de diseño de 504 m³/s y un salto neto de diseño de 106 m.

5.4 CAPACIDAD DE LAS DESVIACIONES

Con el objeto de incrementar la generación en la central de Humea, dada la disponibilidad de almacenamiento de embalse, se estudió el efecto de la desviación parcial hacia el embalse de Humea de corrientes de la hoya del río Guacavía y del caudal descargado por la Central de Guayabetal. Los criterios que se tuvieron en cuenta para determinar los caudales de diseño de dichas desviaciones y en consecuencia la magnitud de los caudales desviados se describen a continuación.

5.4.1 Desviación Guacavía-Humea

Para definir la capacidad de la conducción Guacavía-Humea se tuvo en cuenta el caudal requerido para atender las demandas de agua de los futuros distritos de riego localizados aguas abajo del piedemonte del río Guacavía, que se fijó en unos 13 m³/s, correspondientes al promedio multianual de los dos meses más secos. En consecuencia, se estableció como meta desviar a nivel multianual, mediante pequeñas estructuras localizadas en diferentes corrientes tributarias del río Guacavía, un caudal de 39.0 m³/s que corresponde al 80% del caudal no utilizado para atender el riego, teniendo en cuenta que para desviar caudales ligeramente mayores se requerirían incrementos notables de la capacidad de la conducción, como se puede apreciar en la Figura 5.1 del apéndice de hidrología. En esta forma, se determinó una capacidad del canal de desviación en su tramo final de 190 m³/s, de tal manera que permita conducir además el caudal proveniente de la descarga de la central de Guayabetal.

5.4.2 Desviación Guayabetal-Humea

Con esta desviación se obtiene una disposición de embalses que aprovecha eficientemente el salto disponible entre el embalse de Quetame y la descarga de la central de Humea y se logra igualmente aumentar significativamente el factor de planta conjunto del

COST

sistema, gracias al proceso de generación en serie que permite utilizar al máximo el embalse del Humea.

Esta desviación se diseñó con una capacidad de 125 m³/s, igual al caudal de diseño de la central de Guayabetal. Teniendo en cuenta que para atender las demandas de riego en el Río Guayuriba, sólo se restituyen a este río durante el verano unos 20 m³/s; con dicho caudal de diseño se desvían en promedio unos 72 m³/s hacia el embalse de Humea.

Es conveniente anotar que no se aprovecharon los caudales del Río Guatiquía para desviarlos hacia el embalse de Humea, a causa del alto contenido de sedimentos que arrastra este río, lo cual impondría un mantenimiento excesivo a la desviación.

En esta forma las dos desviaciones permiten adicionar unos 111 m³/s a la hidrología de hoya propia del Proyecto Humea, permitiendo incrementar su propia escurriencia en un 96% aproximadamente.

5.5 PRODUCCION ENERGETICA

En el Cuadro 5.1 se presentan los resultados referentes a la generación de energía del sistema completo conformado por el subsistema Quetame-Guayabetal y por el Proyecto Humea. En dicho cuadro se puede observar que el Proyecto Humea incrementa las energías promedia, confiable y primaria generadas por el subsistema Quetame-Guayabetal en 45%, 46% y 55% respectivamente. En las Figuras 5.2 y 5.3 se muestra la distribución intranual - multi anual de la generación hidroeléctrica en las Centrales y el sistema agregado.

Por otra parte, en el Cuadro No. 5.2 se muestran los aportes de las desviaciones Guacavía-Humea y Guayabetal-Humea a la generación del Proyecto. Como se puede observar, la desviación Guacavía-Humea incrementa la generación promedia y confiable de la central en un 32% y 23% respectivamente, y la desviación Guayabetal-Humea incrementa la generación anterior, en un 48% la energía promedia, y en un 71% la energía confiable.

El comportamiento general del sistema completo se muestra esquemáticamente en la Figura No. 5.1

COSTOS DE POTENCIA Y ENERGIA

Para evaluar la factibilidad económica de los diferentes proyectos y alternativas estudiadas para el desarrollo de los ríos Negro y Humea, se calculó el valor que a precios corrientes tendría el kilovatio-hora generado en los varios proyectos, como también el costo del kilovatio instalado. Estos índices especialmente el primero permiten justificar las desviaciones hacia los diferentes proyectos, como también los proyectos de mayor atractivo y prioridad; al mismo tiempo que sirven como guía para comparar estos proyectos con otros que actualmente se encuentran a nivel de estudio y planeación en el país.

El costo total de construcción del proyecto se calculó con base en los costos directos, tal como se explica en el Capítulo 11. Asimismo, en dicho capítulo se presenta la manera como se obtuvo el costo anual del proyecto el cual, dividido por la generación anual promedio durante el período estudiado, da el costo promedio que tendría la generación del kilovatio-hora; los resultados obtenidos se presentan en el Cuadro 5.3.

La comparación de los costos unitarios de la potencia y de la energía muestra la ventaja económica de la desviación de los caudales del proyecto Guayabetal y del río Guacavía y sus afluentes hacia el embalse de Humea pues, como se observa en el Cuadro , los costos de generación promedio se reducen de 30.8 milésimas de dólar, a 26.2 milésimas de dólar al incluir la desviación. Esta ventaja se observa asimismo, en el costo de la capacidad instalada que disminuye de US\$ 929 por kilovatio a US\$ 767 por kilovatio.

Los costos anteriores demuestran que el proyecto Humea es competitivo económicamente con otros proyectos actualmente en estudio en el país. Sin embargo debe notarse que los costos menores se obtendrán únicamente al construir con anterioridad, o simultáneamente, los proyectos Quetame y Guayabetal.

CUADRO No. 5.1

GENERACION HIDROELECTRICA DEL SISTEMA COMPLETO (*)

APORTES DEL PROYECTO HUMEA

	Energía Promedia		Energía Confiable		Energía Primaria		Energía Vertida
	MW Cont.	F.P. (**)	MW Cont.	FP	MW Cont.	F.P.	MW Continuos
Subsistema Quetame-Guayabetal	475	0.56	445	0.52	345	0.41	72.0
Aporte del Proyecto Humea	215	0.47	205	0.44	190	0.41	0.5
Sistema completo	690	0.53	650	0.50	535	0.41	72.5

(*) Para condiciones de los embalses correspondientes a 50 años de vida útil y considerando las derivaciones Río Blanco-Quetame, Guayabetal-Humea y Guacavía-Humea.

Proyecto	Volumen Util (Mm3)	Capacidad Instalada (MW)
Quetame	270	420
Guayabetal	0	430
Humea	2 400	460
		<u>1 310</u>

(**) F.P. : Factor de Planta

CUADRO 5.2
GENERACION HIDROELECTRICA DEL
PROYECTO HUMEA (*)

Energía Vertida MW Continuos	Energía Promedia MW F.P.	Energía Confiable MW F.P.	Energía Promedia MW F.P.	Energía Vertida MW Continuos
12.0	0.41	85	0.18	0.0
0.0	0.31	105	0.23	0.0
0.5	0.47	205	0.44	0.5

	Energía Promedia		Energía Confiable		Energía Vertida
	MW Cont.	F.P (**)	MW Cont.	F.P	MW Cont.

a.	Central de Humea sin desviaciones.	110	0.24	85	0.18	0.0
b.	Central de Humea con la desviación Guacavía Humea.	145	0.31	105	0.23	0.0
c.	Central de Humea con las desviaciones Guacavía-Humea y Guayabeta-Humea.	215	0.47	205	0.44	0.5

(*) La central de Humea tiene una capacidad instalada de 460 MW y su embalse un volumen útil de 2 400 Mm³.

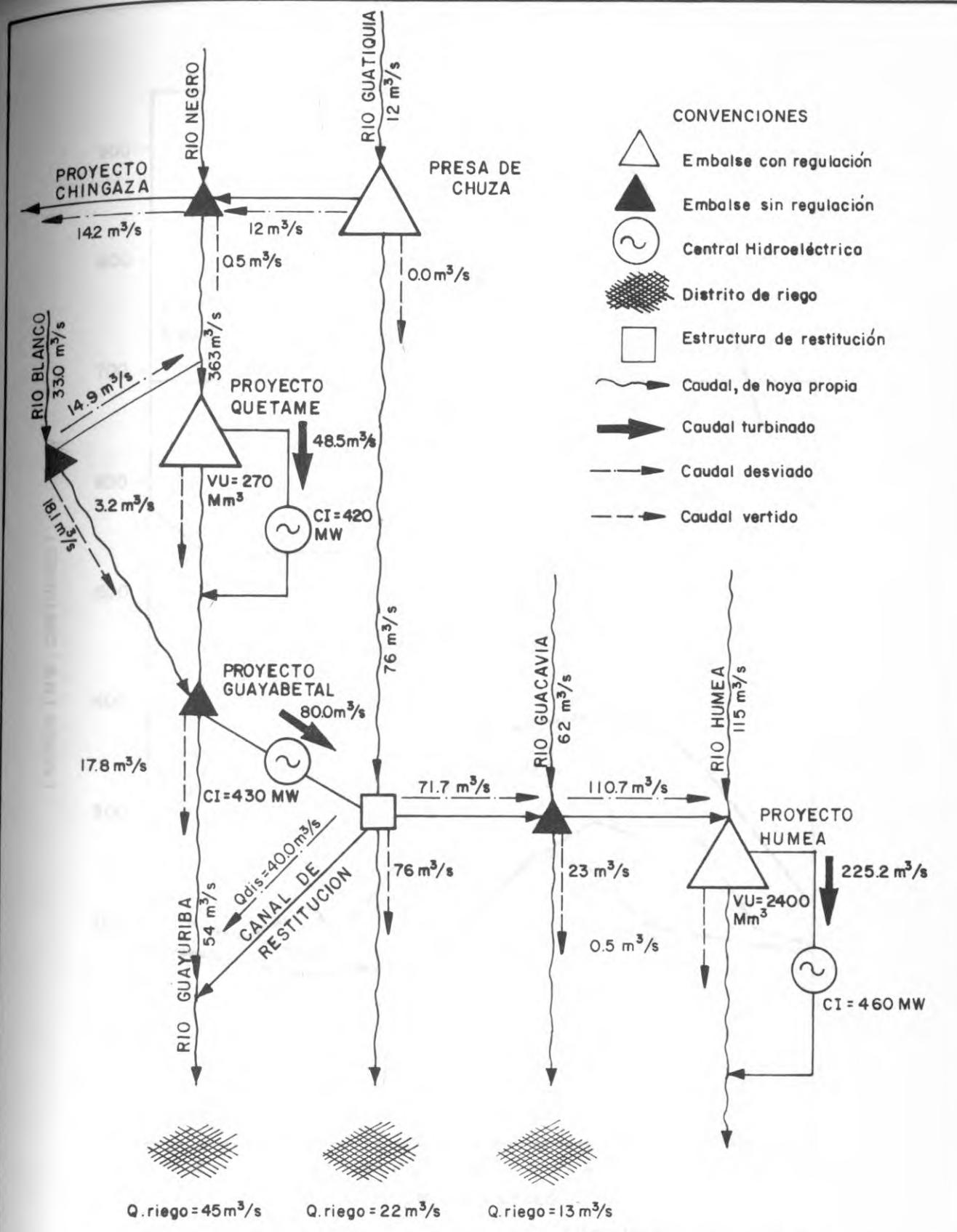
(**) F.P : Factor de Planta.

C U A D R O No. 5.3
COSTOS DE POTENCIA Y ENERGIA
PROYECTO HUMEA



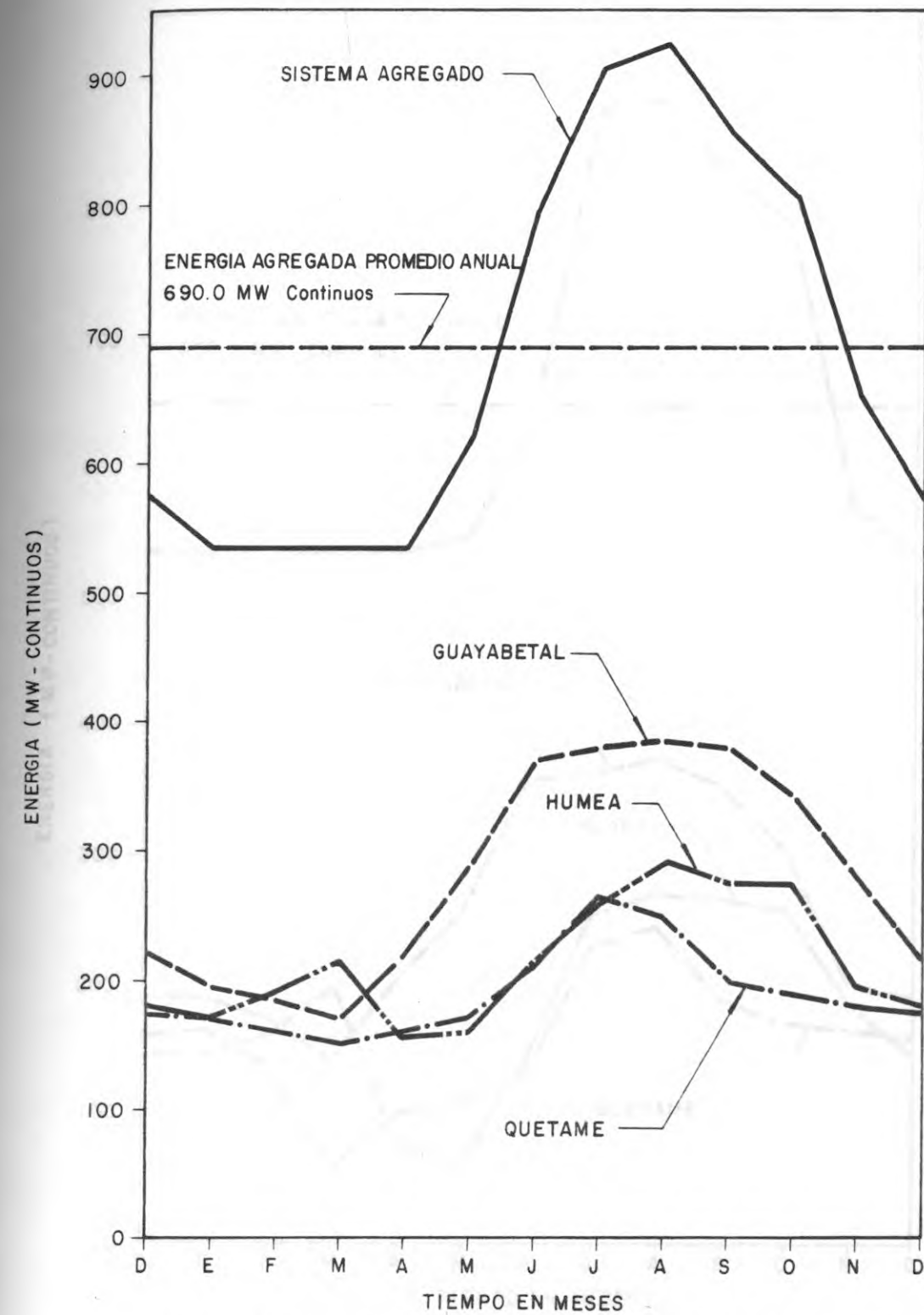
	Con Desviación 1)	Sin Desviación
Costo Total US\$ Millones	353	212
Costo Anual US\$ Millones	49.4	29.7
Capacidad Instalada MW	460	230
Energía Promedio Anual GWh/año	1883	964
Costo por kW instalado US\$/kW	767	921
Costo por kWh US\$ Mils/kWh	26.2	30.8

1) Se refiere a la desviación de las aguas del proyecto Guayabetal y del río Guacavía y afluentes.



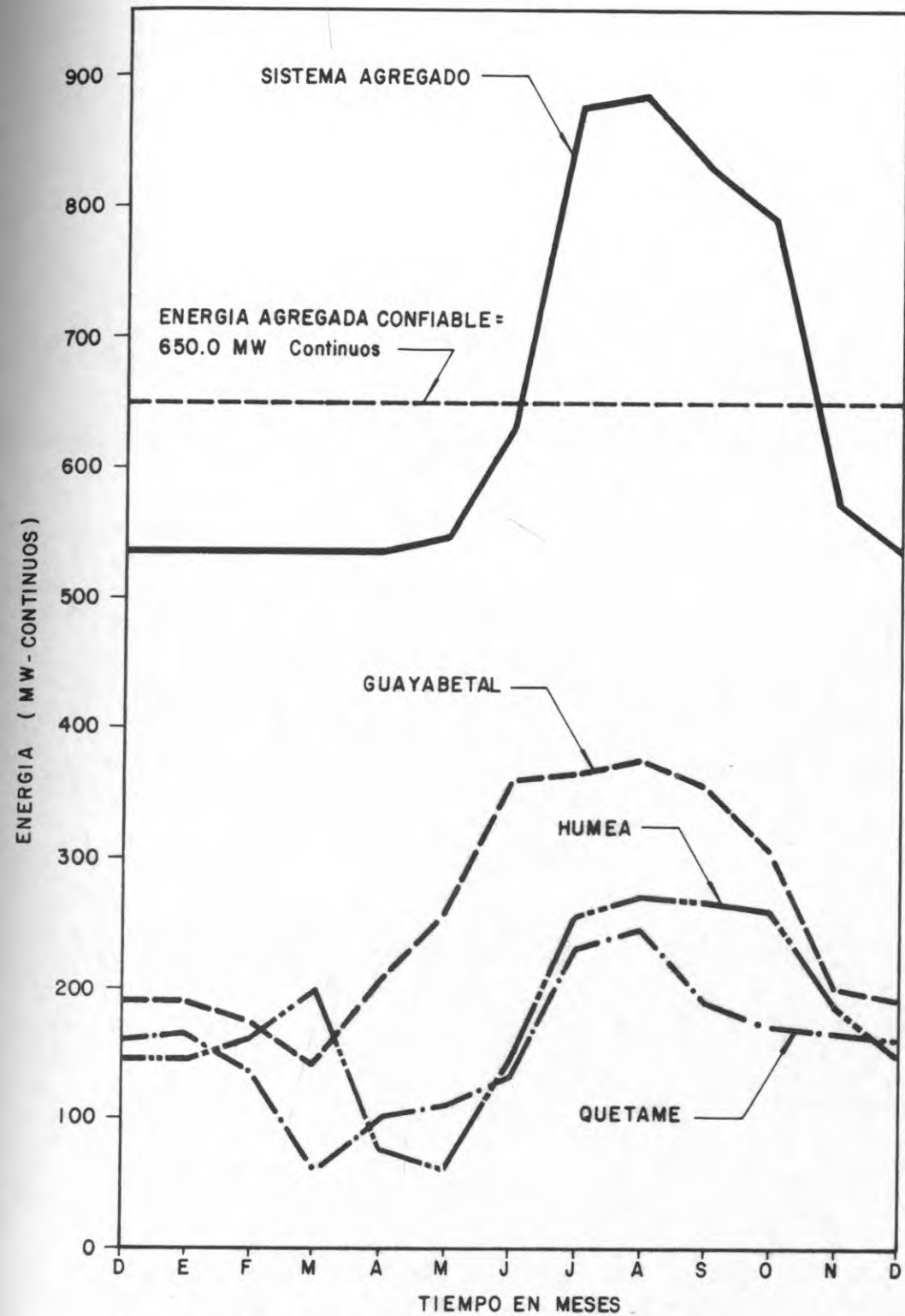
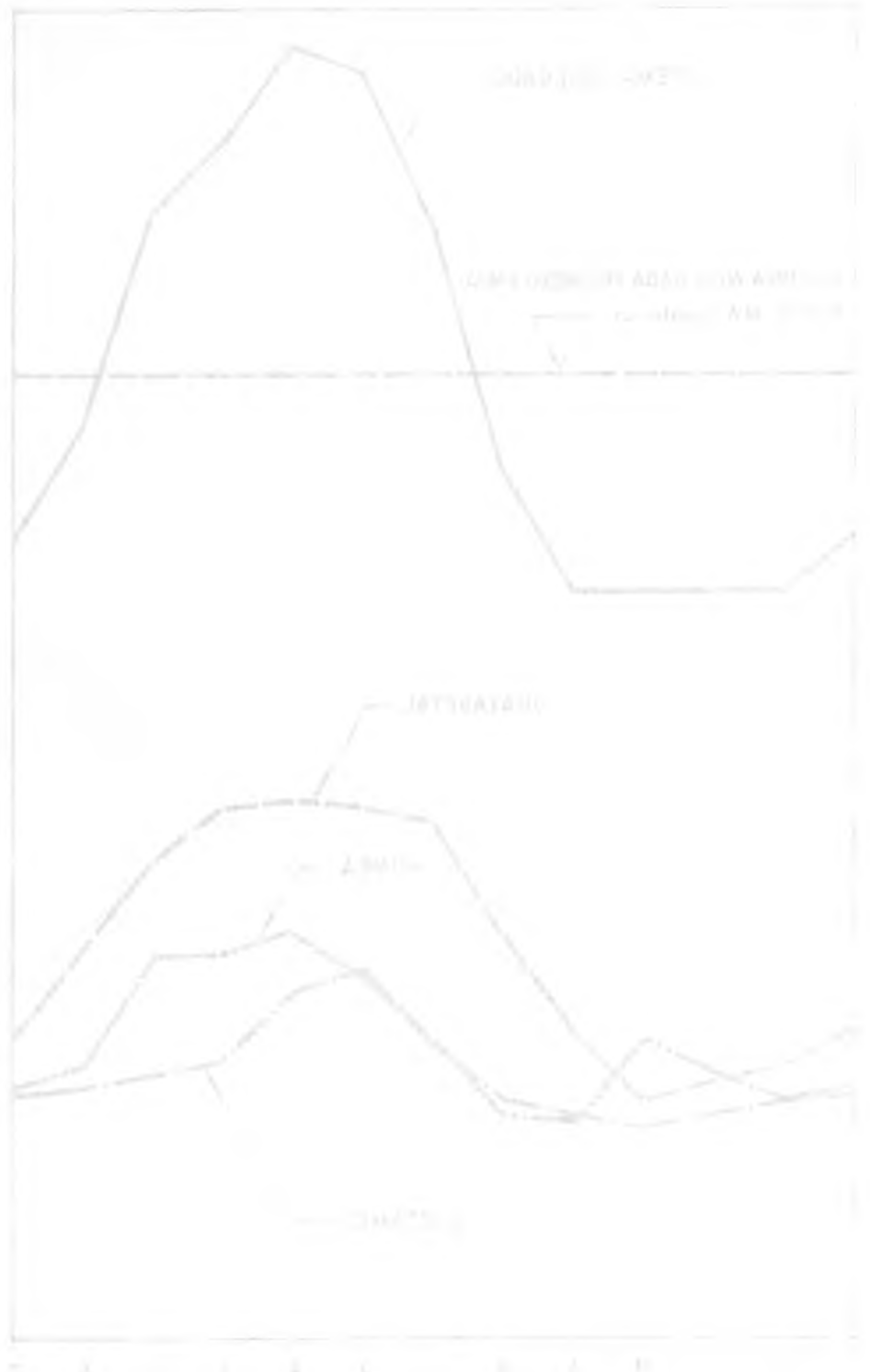
Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá
 CONTRATO 3280
 PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO-GUAYURIBA
 GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS - INTEGRAL

CONFIGURACION DE LA ALTERNATIVA ESTUDIADA
 FECHA: ARCHIVO: FIGURA: 5-1



CONDICIONES DE LOS EMBALSES CORRESPONDIENTES A 50 AÑOS DE OPERACION

	Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá CONTRATO 3280	GENERACION HIDROELECTRICA PROMEDIA EN LAS CENTRALES Y EL SISTEMA AGREGADO	
	PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO-GUAYURIBA GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS - INTEGRAL	FECHA: JULIO 1982	ARCHIVA:



CONDICIONES DE LOS EMBALSES CORRESPONDIENTES
A 50 AÑOS DE OPERACION



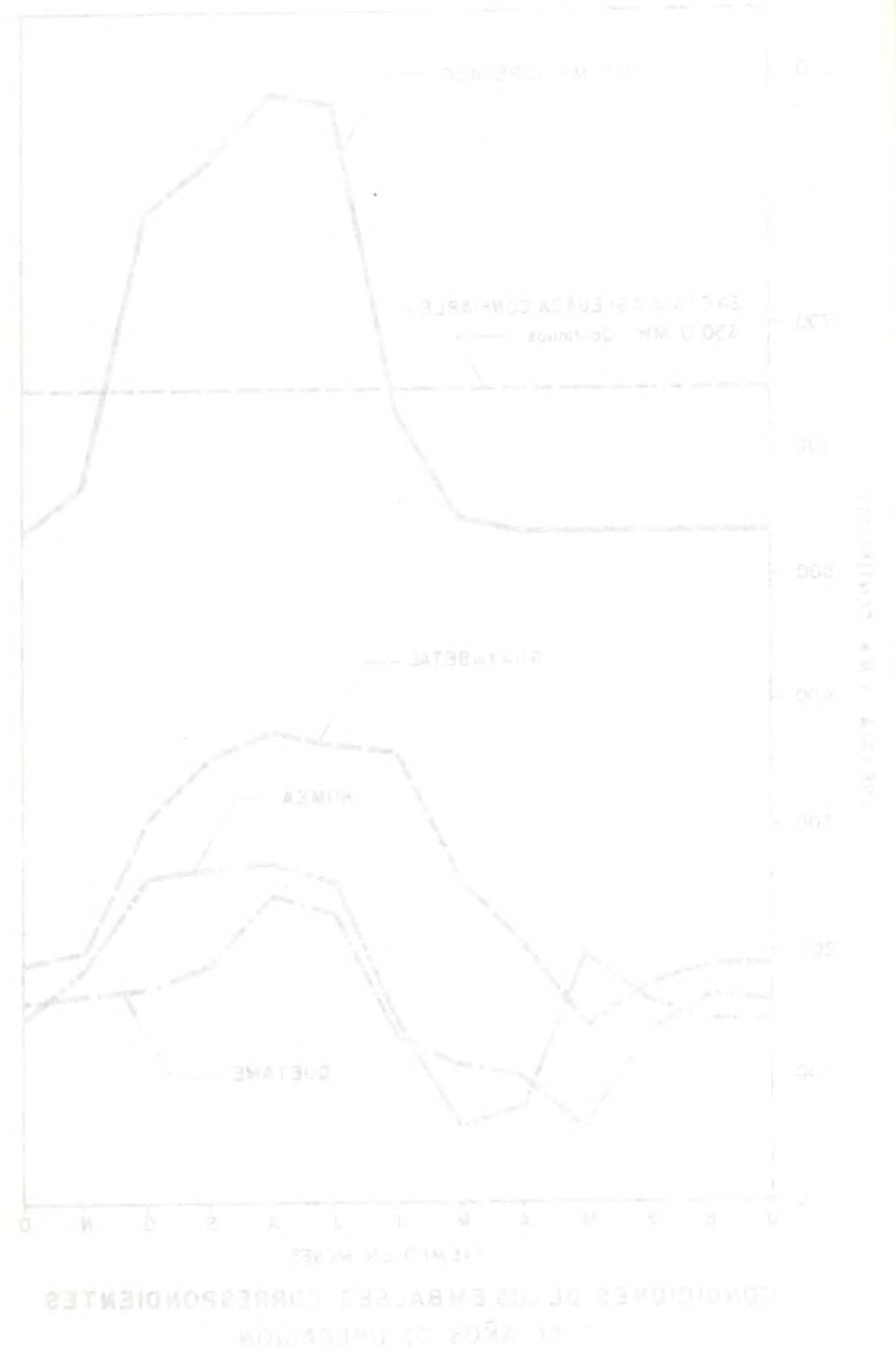
Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá
CONTRATO 3280
PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO-GUAYURIBA
GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS - INTEGRAL

GENERACION HIDROELECTRICA
FIRME PROMEDIA

FECHA: JULIO 1982 ARCHIVA: FIGURA: 5-3

CAPITULO VI

Esquema general e infraestructura



CONDICIONES DE LOS EMBALSES CORRESPONDIENTES
A LOS LUGARES DE PRECIPITACION

FEVERATION HIL - 1951

CAPITULO VI

ESQUEMA GENERAL E INFRAESTRUCTURA

6.1 LOCALIZACION Y ACCESOS

La presa del Proyecto Humea está localizada aproximadamente un kilómetro aguas arriba del puente de la carretera Cumaral - Paratebueno, sobre el Río Humea, y a 54 km de Villavicencio. La casa de máquinas superficial estará localizada al pie de la presa, sobre la margen derecha del río. El acceso al sitio del proyecto se hace por la carretera Bogotá-Villavicencio, y luego por la carretera a Barranca de Upía.

6.2 ESQUEMA DEL PROYECTO

El Proyecto Humea desarrolla un salto entre las cotas 405 y 276, mediante las siguientes obras (Véase plano H-2) :

- a. Una presa de gravas con núcleo impermeable de 138 m de altura, que creará un embalse de 4 120 Mm³ e inundará 9 300 ha. La presa tiene una cresta de 430 m de longitud y 12 de ancho y está en la cota 413.
- b. Un rebosadero de descarga libre que consta de un canal de aproximación excavado en roca, de sección rectangular y de 550 m de largo. Tendrá una gola de concreto en abanico de 180 m de longitud, de descarga libre, con cresta en la cota 405. El rebosadero descarga por un canal al Caño El Arenal, afluente del Humea. El caudal de diseño del rebosadero es de 4 650 m³/s.
- c. Dos túneles de carga de 510 y 500 m de largo, respectivamente, y de sección circular de 7.20 m de diámetro.
- d. Una central superficial que alojará dos unidades Francis de eje vertical de 240 MW cada una. La central restituirá las aguas al Río Humea por medio de un canal de descarga muy corto.

6.3 HIDROLOGIA Y SEDIMENTOS

De los estudios de hidrología y sedimentos se obtuvieron los resultados que se relacionan a continuación :

El área de la hoya es de 950 km² y la precipitación media anual de 3 840 mm. El caudal medio mensual del río en el sitio del proyecto es de 115 m³/seg según los datos de la estación El Cable localizada a 200 m de la presa. La creciente para el diseño de las obras de desviación se estimó en 2 600 m³/s y su período de recurrencia es de 25 años. Para el diseño del rebosadero se calculó la CMP, cuyo caudal es de 9 000 m³/s. El aporte total de sedimentos al embalse se estimó en 1.90 Mm³ anuales, de los cuales 1.35 Mm³ corresponden a sedimentos medidos en suspensión. El embalse disponible para sedimentos por debajo del nivel de la bocatoma de carga es de 720 Mm³, volumen más que suficiente para su almacenamiento.

6.4 GENERACION

Para determinar la energía primaria, la energía promedio, la energía confiable y la capacidad instalada del proyecto Humea se estudió el comportamiento del sistema completo, es decir el del proyecto Humea junto con los de Quetame y Guayabetal, teniendo en cuenta el aporte energético de la desviación del río Guacavía y de sus afluentes y de los caudales descargados por la central de Guayabetal. Las cotas máxima y mínima de operación se fijaron, respectivamente en 405 y 370.

A continuación se resumen los resultados de los estudios de generación.

- Energía Primaria	190 MW continuos $f_p = 0.41$
- Energía Promedio	215 MW continuos, $f_p = 0.47$
- Energía Confiable	205 MW continuos, $f_p = 0.44$
- Capacidad Instalada	460 MW

6.5 EMBALSE

El embalse creado por la presa tendrá un volumen total de 4 120Mm³ a la cota 405 y un volumen útil para generación de 2 400 Mm³ entre la anterior y la cota 370, determinada como mínima para operación de las turbinas, puesto que el volumen muerto es varias veces el necesario para acumulación de sedimentos durante la vida del proyecto.

El área inundable será de 9 300 ha. La creación del embalse inundará la mayor parte del carretable que actualmente sirve de acceso a Medina, por lo cual este deberá ser reemplazado en su totalidad. La nueva longitud se estimó en 26 km. El embalse inundará además, el caserío de El Diamante.

6.6 CARRETERAS Y VIAS DE ACCESO

La ejecución del proyecto Humea implicará la construcción de unos 30 km de carreteras, de las cuales 26 km corresponden a la relocalización de la carretera a Medina. El acceso al sitio de presa es de aproximadamente 1 km y el resto serían relocalizaciones en la zona del embalse del Río Borrachero.

CUADRO 6.1
CARACTERISTICAS GENERALES
PROYECTO HUMEA

NIVEL MAXIMO DEL EMBALSE	m	405
VOLUMEN UTIL DEL EMBALSE	Mm ³	2 400
AREA DEL EMBALSE	Ha	9 300
SALTO BRUTO MAXIMO	m	129
SALTO DE DISEÑO	m	106
LONGITUD DE CONDUCCION	m	1 010
CAUDAL DE DISEÑO	m ³ /seg	
- Con desviaciones		504
- Sin desviaciones		248
CAPACIDAD INSTALADA	MW	
- Con desviaciones		460
- Sin desviaciones		230
GENERACION MEDIA ANUAL	GWh-año	
- Con desviación		1 883
- Sin desviación		964
FACTOR DE CARGA PROMEDIO		
- Con desviación		0.47
- Sin desviación		0.24
COSTO TOTAL - US \$ Millones		
- Con desviación		353
- Sin desviación		212
COSTOS DE ENERGIA - US\$ Mils/kWh		
- Con desviación		26.2
- Sin desviación		30.8
COSTO DE POTENCIA - US \$/KW		
- Con desviación		767
- Sin desviación		921

PROYECTO HUMBA
ESTACIONES DE TRATAMIENTO
DE AGUAS RESIDUALES
GENERALIZADAS

102	10	ESTACION DE TRATAMIENTO
2 400	20	ESTACION DE TRATAMIENTO
3 000	30	ESTACION DE TRATAMIENTO
1 500	40	ESTACION DE TRATAMIENTO
1 000	50	ESTACION DE TRATAMIENTO
1 000	60	ESTACION DE TRATAMIENTO
300	70	ESTACION DE TRATAMIENTO
300	80	ESTACION DE TRATAMIENTO
400	90	ESTACION DE TRATAMIENTO
300	100	ESTACION DE TRATAMIENTO
1 000	110	ESTACION DE TRATAMIENTO
200	120	ESTACION DE TRATAMIENTO
1 000	130	ESTACION DE TRATAMIENTO
200	140	ESTACION DE TRATAMIENTO
1 000	150	ESTACION DE TRATAMIENTO
200	160	ESTACION DE TRATAMIENTO
1 000	170	ESTACION DE TRATAMIENTO
200	180	ESTACION DE TRATAMIENTO
1 000	190	ESTACION DE TRATAMIENTO
200	200	ESTACION DE TRATAMIENTO
1 000	210	ESTACION DE TRATAMIENTO
200	220	ESTACION DE TRATAMIENTO
1 000	230	ESTACION DE TRATAMIENTO
200	240	ESTACION DE TRATAMIENTO
1 000	250	ESTACION DE TRATAMIENTO
200	260	ESTACION DE TRATAMIENTO
1 000	270	ESTACION DE TRATAMIENTO
200	280	ESTACION DE TRATAMIENTO
1 000	290	ESTACION DE TRATAMIENTO
200	300	ESTACION DE TRATAMIENTO

CAPITULO VII

Presa y obras anexas

CAPITULO VII

PRESA Y OBRAS ANEXAS

7.1 PRESA

7.1.1 Consideraciones de Diseño

Para obtener el embalse requerido para la regulación del Río Humea y el almacenamiento estacional de los caudales desviados del proyecto Guayabetal y del Río Guacavía y sus afluentes, se necesita una presa de 138 m de altura con cresta en la cota 413. El diseño preliminar se ha basado en las características topográficas y geotécnicas del sitio de presa y en los tipos de materiales de construcción existentes en la región. Estas características se resumen a continuación:

- El sitio de presa es un cañón relativamente amplio que hasta la altura de la cresta de la presa tiene una relación de longitud de cresta a alturas de 3.3 aproximadamente. El estribo izquierdo es más tendido que el derecho y tiene pendientes de 2 H : 1 V y 1 H : 1 V respectivamente.

Para esta topografía el tipo de presa más adecuado es el de escollera con núcleo central.

- Geológicamente el sitio está localizado donde el Río Humea corta la Serranía de las Palomas, la cual está conformada por la formación Humea. Esta formación está constituida por una alternancia de arenisca cuarzosa ligeramente friable, limolita silícea y arcillolita que está conformada una estructura monoclinal con buzamientos entre 20° y 35° hacia aguas arriba.
- Desde el punto de vista geotécnico, la calidad del macizo para fundación de la presa es buena, pero los niveles de arcillolita están intensamente fracturados por lo cual será necesario un tratamiento adecuado de los estribos para controlar las filtraciones.

- La zona de presa de Humea tiene un nivel de actividad sísmica entre moderado y alto. La Falla de Palomas localizada a unos 250 m aguas abajo del eje de presa, es antigua e inactiva y no presenta síntomas de desplazamientos.
- No se prevé un espesor considerable de depósitos aluviales en el lecho del río. Para una presa de gravas, estos depósitos solo se removerán en la zona de contacto del núcleo impermeable.
- El material más abundante en la zona de la presa de Humea son las gravas y arenas de las grandes terrazas aluviales del piedemonte y de las vegas del Río Humea. Las rocas de la formación Humea no se consideran competentes para ser utilizadas como espaldones de una presa de esta altura.

7.1.2 Tipo de Presa

Considerando las características topográficas, geológicas y geotécnicas mencionadas, el sitio de presa es adecuado para una presa del tipo de gravedad, ya sea de enrocado o de gravas. Sin embargo, en vista de la disponibilidad de materiales se ha escogido una presa de gravas zonificadas. El volumen total de la presa será de 6.45 Mm³.

7.1.3 Sección Típica

La sección de la presa será zonificada para utilizar al máximo los materiales existentes en su estado natural y disminuir en lo posible cualquier tipo de procesamiento. Constructivamente, en vista de la sismicidad de la zona se han diseñado taludes 2 H : 1 V tanto en el espaldón de aguas arriba como en el de aguas abajo. La ataguía de aguas arriba está parcialmente incluida en el talud de la presa. Las zonas de la presa se muestran en el Plano H-3 y se describen a continuación.

- Núcleo Impermeable

El núcleo impermeable estará construido por arenas arcillosas y gravas gruesas de la zona de préstamo No. 18, con un tamaño máximo de 3" y un porcentaje de finos comprendido entre 30% y 70%.

7.1 - Filtros

Con el fin de evitar la salida de los finos del núcleo se colocarán filtros tanto aguas arriba como aguas abajo del núcleo. Los filtros procederán de la zona de préstamo No. 21 y consistirán de gravas y arenas y se limitará su tamaño máximo a 1/2".

- Transiciones

Para proteger los filtros se colocarán transiciones entre los filtros y los espaldones de la presa. Las transiciones procederán también de la zona de préstamo No. 21 y estarán constituidos por gravas y arenas con tamaño máximo de 3".

- Espaldones

Los espaldones de la presa estarán conformados por gravas y arenas de la zona de préstamo No. 21 cuyo tamaño máximo será de 3".

- Protección de Taludes

Los taludes de la presa se protegerán con los sobretamaños procedentes del material de los espaldones, y su tamaño en el talud de aguas abajo se limitará a un máximo de 10".

7.1.4 Fundación

Los depósitos de ladera se removerán en toda el área de la presa; sin embargo, los depósitos aluviales del lecho del río sólo se removerán bajo el núcleo impermeable.

A lo largo del contacto del núcleo se ha proyectado una excavación geométrica hasta la roca sana, con el fin de facilitar su colocación. Esta excavación se tratará con concreto dental donde sea requerido y se revestirá con concreto lanzado o gunita, para evitar su meteorización.

7.1.5 Inyecciones

La zona de contacto entre el núcleo y la roca se tratará con un manto de inyecciones de consolidación cuya profundidad máxima se ha estimado en 10 m y servirá para retener la lechada de las inyecciones profundas.

Se ha proyectado una sola cortina de inyecciones que se llevará hasta una profundidad equivalente a la mitad de la máxima cabeza hidrostática del embalse. Dada la altura de la presa las inyecciones se harán desde la superficie, y por lo tanto no se requerirá galerías de inyección. (Plano H-4).

7.1.6 Cresta

Se ha diseñado la cresta de la presa con un ancho de 12 m lo cual permitirá un remate adecuado de las transiciones y el núcleo y facilitará el acceso a las bocatomas de los túneles de carga.

7.2 ATAGUIA

La atagüía será del mismo tipo de la presa principal, tendrá 44 000 m³ de material y su cresta estará a la cota 312, para una altura de 28 m sobre el cauce.

7.3 REBOSADERO

El rebosadero será de descarga libre y estará localizado en el borde derecho del embalse, en la divisoria de aguas que va al Caño Arenal (Plano H-5).

Consiste de lo siguiente : un canal de aproximación excavado en roca, que termina en una sección de control, cuya gola curva está a la cota 405 y tiene 180 m de longitud. Aguas abajo existirá un canal convergente cuyo ancho final será de 60 m, excavado en roca, el cual descargará en el Caño Arenal. El caudal de diseño es de 4 650 m³/s.

7.4 DESVIACION Y DESCARGA DE FONDO

La desviación se hará mediante una ataguía de 28 m de altura y un túnel de desviación. El túnel de desviación tendrá una longitud de 850 m con pendiente de 7.1% y su sección será en herradura, de 6.0 x 6.0 m y revestida en concreto, cuya capacidad será de 300 m³/s.

La descarga de fondo estará localizada en el túnel de desviación y tendrá dos compuertas de 1.5 m de ancho por 2.2 m de alto, localizadas en el extremo aguas abajo del tapón de concreto. La capacidad de la descarga de fondo permitirá regular los caudales durante el llenado del embalse y también efectuar el desembalse en caso de alguna falla o imprevisto que implique efectuar reparaciones durante la construcción ó en el período de operación de la central (Véase plano H-6).

7.4 DESVIACIÓN Y DESCARGA DE FONDO

La desviación se hará mediante una atadilla de 28 m de altura y un túnel de desviación. El túnel de desviación tendrá una longitud de 850 m con pendiente de 2.7% y su sección será en herradura, de 8.0 x 8.0 m y revestida en concreto, cuya capacidad será de 300 m³/s.

La descarga de fondo estará localizada en el túnel de desviación y tendrá dos compuertas de 1.5 m de ancho por 2.2 m de alto, localizadas en el extremo aguas abajo del tabón de concreto. La capacidad de la descarga de fondo permitirá regular las caudales durante el periodo del empuje y también efectuar el desmalse en caso de alguna falla o inconveniente que implique efectuar reparaciones durante la construcción en el periodo de operación de la central (véase plano H-8).

CAPITULO VIII

Conducción y obras de generación

CONDICIONES DE CAPTACIÓN

El agua que se captará en la central de energía se tomará de un río que fluye en la zona de captación. El río tiene una anchura de 150 m y una profundidad de 10 m. El caudal del río es de 100 m³/s. El agua captada será conducida a la central de energía a través de un túnel de captación de 100 m de longitud y 1.5 m de diámetro. El túnel de captación será revestido en concreto y tendrá una capacidad de 100 m³/s.

El agua captada en el túnel de captación será conducida a la central de energía a través de un túnel de conducción de 100 m de longitud y 1.5 m de diámetro. El túnel de conducción será revestido en concreto y tendrá una capacidad de 100 m³/s. El agua captada en el túnel de conducción será conducida a la central de energía a través de un túnel de generación de 100 m de longitud y 1.5 m de diámetro. El túnel de generación será revestido en concreto y tendrá una capacidad de 100 m³/s.

El agua captada en el túnel de generación será conducida a la central de energía a través de un túnel de descarga de 100 m de longitud y 1.5 m de diámetro. El túnel de descarga será revestido en concreto y tendrá una capacidad de 100 m³/s. El agua captada en el túnel de descarga será conducida a la central de energía a través de un túnel de desmalse de 100 m de longitud y 1.5 m de diámetro. El túnel de desmalse será revestido en concreto y tendrá una capacidad de 100 m³/s.

CAPITULO VIII

CONDUCCION Y OBRAS DE GENERACION

8.1 OBRAS DE CAPTACION

Las obras de captación de la central de Humea constan de un canal de aducción y dos estructuras de toma con compuertas incorporadas.

El piso del canal de aducción se encuentra a la cota 348, tiene una longitud de unos 230 m y un ancho que varía entre 70 m y 50 m. Al final de este canal se encuentran localizadas dos torres de captación de aducción frontal, fundadas sobre una losa común de 50 m de ancho por 50 m de fondo. (Plano H-7).

Cada una de las estructuras de captación tiene una altura de 62 m y está conformada por una bocatoma con rejas coladeras verticales distribuidas en cuatro módulos removibles, cada uno de 4 m de ancho por 18 m de altura, y por una torre de 41 m de altura dividida por tabiques en seis fosos para albergar 2 compuertas auxiliares, 2 compuertas principales y para utilizar los otros dos fosos como ductos de aireación. Esta torre dispone en su extremo superior de un piso a la cota 400 para mantenimiento de las compuertas y de otro a la cota 413 para operación de las mismas y en el cual se ha previsto una viga grúa para el montaje de los equipos, para la operación de la compuerta auxiliar y para eventuales reparaciones de la principal.

Las compuertas principales tienen 5.5 m de ancho por 7.6 m de altura, son del tipo de ruedas o rodillos, se pueden cerrar contra el flujo y se operan por medio de servomotores. Por otra parte, las compuertas auxiliares son de iguales dimensiones que las principales, cierran sin flujo y, como ya se anotó, son operadas por una viga grúa.

Para el llenado de las conducciones se dispuso un "by pass" con una válvula operada desde el piso superior de la torre que permite un llenado lento y la apertura de las compuertas con presiones equilibradas.

Para el acceso al piso de operación de compuertas se ha previsto un puente que comunica las torres con una plazoleta a la cota' 413.

8.2 CONDUCCIONES

Cada una de las dos unidades de la central de Humea está alimentada por una conducción provista de un sistema de compuertas de cierre en la estructura de captación. Dado lo anterior y teniendo en cuenta la longitud relativamente corta de las conducciones, no se han previsto válvulas a la entrada de las turbinas (Plano H-7).

Cada una de las conducciones consta de un pozo inclinado 45° que se inicia inmediatamente después de la estructura de captación y continúa por un túnel de carga cuya pendiente negativa es del 10% con el fin de cruzar adecuadamente sobre el túnel de desviación. La conducción No. 1 tiene una longitud total de 500 m, de los cuales 75 m corresponden al pozo y 425 m al túnel de carga. Por su parte, la conducción No. 2 tiene una longitud total de 510 m, de los cuales 70 m corresponden al pozo y 440 m al túnel de carga. El espaciamiento entre los ejes de los túneles es aproximadamente 2.7 veces el diámetro de excavación, lo cual se considera razonable si se tiene en cuenta que tanto la excavación como el revestimiento de los dos túneles se hacen simultáneamente.

Los pozos tienen una sección de 7.6 m de diámetro y van revestidos en concreto reforzado y los túneles de carga tienen una sección con diámetro de 7.2 m y están revestidos en lámina de acero embebida en concreto.

Para controlar las infiltraciones hacia casa de máquinas se ha colocado, en el extremo de aguas arriba del blindaje, una cortina de inyecciones como prolongación de la cortina que viene desde la presa. También se ha previsto la construcción de una galería de drenaje con el fin de disminuir la presión externa de la tubería.

8.3 CASA DE MAQUINAS

8.3.1 Obras Civiles

Están constituídas por el edificio donde se alojan los equipos, el patio de transformadores y un canal de descarga al Río Humea.

La casa de máquinas, conformada por una zona de unidades generadoras y otra de montaje, tiene 76 m de longitud, 22 m de ancho y 47 m de altura, y pueden distinguirse en ella 3 pisos : el principal a nivel de la sala de montaje, de la plazoleta de acceso y de las tapas superiores de los generadores; el de generadores, a nivel de las fundaciones de éstos; y el de turbinas, un poco por debajo de las turbinas.

Por encima del piso principal, se disponen las estructuras que conforman el camino de rodadura del puente grúa. Los tubos de aspiración de las turbinas descargan a un canal de fuga revestido en concreto hasta un azud de control.

La disposición de equipos en la casa de máquinas es convencional y ubica todos los tableros de control en el piso principal, en tanto que los reguladores de velocidad de la turbina, los tableros de excitación y los gabinetes del neutro de los generadores van en el piso de generadores (Plano H-8).

Los servicios auxiliares van debajo de la sala de montaje y en una galería localizada aguas arriba de la casa de máquinas, a nivel del piso de turbinas. A este nivel, en el lado aguas abajo, van los equipos de excitación; debajo de éstos, en el piso de turbinas, están los equipos mecánicos. La sala de control está localizada en el piso principal, aguas arriba de la sala de montaje.

El patio de transformadores, de 60 m de longitud y 19 m de ancho, quedará aguas abajo de la casa de máquinas, y al nivel del piso principal de ésta. De los transformadores salen líneas aéreas hacia la subestación localizada aguas abajo de la presa, en un relleno sobre el cauce del río Humea.

8.3.2 Equipos Mecánicos

a. Turbinas y Reguladores

La central tendrá dos turbinas del tipo Francis de eje vertical, diseñados para 240 MW bajo un salto neto de 106 m, un caudal de 252 m³/s y una velocidad sincrónica de 150 rev/min. Dadas sus dimensiones, las turbinas tendrán el cojinete de empuje de la unidad apoyado sobre su tapa, con el fin de compensar el empuje hidráulico y de a cortar la altura del conjunto.

Cada turbina se acoplará directamente a la conducción respectiva y por tal razón no tendrán válvulas de guarda. Las turbinas serán operadas y controladas mediante sendos reguladores de velocidad del tipo electrohidráulico y de triple acción (PID) para mayor estabilidad del proceso regulante, dadas las difíciles características hidráulicas de la conducción y la imposibilidad de mejorarlas con ayuda de una almenara, por el altísimo costo de ésta.

b. Puente Grúa en Casa de Máquinas

Para el montaje de los equipos y para el mantenimiento futuro de los mismos, la central estará servida por un puente grúa de 500 toneladas de capacidad y 19 m de luz, conformado por dos ganchos principales de 250 toneladas cada uno, montados en sendos carros. Sólo uno de los carros llevará un gancho auxiliar de 50 toneladas, en tanto que un monorriel desplazable independientemente a lo largo de una de las vigas del puente atenderá cargas pequeñas de unas 20 toneladas.

c. Servicios Auxiliares

- Agua de Refrigeración

Unos 800 l/s serán bombeados desde el canal de descarga y circulados a través de los intercambiadores de calor de las unidades generadoras y del sistema de ventilación y aire acondicionado. El agua de refrigeración será vertida al canal de descarga, en circuito abierto.

- Ventilación y Aire Acondicionado

Unos 270 000 m³/hr de aire filtrado y enfriado con unidades mecánicas (dos "Chillers" uno de reserva, de 100 toneladas de refrigeración), serán distribuidos en la casa de máquinas mediante un sistema de ventiladores, ductos, difusores y rejillas. Debido a los reducidos espacios disponibles para la colocación de ductos, será necesario zonificar el sistema y ubicar apropiadamente los ventiladores y acondicionadores necesarios.

- Aire Comprimido

Para el suministro de aire comprimido en la central, incluyendo frenado de los generadores, se dispondrá una planta de 4.0 m³/min de capacidad y una red de tuberías, tomas y tanques de almacenamiento de unos 10 m³ de capacidad.

- Agua Potable y Aguas Negras

Los servicios sanitarios y generales de la central serán atendidos por sendas plantas tipo compacto ("packaged"), con la mínima capacidad comercial, y combinadas con tanques hidroneumáticos y red de tuberías y tomas.

- Otros

En la central se proveerán los sistemas y equipos necesarios para protección contra incendio y para reparaciones menores (máquinas herramienta).

- Compuertas y Operadores

Para la estructura de captación de la central se proveerán, además del indispensable sistema de rejas coladeras, cuatro (4) compuertas de rodillos, operadas con servomotor de aceite, de 5.5 m de ancho y 7.8 m de alto, capaces de cerrar contra el flujo y de resistir una presión máxima de 55 m.c.a., y dos (2) compuertas auxiliares de 5.5 m de ancho y 7.8 m de alto, operadas bajo presiones equilibradas con el puente grúa de operación y mantenimiento, de 70 toneladas de capacidad y 13 m de luz, que se proveerá en la caseta de operación.

Para los tubos de aspiración de las turbinas se proveerán dos (2) compuertas de tablero, de 7.2 m de ancho y 8.5 m de alto, capaces de resistir una presión de 23 m.c.a., sobre su fondo. La colocación de las compuertas en uno cualquiera de los tubos de aspiración será con ayuda de una grúa pórtico provista de dos ganchos de 30 toneladas de capacidad, cada uno.

8.3.3 Equipos Eléctricos

Generadores - Los generadores serán sincrónicos, de eje vertical, con capacidad nominal de 246 MW a 60° C de elevación de temperatura, factor de potencia 0.95 en retraso y voltaje nominal entre 13.8 kV y 18 kV a elección del fabricante.

Los equipos de excitación serán estáticos a base de tiristores alimentados por transformadores de potencia trifásicos, secos y conectados directamente a las barras de los generadores.

Las barras de conexión entre los generadores y los transformadores de potencia serán de fase aislada, con ducto y conductor de aluminio, y con capacidad continua y de cortocircuito adecuada a la capacidad de los generadores a la del sistema.

Transformadores de Potencia - Cada generador estará conectado a un banco de tres transformadores monofásicos de dos devanados, clase FOA, con capacidad individual de 94 MVA para una elevación de temperatura de 65° C y con un voltaje de salida de 230 kV.

Equipos de control, Protección y Servicios Auxiliares - Las características generales de los servicios auxiliares y de los equipos de control y protección serán las mismas que las correspondientes de la Central de Quetame.

Subestación de 230 kV - La subestación de 230 kV será aislada con SF6 y tendrá el mismo tipo de conexión que la subestación de la central de Quetame.

8.4 SUBESTACION

Subestación de 230 kV

La central estará conectada a una subestación exterior de 230 kV, del tipo SF6, instalada en una plazoleta de 25 m x 70 m aproximadamente, localizada en la cota 288. De esta subestación salen líneas de transmisión de 250 kV hacia Guavio y Guayabetal.

8.3.3 Equipos Eléctricos

Generadores - Los generadores serán sincrónicos, de eje vertical, con capacidad nominal de 248 MW a 80°C de elevación de temperatura. El factor de potencia 0,95 en retraso y voltaje nominal entre 13,8 kV y 18 kV a elección del fabricante.

Los equipos de excitación serán estáticos a base de tiristores alimentados por transformadores de potencia trifásicos, secos y conectados directamente a las barras de los generadores.

Las barras de conexión entre los generadores y los transformadores de potencia serán de fase aislada, con ducto y conductor de aluminio, y con capacidad continua y de cortocircuito adecuada a la capacidad de los generadores a la del sistema.

Transformadores de Potencia - Cada generador estará conectado a un banco de tres transformadores monofásicos de dos devanados, clase FGA, con capacidad individual de 94 MVA para una elevación de temperatura de 65°C y con un voltaje de salida de 230 kV.

Equipos de control, Protección y Servicios Auxiliares - Las características generales de los servicios auxiliares y de los equipos de control y protección serán las mismas que las correspondientes de la Central de Quezaltenango.

Subestación de 230 kV - La subestación de 230 kV será aislada con SF6, tendrá el mismo tipo de conexión que la subestación de la Central de Quezaltenango.

8.4 SUBESTACION

Subestación de 230 kV

La central estará conectada a una subestación exterior de 230 kV, del tipo SF6, instalada en una plaza de 20 m x 70 m aproximadamente, localizada en la cota 288. De esta subestación salen líneas de transmisión de 230 kV hacia Guaymá y Guaymatán.

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA
BIBLIOTECA

CAPITULO IX

CONDUCCION GUATIQUEA-HUMEA

9.1 GENERALIDADES

Los caudales desviados de la central de Guayabetal y del río Guacavía y sus afluentes, ríos Nipore, Pirí, Guajaray y Borrachero duplicarán la capacidad del proyecto Humea, al aportar un caudal medio de 111 m³/s al embalse ya que el caudal medio del río Humea es de 115 m³/s. El proyecto Guayabetal aportará 72 m³/s y el río Guacavía y afluentes 39 m³/s.

La conducción tendrá una longitud total de 32.7 km de los cuales 8.3 km son en túnel y 24.4 en canal. El embalse del río Borrachero elimina 7 km de conducción.

La primera parte de la conducción desde la central de Guayabetal, localizada sobre el río Guatiquía hasta el río Guacavía, se diseñó con una capacidad de 125 m³/s, correspondientes al caudal de diseño de la central. El sector comprendido entre el río Guacavía y el embalse del río Borrachero, se diseñó para una capacidad de 190 m³/s, para conducir un máximo de 65 m³/s del Guacavía y sus afluentes, con lo cual se aprovecha un 68% de los caudales totales de estos ríos. Finalmente, el tramo de conexión entre los embalses del Borrachero y el Humea, se diseñó para un caudal de 120 m³/s, puesto que el embalse del Borrachero regula los picos, tanto de la central de Guayabetal como los del río Guacavía.

A continuación se describen las principales obras de la conducción :

9.2 SECTOR CENTRAL DE GUAYABETAL-RIO GUACAVIA

Inmediatamente a la salida del túnel de descarga de la central de Guayabetal, se diseñó una estructura de bifurcación, provista de compuertas de regulación que permitirá por un lado entregar al río Guatiquía los caudales que aguas abajo se desviarán hacia el río Guayurí

ba y por el otro desviar los caudales que se conducirán al embalse de Humea. La conducción en este sector está conformada por un sifón que atraviesa, el río Guatiquía, un túnel y un canal (Véase plano H-9).

El ramal de la bifurcación que sale hacia el embalse de Humea se conectará a un tubo de concreto de 6.3 m de diámetro y 490 m de largo que pasa por debajo del lecho del río Guatiquía.

El tubo se conecta con un túnel de 6.4 km de longitud que atraviesa la loma del Helechal y cuyo portal de salida está localizado en las proximidades de la Hacienda La Camelia. El túnel tiene una sección en forma de herradura de 6.3 m x 6.3 m revestida en concreto lanzado y soportada principalmente con pernos de roca y malla, y donde se requiera, marcos de acero. Su pendiente es del 0.1% y las soleras de los portales de entrada y de salida están en las cotas 485 y 448 respectivamente. (Véase Plano H-10).

La conducción entre el túnel y el río Guacavía está constituida por un canal revestido en concreto de sección trapezoidal de 10.0 m de base y 3.40 m de profundidad total. La topografía que atraviesa es prácticamente plana y por lo tanto en este sector, se trató de balancear los cortes con los rellenos utilizando al máximo la sección mixta que se muestra en los planos H-11 y H-12. El río Guacavía se atravesará por medio de un sifón de 350 m de largo, de características similares a las del que se dispuso para el cruce del río Guatiquía.

9.3 SECTOR RIO GUACAVIA-EMBALSE RIO BORRACHERO

Aguas arriba del sifón de cruce del río Guacavía, se captará el río mediante una presa de desviación de baja altura. Se pretenden desviar en promedio 25 m³/s que serán adicionados al caudal proveniente del proyecto Guayabetal, continuando en canal hacia el embalse del río Borrachero.

La conducción entre el río Guacavía y el embalse del río Borrachero es un canal trapezoidal que tiene una longitud de 11.0 km, 12.0 m de base y una profundidad total de 3.80 m. En este canal se captarán adicionalmente los ríos Nipore, Pirí y Guajaray; con estos aportes el caudal promedio transportado será de 111 m³/s. El caudal de diseño

del canal será de 190 m³/s. En esta zona el canal atravesará zonas onduladas aprovechando la depresión del Caño El Almuerzo y las terrazas del Guajaray, con excavaciones máximas de 25 m de profundidad. Finalmente el canal entregará al embalse del río Borrachero a proximadamente a la cota 425. (Véase Plano H-13).

Las presas de desviación del río Guacavía y de sus afluentes serán presas vertedoras tipo "Presa India" puesto que se presume que su cimentación se hará sobre depósitos aluviales y este tipo de estructuras se adapta muy bien a este tipo de fundación y los materiales para su construcción son abundantes en la región. Las presas consisten en un muro vertedor de concreto de unos pocos metros de altura, confinado por espaldones de enrocado o gaviones protegidos con malla de acero de refuerzo soldada. El espaldón de aguas arriba tendrá un talud de 3 H a 1 V y el de aguas abajo un talud de 12 H a 1 V (Véase plano H-9).

Las estructuras de captación localizadas sobre la margen izquierda de los ríos, comprenden un canal de aducción, una toma controlada y un canal que entrega al canal principal.

9.4 EMBALSE DEL RIO BORRACHERO

Con la construcción de una presa de 45 m de altura sobre el río Borrachero se creará un embalse que ahorrará 6 km de conducción en canal en una zona de topografía muy desfavorable. Además, este embalse regulará los caudales del río Borrachero y los provenientes del proyecto Guayabeta y del río Guacavía. El nivel máximo normal del embalse será la cota 421, el volumen útil para regulación 13.8 Mm³ y el área inundada 920 ha.

Tentativamente se ha considerado una presa zonificada de gravas con núcleo de arcilla. El talud de los espaldones, tanto de aguas arriba como de aguas abajo, será de 2 H : 1 V y la atagüa de desviación estará incorporada a la presa. El núcleo impermeable estará protegido en ambos lados por zonas de transición constituídas por capas de diferentes gradaciones. (Véase Plano H-14).

La roca meteorizada se impermeabilizará por medio de una cortina de inyecciones hasta una profundidad equivalente a 0.5 veces la cabeza hidrostática.

La desviación del río durante la construcción de la presa se hará por un conducto de concreto reforzado de 4.0 m de diámetro y 160 m de longitud, con una capacidad de 310 m³/s, localizado en la margen izquierda del río.

El rebosadero no estará provisto de compuertas y consistirá únicamente de un canal de 230 m de ancho y 525 m de longitud con una losa de concreto de 15 m de longitud localizada en la cota 421 y que servirá de estructura de control.

9.5 SECTOR EMBALSE DEL BORRACHERO - EMBALSE HUMEA

La conducción de este sector incluye un túnel y dos canales que comunican el túnel con los embalses y tiene una capacidad de 120 m³/s. (Véase Plano H-10).

El canal que comunica el embalse del río Borrachero consiste prácticamente en la rectificación del cauce del Caño Sucio y tiene una longitud de 600 m. No se prevé necesidad de revestir el canal en este tramo.

El túnel que atraviesa la divisoria de aguas entre los dos embalses tendrá una longitud de 1.5 km, una sección en forma de herradura modificada de 5.5 m x 5.5 m y una pendiente del 1%. Se consideró que el túnel se revestirá en concreto lanzado y tendrá una solera de concreto convencional. El soporte se hará por medio de pernos y marcos de acero, donde se requiera.

A partir del portal de salida del túnel anterior se construirá un canal de 900 m de longitud que descargará en el embalse de Humea. El canal consistirá básicamente en la rectificación de la quebrada existente, llamada también Caño Sucio y obviamente no requerirá ningún tipo de revestimiento.

9.6 PRECEDENTES DE CANALES SIMILARES

Como ejemplos de proyectos que incluyen canales de magnitud comparable a la de los presentados para el proyecto Humea, en esta sección, se describen proyectos construídos en diferentes partes del mundo y que han operado satisfactoriamente por un gran número de años.

9.6.1 Estados Unidos

Como ejemplos de canales en los Estados Unidos se presentan dos proyectos del Bureau of Reclamation. El uno forma parte del Central Valley Project en el Estado de California y el otro del Columbia Basin Project, Estado de Washington.

San Luis Canal

El Central Valley Project sirve una gran área de la zona central de California. El Valle propiamente dicho tiene 46 600 km² y 805 km de longitud, extendiéndose desde el pie del Monte Shasta al norte hasta la Serranía de Tehachapi al sur. El valle tiene 80 km de ancho y está comprendido entre la Sierra Nevada al este, el Coastal Range al oeste. Sus dos ríos principales, el Sacramento, que corre de norte a sur y el San Joaquín que corre de sur a norte se unen en un delta común y desembocan al Océano Pacífico en la Bahía de San Francisco.

La unidad San Luis es parte principal del Central Valley Project y comprende una serie de presas, estaciones de bombeo y canales dentro de los cuales se cuenta el Canal San Luis que se describe a continuación.

El propósito del Canal San Luis es el de transportar los excesos de las crecientes de invierno del delta de los ríos Sacramento y San Joaquín a los desarrollos agrícolas del sur del Central Valley y tiene una longitud total de 165 km y su capacidad varía entre 374 m³/s en los primeros 5 km y 239 m³/s al final. Está revestido en concreto en toda su longitud.

En su parte inicial la sección típica tiene 33.5 m de base, pendiente 2 H : 1 V y una profundidad de agua de 10 m, el revestimiento de concreto es de 11 cm. Su construcción se inició en 1963 y se terminó en 1968.

Main Canal

El Main Canal forma parte del sistema de riego del Columbia Basing Project, localizado cerca de la población de Ephrata, Estado de Washington, Estados Unidos. El canal tiene una longitud de más de 20 km, y está dividido en dos tramos. El uno que conecta el embalse de Long Lake y el otro que alimenta los canales West Canal y Low East Canal. La capacidad del primer tramo es de 377 m³/s y la del segundo de 277 m³/s.

Estos canales alimentan a su vez cientos de kilómetros de canales, algunos con capacidades de más de 140 m³/s.

El canal está revestido en concreto y en su primer tramo tiene una base de 6 m de ancho, pendientes transversales de 1.5 H a 1.0 V, y una profundidad de agua de 6.40 m.

9.6.2 Pakistan Occidental

Entre los principales proyectos de irrigación construídos antes de 1963, se pueden mencionar los siguientes: Panjnad, Chenab Superior, Bajo Bari Doab y Balloki-Sulleimanki, los cuales fueron construídos para caudales superiores a los 200 m³/s. Adicionalmente a estos existen seis canales cuyos caudales de diseño oscilan entre 100 y 180 m³/s. Una descripción más detallada se encuentra en el "Handbook of Applied Hydraulics", Davis and Sorensen, Third Edition.

9.6.3 India

Un ejemplo de canal revestido en concreto es el Canal Nangal, en Punjab, India. Este canal tiene 64 km de longitud y una capacidad de 354 m³/s. El canal se utiliza para dos centrales hidroeléctricas y después de estas para riego. Una descripción más detallada se encuentra en "Water Power Development", Emil Mosonyi, Volumen I, 1957.

Actualmente, se está construyendo un proyecto que posiblemente no tiene precedentes en el mundo y que permitirá el riego de 2.5 millones de hectáreas. Este proyecto, "Narmada River Irrigation Project", está localizado en el estado de Jugarat sobre el río Narmada y el canal principal tiene 500 km de largo con una capacidad

de 1 200 m³/s, su terminación se prevé para el año de 1991.

9.6.4 Europa

En la referencia mencionada en el párrafo anterior, se presentan ejemplos de canales realmente grandes. El proyecto sobre el Danubio construido conjuntamente entre Checoslovaquia y Hungría incluye un canal para 2 400 m³/s; en Francia se mencionan dos canales, el Donzère-Mondragon sobre el río Rhone, con una capacidad de 1 530 m³/s y el Ottmarsheim, sobre el Rhine, con una de 850 m³/s y una longitud de 17 km y finalmente, uno menor que los anteriores que es el Rapperswil-Auenstein, sobre el río Aare, en Suiza, con capacidad para 350 m³/s.

de 1 200 m³/s, su terminación se prevé para el año de 1991.

Europa 9.6.4

En la referencia mencionada en el párrafo anterior, se presentan ejemplos de canales realmente grandes. El proyecto sobre el Danubio construido conjuntamente entre Checoslovaquia y Hungría incluye un canal para 2 400 m³/s; en Francia se mencionan dos canales, el Donzère-Mondragon sobre el río Rhone, con una capacidad de 1 530 m³/s y el Ottmarheim, sobre el Rhine, con una de 850 m³/s y una longitud de 17 km y finalmente, uno menor que los anteriores que es el Ruppertsweil-Auenstein, sobre el río Aare, en Suiza, con capacidad para 350 m³/s.

CAPITULO X

Aspectos ambientales

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El presente estudio ha sido realizado con el propósito de proporcionar información sobre los aspectos ambientales que deben tenerse en cuenta en el diseño y construcción de canales de riego. Se ha tratado de presentar una visión general de los problemas que se plantean en este campo, así como de indicar algunas de las medidas que pueden adoptarse para evitar o reducir al mínimo los impactos negativos que pueden producirse. Se recomienda que, en el momento de diseñar un canal de riego, se realice un estudio ambiental que permita conocer los efectos que el canal tendrá sobre el medio ambiente y que se tomen las medidas necesarias para evitar o reducir dichos efectos. Asimismo, se recomienda que se establezcan mecanismos de control y vigilancia que permitan asegurar que el canal se construya y opere de acuerdo con lo planeado y que se eviten los impactos negativos que pueden producirse.

En el momento de diseñar un canal de riego, se debe tener en cuenta no sólo los aspectos técnicos, sino también los aspectos ambientales. Esto implica que se debe realizar un estudio ambiental que permita conocer los efectos que el canal tendrá sobre el medio ambiente y que se tomen las medidas necesarias para evitar o reducir dichos efectos. Asimismo, se recomienda que se establezcan mecanismos de control y vigilancia que permitan asegurar que el canal se construya y opere de acuerdo con lo planeado y que se eviten los impactos negativos que pueden producirse.

CAPITULO X

IMPACTO AMBIENTAL

10.1 MEDIO FISICO Y BIOLOGICO

El embalse del río Humea es el de mayor tamaño entre los proyectos estudiados en las cuencas de los ríos Negro-Guayuriba y hoyas vecinas. El nivel máximo normal del embalse localizado en la cota 405, inundará una extensión de 9 300 ha en una región que posee una gran riqueza y diversidad biológica. Sin embargo, por el posible lapso de varios años entre la situación actual y la ejecución del proyecto, la región seguramente se transformará significativamente. En la actualidad se aprecia un proceso de desmonte paulatino del bosque aún existente tendiente a aprovechar la existencia de suelos aptos para la agricultura principalmente en los valles de los ríos Gazamumo y Gazatavena. La inundación de tierras potencialmente valiosas podrá en parte compensarse con un adecuado manejo del recurso ictiológico en el futuro embalse, de tal forma que se garantice una productividad pesquera sostenida y abundante.

El río Humea aguas abajo de la presa experimentará inicialmente una fuerte disminución de su caudal (período de llenado) y luego una regulación y un aumento de su caudal natural (período de operación). Con los canales y embalses de desviación proyectados, el río recibirá 72 m³/s del río Negro y 39 m³/s del río Guacavía, lo cual implica una duplicación de su caudal natural. Igualmente la calidad del agua tanto en el embalse como en el río Humea, se transformará apreciablemente debido a los procesos físicos y biológicos normales en la formación y estabilización de un embalse de esta magnitud. Cabe resaltar la baja relación profundidad media : tiempo de retención, la cual por sí sola indica cierta propensión al desarrollo de condiciones eutróficas. Por tal razón, la protección y el control ambiental en su cuenca son medidas recomendables.

10.2 MEDIO HUMANO

El número total de viviendas rurales que serían afectadas por el proyecto es de aproximadamente 35. La población de Medina ubicada al noroccidente del embalse requerirá de una vía alterna para su comunicación con el Departamento del Meta, la cual ya se encuentra prevista dentro de las obras del proyecto.

10.3 EFECTOS INDIRECTOS

Adicionalmente, debe mencionarse que la construcción del proyecto crea inmensas posibilidades de riego en la región del piedemonte llanero, al regular cerca de 235 m3/s. Esto hará factible el riego en 200 000 ha aproximadamente, conformadas por suelos de clase III y II.

Finalmente cabe mencionar también, las grandes posibilidades de turismo y recreación en los alrededores del embalse que estará localizado a menos de cuatro horas de viaje desde Bogotá.

10.2. METODOS HUMANOS

El número total de viviendas rurales que serían afectadas por el proyecto es aproximadamente 35. La población de Medina ubicada al noroccidente del municipio requerirá de una vía alternativa para su vinculación con el Departamento del Meta, la cual ya se encuentra prevista dentro de las obras del proyecto.

10.3. EFECTOS INDIRECTOS

Adicionalmente, debe mencionarse que la construcción del proyecto crea nuevas posibilidades de riego en la región del piedemonte. La zona fértil cercana a Bogotá, al regular cerca de 388 m³/s. Esto hará factible el riego en 200 000 ha aproximadamente, conformadas por suelos de clase III y II.

Finalmente cabe mencionar también, las grandes posibilidades de turismo y recreación en las alrededores del embalse que estará localizado a menos de cuatro horas de viaje desde Bogotá.

CAPITULO XI

Costos y presupuesto

CAPITULO XI
COSTOS Y PRESUPUESTO

11.1 GENERALIDADES

En este capítulo se describe el método empleado para determinar los precios unitarios y los costos del proyecto Humea y de la conducción Guatiquía a Humea y se presenta el presupuesto resumido de los esquemas escogidos.

11.2 PRECIOS UNITARIOS

El estudio de precios unitarios se llevó a cabo mediante un análisis de los precios de proyectos similares. Para esto se recopiló la información existente en el país de proyectos hidroeléctricos, los unos en etapa de construcción tales como Chivor II, Chingaza, Mesitas, San Carlos, Betania, Guavio, Salvajina y Jaguas, otros con estudio de factibilidad, Urrá y Miel I.

Los precios anteriores se actualizaron a julio de 1982 aplicándoles un índice de corrección cuyo valor promedio fue de 11.8% anual. Este índice se dedujo teniendo en cuenta las variaciones que existieron en el período transcurrido para bienes de capital, tanto nacionales como extranjeros, para equipo y para costos del personal obrero y administrativo en el país. Estos datos fueron tomados de publicaciones emitidas por el Banco de la República, Dane, Asociación Colombiana de Ingenieros Contratistas, Ministerio de Obras Públicas y Transporte, Guía LEC de la construcción y otras publicaciones.

La comparación de los precios seleccionados y actualizados a julio de 1982 llevaron finalmente a la adopción de los precios unitarios que aparecen en el presupuesto detallado que se presenta en el Anexo No. 2.

10.0 %
8.0 %
1.0 %
0.8 %
16.0 %

11.3 PRESUPUESTOS

Los presupuestos del proyecto incluyen partidas para la adquisición de tierras, habitantes, construcción y relocalización de vías de acceso, campamentos, construcción de obras civiles, adquisición y montaje de equipos electro-mecánicos, y demás obras complementarias.

Los estimativos de costos están basados en las cantidades de obra resultantes de los esquemas presentados y de los precios unitarios o globales correspondientes.

En los presupuestos se incluyó una partida para imprevistos equivalente al 15% del costo directo de construcción, con el fin de subsanar cualquier omisión y aproximación en los estimativos y para tener en cuenta futuros cambios en el diseño.

Los presupuestos así conformados se adicionarán con una partida para cubrir los gastos de ingeniería previos a la construcción de las obras y los costos de interventoría y administración por parte de la EEEB durante la ejecución del proyecto, cuyo valor se estimó en el 10% del costo directo.

En el Cuadro No. 11.1, se presenta el presupuesto resumido del proyecto Humea.

11.4 COSTOS DE ENERGIA Y CAPACIDAD INSTALADA

Para estimar el costo de generación por kilovatio-hora se calcularon los costos anuales de los proyectos, los cuales divididos por la energía promedio generada anualmente da el costo por kilovatio hora.

Los costos anuales se estimaron, con un criterio conservador, en un 14% del costo total de construcción, con base en los siguientes rubros :

- Rendimiento de la Inversión	10.0 %
- Amortización en 50 años	2.0 %
- Operación y mantenimiento	1.5 %
- Reparaciones mayores	0.5 %
	<hr/>
	14.0 %

CUADRO 11.1
PROYECTO HUMEA
PRESUPUESTO RESUMEN

ITEM	Costo Miles US \$
1. Infraestructura	
- Obra Civil	31 110
- Equipos	300
Subtotal	31 410
2. Presa y Obras Anexas	
- Obra Civil	57 855
- Equipos	500
Subtotal	58 355
3. Conducción	
- Obra Civil	23 530
- Equipos	9 000
Subtotal	32 530
4. Desviación Guatiquía-Humea	
- Obra Civil	71 430
- Equipos	2 310
Subtotal	73 740
5. Central	
- Obra Civil	20 800
- Equipos	65 335
Subtotal	86 135
TOTAL OBRA CIVIL	204 775
TOTAL EQUIPOS	77 445
TOTAL COSTO DIRECTO	282 220
IMPREVISTOS (15%)	42 340
INGENIERIA Y ADMINISTRACION (10%)	28 440
TOTAL COSTO DE CONSTRUCCION	353 000
COSTO POR KW INSTALADO	US\$ 767
COSTO ENERGIA PROMEDIO	US\$ Mils/kWh 26.2
COSTO ENERGIA CONFIABLE	US\$ Mils/kWh 30.5

CAPITULO XII

PROGRAMAS DE CONSTRUCCION Y DESEMBOLSOS

12.1 GENERALIDADES

En este capítulo se presentan en programa de construcción de las obras y el programa de desembolsos basado en el anterior. El tiempo del programa de construcción se cuenta a partir de la apertura de la licitación de las obras civiles principales y por lo tanto no incluye el tiempo necesario para la elaboración de diseños de licitación ni de la aprobación del crédito de las entidades financieras.

12.2 PROGRAMA DE CONSTRUCCION

La duración total de la construcción, incluyendo la licitación, adjudicación y contratación de las obras civiles, será de 60 meses.

En el proyecto Humea, la construcción de la presa representa la actividad crítica. Esta actividad, incluyendo la preparación de los estribos, la adecuación de las fuentes de materiales, inyecciones y rellenos, se iniciará en agosto del año 2 y tomará 41 meses. La presa requeriría 6.45 Mm³ de material que se colocará a una tasa de 10 000 m³ por día, con lo cual esta actividad se ejecutará en 30 meses, a partir de julio del año 3.

La atagüa y desviación se iniciarán en enero del año 2.

El llenado del embalse se iniciará a mediados de marzo del año 5 y la primera unidad empezará a generar en octubre, de ese año, cuando el embalse alcance la cota 387.

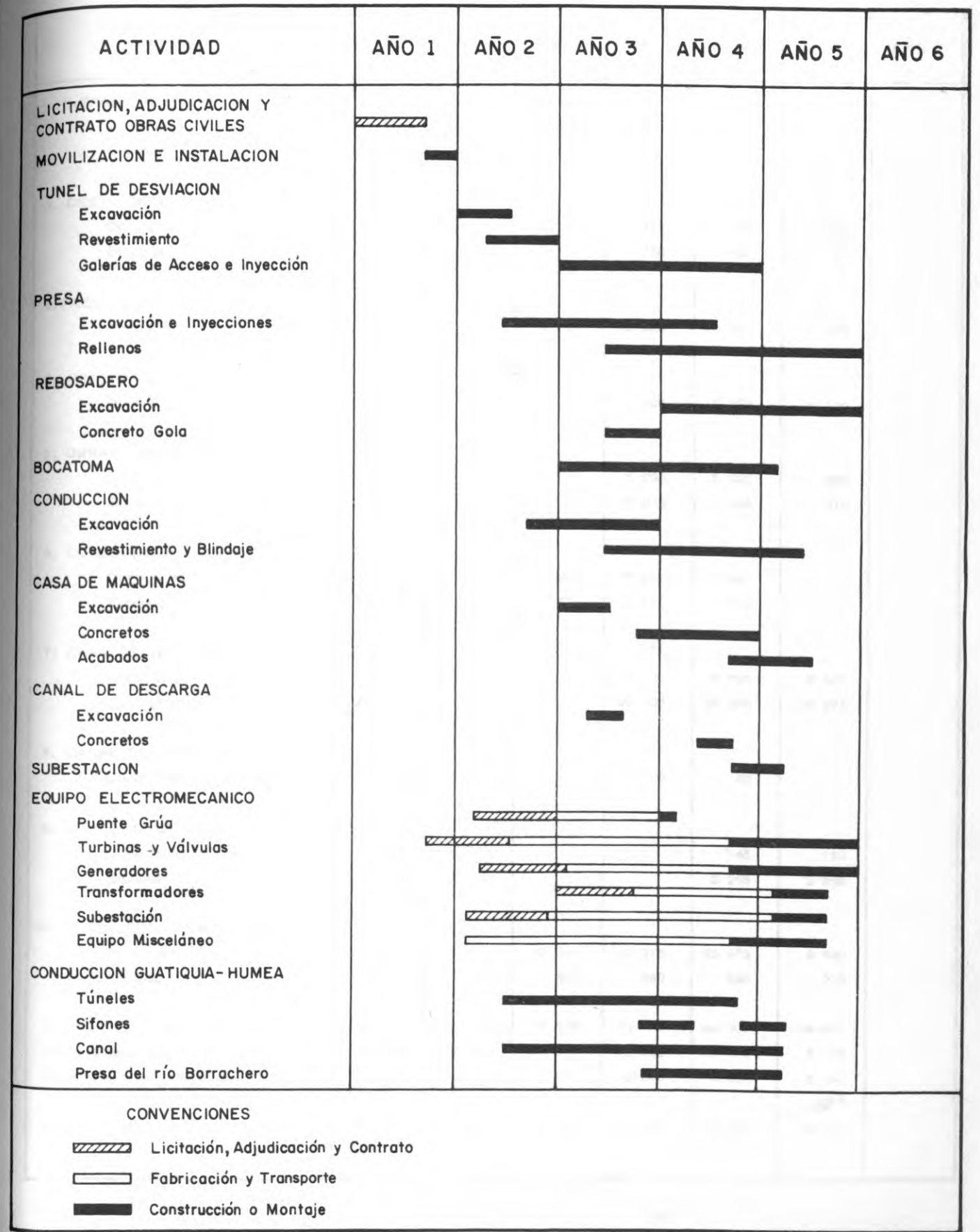
En el plano H-15 se muestra el programa de construcción y se indican, con diferentes convenciones, las etapas de licitación, adju

dicación y contratación; la fabricación y transporte y la construcción o montaje.

12.3 PROGRAMA DE DESEMBOLSOS

Basado en el programa de construcción descrito en el numeral anterior se preparó un programa de desembolsos anuales para el período de construcción de las obras. Dichos desembolsos no incluyen ni la escalación de los costos durante este período ni los costos de financiación de los préstamos. El resumen del programa de desembolsos se presenta en el Cuadro 12.2

CUADRO 12.1
PROYECTO HUMEA
PROGRAMA DE CONSTRUCCION



CONVENCIONES

- [Hatched box] Licitación, Adjudicación y Contrato
- [White box] Fabricación y Transporte
- [Solid black box] Construcción o Montaje

CUADRO 12.1
PROYECTO HUMEA
PROGRAMA DE CONSTRUCCION

ACTIVIDAD	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6
1. INFRAESTRUCTURA						
Obra Civil						
Equipos						
2. DESVIACION						
Obra Civil						
Equipos						
3. PRESA						
Obra Civil						
4. REBOSADERO						
Obra Civil						
5. OBRAS DE CAPTACION						
Obra Civil						
Equipos						
6. CONDUCCION						
Obra Civil						
Equipos						
7. CASA DE MAQUINAS						
Obra Civil						
Equipos						
8. CANAL DE DESCARGA						
Obra Civil						
9. SUBESTACION						
Obra Civil						
Equipos						
10. CONDUCCION GUATIQUEA-HUMEA						
Obra Civil						
Equipos						
TOTAL COSTO DIRECTO						
Imprevistos 15 %						
Ingeniería y Administración 10%						
TOTAL COSTO DE CONSTRUCCION						

CUADRO 12.2
PROYECTO HUMEA
PROGRAMA DE DESEMBOLSOS

ITEM	TOTAL	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6
1. INFRAESTRUCTURA							
Obra Civil	31,110	15,555	15,555				
Equipos	300	150	150				
2. DESVIACION							
Obra Civil	5,810		1,785	1,785	1,785	455	
Equipos	500		150	150	150	50	
3. PRESA							
Obra Civil	35,965		4,390	10,525	10,525	10,525	
4. REBOSADERO							
Obra Civil	16,080			3,325	6,655	6,100	
5. OBRAS DE CAPTACION							
Obra Civil	10,950			5,050	5,050	850	
Equipos	4,000			1,845	1,845	310	
6. CONDUCCION							
Obra Civil	12,630		1,460	5,830	5,340		
Equipos	5,000		575	2,310	2,115		
7. CASA DE MAQUINAS							
Obra Civil	20,395			6,795	6,795	6,805	
Equipos	60,805			20,265	20,265	20,275	
8. CANAL DE DESCARGA							
Obra Civil	110			60	50		
9. SUBESTACION							
Obra Civil	295				145	150	
Equipos	4,530				2,265	2,265	
10. CONDUCCION GUATIQUEA-HUMEA							
Obra Civil	71,430		12,990	25,975	25,975	6,490	
Equipos	2,310		420	840	840	210	
TOTAL COSTO DIRECTO	282,220	15,705	37,475	84,755	89,800	54,485	
Imprevistos 15 %	42,340	2,355	5,615	12,720	13,475	8,175	
Ingeniería y Administración 10%	28,440	1,580	3,770	8,545	9,055	5,490	
TOTAL COSTO DE CONSTRUCCION	353,000	19,640	46,860	106,020	112,330	68,130	

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA
BIBLIOTECA

ANEXO 1

Datos básicos

PROGRAMA DE DESEMBOLOSOS
PROYECTO HUMBA
CUADRO 12.2

ITEM	TOTAL	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
1. INGRESOS	12 000	12 000				
2. DESVIACION	5 810	1 750	1 750	1 750	1 750	450
3. PRESA	40 000		40 000			
4. RECONSTRUCCION	10 000		10 000			
5. OBRAS DE CARRETERA	10 000		10 000			
6. CONSTRUCCION	10 000		10 000			
7. CASA DE ALMACEN	10 000		10 000			
8. CARRIL DE FERROCARRIL	10 000		10 000			
9. SUPLENTE	10 000		10 000			
10. OBRAS DE RECONSTRUCCION	10 000		10 000			
TOTAL	120 000	120 000	120 000	120 000	120 000	120 000

Ministerio de Minas y Energía

ANEXO No. 1
PROYECTO HUMEA
INFORMACION BASICA

POTENCIA Y ENERGIA

Capacidad Instalada	460	MW
Energía promedio anual ($f_p = 0.47$)	215	MW
Energía confiable anual ($f_p = 0.44$)	205	MW

HIDROLOGIA

Río Humea

- Area de la cuenca	950	km ²
- Precipitación media anual	3 840	mm
- Caudal medio	115	m ³ /s
- Creciente máxima probable	9 000	m ³ /s
- Volumen anual de sedimentos	1.8	Mm ³

Río Guacavía y Afluentes

- Area de la cuenca	356	km ²
- Precipitación media anual	6 000	mm
- Caudal medio	62 .5	m ³ /s

Caudales Aprovechados

- Río Humea	115	m ³ /s
- Río Guacavía y afluentes	39	m ³ /s
- Proyecto Guayabeta	72	m ³ /s

Caudal Total	226	m ³ /s
--------------	-----	-------------------

NIVELES PRINCIPALES Y SALTO

Cresta de la presa	413	
Nivel fundación del núcleo	275	
N.A. máximo normal	405	
N.A. mínimo	370	
N. eje de turbinas	276	
Salto máximo bruto	129	m
Salto mínimo bruto	93	m
Salto neto de diseño	106	m

EMBALSE

Area	9 300	ha
Volumen total	4 120	Mm3
Volumen útil	2 400	Mm3

PRESA

Tipo	Gravas con núcleo	
Altura	138	m
Ancho de la cresta	12	m
Longitud de la cresta	430	m
Talud aguas arriba y aguas abajo	2.0 H : 1.0V	

Volúmenes

- Núcleo impermeable	1'330 000	m3
- Filtros y transiciones	430 000	m3
- Gravas	4'740 000	m3
- Ataguía y Berma	54 000	m3
- Total	6'450 000	m3

DESVIACION Y DESCARGA DE FONDO

Ataguía

- Tipo	Enrocado con núcleo	
- Altura	28	m

WM 084
WM 085
WM 086

Sm 080
mm 088 E
a\8m 811
a\8m 000 E
EmM B.1

Sm 080
mm 000 d
a\8m 8, 52

a\8m 1.1
a\8m 1.10
a\8m 1.1
a\8m 3.32

Túnel de Desviación

- Longitud total	850 m
- Sección	Herradura 6.0x 6.0 m
- Capacidad	300 m ³ /s
- Pendiente	7.1 ‰

Descarga de Fondo

- Localización	Túnel de desviación
- Tipo	Compuertas verticales
- Capacidad máxima	78 m ³ /s

REBOSADERO

Tipo	Canal rectangular
Ancho	60 m
Longitud	550 m
Control	Gola de concreto
Longitud gola	180 m
Caudal de diseño	4 650 m ³ /s
Cota de Gola	405 m

BOCATOMA

Canal de Aducción

Longitud	230 m
Ancho variable	70 a 50 m
Cota Canal	348 m

Estructura de Captación

Tipo	Torres-aducción frontal con rejas coladeras
Altura	62 m
Compuertas	2 principales y 2 auxiliares.
Dimensiones Compuertas	5.5 x 7.6 m

CONDUCCIONES DE CARGA

Pozo de Presión

- Número	2	
- Diámetro	7.6	m
- Longitud total	145	m
- Inclinación	45	°

Tubería de Carga Subterránea

- Número	2	
- Diámetro	7.2	m
- Longitud total	865	m
- Pendiente	10	%

CASA DE MAQUINAS

Tipo	Superficial
Capacidad instalada	460 MW
Número de unidades	2

Turbinas

- Tipo	Francis, eje vertical
- Número de unidades	2
- Descarga nominal	252 m ³ /s
- Salto neto de diseño	106 m
- Potencia nominal por unidad	240 MW
- Velocidad sincrónica	150 rpm

Generadores

- Tipo	Sincrónicos, eje vertical.
- Número de unidades	2
- Voltaje nominal	13.8 a 18.0 kV
- Potencia nominal	246 MVA, At 60° C.
- Velocidad sincrónica	150 rpm
- Factor de potencia	0.95 en retardo

Transformadores

- Tipo
- Número de unidades
- Voltaje de alta
- Voltaje de bajas
- Potencia nominal
- Enfriamiento

Monofásico
 7
 230 kV
 13.8 a 18.0 kV
 94 MVA, Δt, 65° C.
 FOA

Canal de Descarga

- Sección
- Longitud
- Contra pendiente

Rectangular
 90 m
 6.0 H : 1.0 V

CARRETERAS

Relocalización a Medina :

- Longitud

26 km

Carreteras Secundarias :

- Longitud

2 km

SUBESTACION

Patio de Subestación

- Localización

Margen derecha río Humea. Frente a casa de máquinas.

CONDUCCION GUATIQUEA-HUMEA

Túnel Guatiquía-La Camelia

- Longitud : sifón
- túnel
- Caudal de diseño

490 m
 6.4 km
 125 m³/s

Sección
Pendiente

Herradura 6.3 x 6.3 m
0.5 %

Canal La Camelia-Guacavía

Longitud
Caudal de diseño
Caudal medio
Sección
Dimensiones
Taludes
Pendiente

12.0 km
125 m³/s
72 m³/s
Trapezoidal revestido
b=10 m h=3.4 m
1.0 H : 1.0 V
0.1 %

Canal Guacavía-Borrachero

Longitud
Caudal de diseño
Caudal medio
Sección
Dimensiones
Taludes
Pendiente

11.0 km
190 m³/s
111 m³/s
Trapezoidal revestido
b=12 m h=3.8 m
1.0 H : 1.0 V
0.1 %

Canal Borrachero-Humea

Longitud (en dos tramos)
Caudal de diseño
Sección
Dimensiones
Taludes
Pendiente

1.5 km
120 m³/s
Trapezoidal sin revestir
b=10 m h=3.4 m
1.0 H : 1.0 V
0.1 %

Túnel Caño Sucio-Humea

Longitud
Caudal de diseño
Sección
Pendiente

1.5 km
120 m³/s
Herradura 5.5 x 5.5 m
1 %

Rebosadero 2.0 x 3.0 m

2.0

1.0 m

1.0 m/s

1.0 m/s

Rebosadero revestido

2.0 x 3.0 m

1.0 m

1.0 m/s

1.0 m/s

1.0 m

1.0 m/s

1.0 m/s

Rebosadero revestido

2.0 x 3.0 m

1.0 m

1.0 m/s

1.0 m/s

1.0 m

1.0 m/s

Rebosadero sin revestir

2.0 x 3.0 m

1.0 m

1.0 m/s

1.0 m/s

1.0 m

1.0 m/s

Rebosadero 2.0 x 3.0 m

1.0 m

Presa Río Borrachero

Tipo	Gravas con núcleo
Altura	45 m.
Ancho de la cresta	10 m.
Longitud de la cresta	393 m.
Taludes	2.0 H : 1.0 V.
Volumen Total	960 000 m ³

Niveles Principales

Nivel de la Cresta	425
N.A. Máximo Normal	421
N.A. Mínimo	414

Desviación

Tipo	Conducto de Concreto
Diámetro	4.0 m.
Longitud	160 m.
Capacidad	310 m ³ /s

Rebosadero

- Tipo	Canal Rectangular
- Longitud Gola	230 m.
- Caudal de diseño	1 080 m ³ /s

Presas de Captación

Caudales Medios Desviados :	
- Río Guacavía	19.0 m ³ /s
- Río Niporé	4.1 m ³ /s
- Río Piri	5.0 m ³ /s
- Río Guajaray	5.6 m ³ /s
- Río Borrachero	5.3 m ³ /s

Gravas con núcleo
 45 m.
 10 m.
 393 m.
 S.O.H.: 1.0 V.
 980 000 m³

Conducto de Concreto
 4.0 m.
 180 m.
 310 m³/s

Canal Rectangular
 230 m.
 1 080 m³/s

19.0 m³/s
 4.1 m³/s
 5.0 m³/s
 5.6 m³/s
 5.3 m³/s

Presas Río Borrachero

Tipo
 Altura
 Ancho de la cresta
 Longitud de la cresta
 Taludes
 Volumen Total

Niveles Principales

Nivel de la Cresta
 N.A. Máximo Normal
 N.A. Mínimo

Desviación

Tipo
 Diámetro
 Longitud
 Capacidad

Pedreguero

- Tipo
 - Longitud Gola
 - Caudal de diseño

Presas de Capación

Caudales Medios Desviados:
 - Río Guacvita
 - Río Niporé
 - Río Pirí
 - Río Guajaray
 - Río Borrachero

ANEXO 2

Presupuesto detallado

ANEXO 2
PRESUPUESTO
PROYECTO HUMEA

<u>No.</u>	<u>Item</u>	<u>Unidad</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Precio Unitario US \$</u>	<u>Precio Total 1 000 US \$</u>
1.	INFRAESTRUCTURA				
1.1	<u>Obra Civil</u>				
1.1.1	Adquisición de Tierras				
	Embalse	ha	11 500	2 000	23 000
	Canal	ha	200	1 500	300
	Subtotal 1.1.1				23 300
1.1.2	Campamentos	SG			5 000
	Subtotal 1.1.2				5 000
1.1.3	Carreteras				
	Relocalizada a Medina	km	26	100 000	2 600
	De acceso	km	2	80 000	160
	Subtotal 1.1.3				2 760
1.1.4	Energía de Construcción				
	Obra Civil	SG			50
	Subtotal 1.1.4				50
	Subtotal 1.1				31 110
1.2	<u>Equipos</u>				
1.2.1	Energía de Construcción				
	Subestación	SG			300
	Subtotal 1.2.1				300

ANEXO 2
PRESUPUESTO
PROYECTO HÚMEA

No.	Item	Unidad	Cantidad	Precio Unitario US \$	Precio Total 1 000 US \$
1.1	Infraestructura				
1.1.1	Obra Civil				
1.1.1.1	Adquisición de Tierras	ha	11 500	2 000	23 000
1.1.1.2	Empalme Canal	ha	500	1 800	900
	Subtotal 1.1.1				23 900
1.1.2	Cambios	SG			2 000
	Subtotal 1.1.2				2 000
1.1.3	Cámaras				
1.1.3.1	Relocalización e Instalación	km	25	100 000	2 500
1.1.3.2	De acceso	km	2	80 000	160
	Subtotal 1.1.3				2 660
1.1.4	Energía de Construcción				
1.1.4.1	Obra Civil	SG			50
	Subtotal 1.1.4				50
	Subtotal 1.1				31 110
1.2	Equipos				
1.2.1	Energía de Construcción				
1.2.1.1	Subestación	SG			300
	Subtotal 1.2.1				300

No.	Item	Unidad	Cantidad	Precio Unitario US \$	Precio Total 1 000 US \$
	Subtotal 1.2				300
	Total Item 1				31 410
2.	PRESA Y OBRAS ANEXAS.				
2.1	Obra Civil				
2.1.1	Desviación y manejo del río.				
	Túnel de Desviación				
	Excavación :				
	En portales	m3	1 000	10	10
	En túnel	m3	40 000	65	2 600
	Concreto				
	Portales	m3	1 000	160	160
	Revestimiento y solera	m3	11 900	160	1 900
	Neumático	m3	1 600	280	450
	Soportes de acero	ton	10	2 500	25
	Manejo del río	SG			200
	Descarga de Fondo				
	Tapón de concreto	m3	450	100	45
	Galería acceso cámara de compuertas.	ml	140	1 500	210
	Galería de acceso	ml	85	1 200	100
	Túnel by-pass	m3	830	60	50
	Pozo compuerta	m3	150	170	25
	Inyecciones	ml	500	70	35
	Subtotal 2.1.1				5 810
2.1.2	Presa y Atagüa				
	Excavaciones :				
	Fondo del río	m3	50 000	7.5	375
	Gravas	m3	4'740 000	5	23 700

No.	Item	Unidad	Cantidad	Precio Unitario US \$	Precio Total 1 000 US \$
2.1.1	Desviación y manajo del río				
	Túnel de Desviación				
	Excavación				
	En portales	m3	1 000	10	10
	En túnel	m3	40 000	85	3 400
	Concreto				
	Portales	m3	1 000	180	180
	Revestimiento y solera	m3	11 900	180	2 142
	Neumático	m3	1 800	280	504
	Soportes de acero	ton	10	2 500	25
	Manajo del río	SG			500
	Descarga de Fondo				
	Tabón de concreto	m3	450	100	45
	Galería acceso cámara				
	de compuertas	m1	140	1 500	210
	Galería de acceso	m1	85	1 200	100
	Túnel by-pass	m3	830	80	66
	Pozo compuerta	m3	150	170	25
	Inyecciones	m1	500	70	35
	Subtotal 2.1.1				5 810
2.1.2	Presas y Obras ANE				
	Excavaciones				
	Puerto del río	m3	20 000	7,5	1 500
	Clavos	m3	4 740 000	5	23 700
	Subtotal 2.1.2				24 200
	Obra Civil				
	Total Item 1				31 410
	Subtotal 1.2				300

No.	Item	Unidad	Cantidad	Precio Unitario US \$	Precio Total 1 000 US \$
	Núcleo	m3	1'330 000	5	6 650
	Filtros y transiciones	m3	430 000	10	4 300
	Galerías de inyecciones y drenaje	m1	225	750	170
	Inyecciones	m1	11 000	70	770
	Subtotal 2.1.2				35 965
2.1.3	Rebosadero				
	Excavación				
	A tajo abierto	m3	3'000 000	5	15 000
	Concreto				
	Gola	m3	10 000	100	1 000
	Varios	SG			80
	Subtotal 2.1.3				16 080
	Subtotal 2.1				57 855
2.2	Equipos				
2.2.1	Desviación				
	Compuertas	SG			400
	Compuerta pozo	SG			100
	Subtotal 2.2.1				500
	Subtotal 2.2				500
	Total Item 2				58 355
3.	CONDUCCION				
3.1	Obra Civil				
3.1.1	Bocatoma				
	Excavación :				
	A tajo abierto	m3	800 000	4	3 200
	Subtotal 3.1.1				3 200

No.	Item	Unidad	Cantidad	Precio Unitario US \$	Precio Total 1 000 US \$
3.1.1	Reposadero	m3	1 380 000	5	6 900
3.1.1	Excavación A tajo abierto	m3	430 000	10	4 300
3.1.1	Concreto	m3	225	750	170
3.1.1	Goles	m3	11 000	70	770
3.1.1	Varros	SG			
3.1.1	Subtotal 3.1.1				35 985
3.1.2	Equipos				
3.1.2	Desviación	SG			400
3.1.2	Computas	SG			100
3.1.2	Subtotal 3.1.2				500
3.1.2	Subtotal 3.1				500
3.1.2	Total Item 3				55 985

No.	Item	Unidad	Cantidad	Precio Unitario US \$	Precio Total 1 000 US \$
4.	Concreto				
4.	Estructura de captación	m3	3 500	200	700
4.	Puente de acceso	m3	225	200	50
4.	Acero de refuerzo	ton	4 650	1 500	7 000
4.	Subtotal 3.1.1				10 950
3.1.2	Túnel de Carga				
3.1.2	Excavación :				
3.1.2	Pozos	m3	9 000	140	1 260
3.1.2	Túneles	m3	57 500	65	3 735
3.1.2	Galería de drenaje	m3	240	1 500	360
3.1.2	Concreto				
3.1.2	Revestimiento pozo	m3	3 000	160	480
3.1.2	Detrás blindaje	m3	21 000	160	3 360
3.1.2	Neumático	m3	2 500	280	700
3.1.2	Acero de refuerzo	ton	1 160	1 500	1 740
3.1.2	Pernos	m3	21 500	30	645
3.1.2	Inyecciones	m3	5 000	70	350
3.1.2	Subtotal 3.1.2				12 630
3.1.2	Subtotal 3.1				23 580
3.2	Equipos				
3.2.1	Bocatoma				
3.2.1	Equipo de captación	SG			4 000
3.2.1	Subtotal 3.2.1				4 000
3.2.2	Túnel de Carga				
3.2.2	Blindajes	SG			5 000
3.2.2	Subtotal 3.2.2				5 000
3.2.2	Subtotal 3.2				9 000
3.2.2	Total Item 3				32 580

No.	Item	Unidad	Cantidad	Precio Unitario US \$	Precio Total 1 000 US \$
4.1.1	Subtotal 4.1.1				10 850
4.1.2	Túnel de Guatiquía - La Camelia				
	Excavación	m3	9 000	1 80	1 620
	Concreto	m3	27 000	85	2 295
	Acero de refuerzo	ton	240	1 500	360
	Subtotal 4.1.2				4 275
4.1.3	Canal La Camelia-Guacavía				
	Desmante y descapote	ha	60	1 000	60
	Excavaciones	m3	280 000	2.5	700
	Terraplenes	m3	98 000	5.0	490
	Concreto	m3	25 300	120	3 035
	Acero de refuerzo	ton	500	1 500	750
	Estructuras	SG			500
	Sifones	m1	350	6 800	2 380
	Subtotal 4.1.3				7 915
	Subtotal 4.1				25 880

No.	Item	Unidad	Cantidad	Precio Unitario US \$	Precio Total 1 000 US \$
4.	DESVIACION GUATIQUIA - HUMEA.				2 200
4.1	Obra Civil				
4.1.1	Sifón río Guatiquía				
	Excavación	m3	71 000	2.5	175
	Concreto	m3	7 300	160	1 170
	Acero de refuerzo	ton	1 350	1 500	2 025
	Subtotal 4.1.1				3 370
4.1.2	Túnel Guatiquía - La Camelia.				
	Excavación	m3	237 500	70	16 625
	Concreto :				
	Neumático	m3	16 500	280	4 620
	Solera	m3	4 600	180	830
	Soportes de acero	ton	2 100	2 500	5 250
	Pernos	m1	34 500	30	1 035
	Subtotal 4.1.2				28 360
4.1.3	Canal La Camelia-Guacavía.				
	Desmante y descapote	ha	60	1 000	60
	Excavaciones	m3	280 000	2.5	700
	Terraplenes	m3	98 000	5.0	490
	Concreto	m3	25 300	120	3 035
	Acero de refuerzo	ton	500	1 500	750
	Estructuras	SG			500
	Sifones	m1	350	6 800	2 380
	Subtotal 4.1.3				7 915

No.	Item	Unidad	Cantidad	Precio Unitario US \$	Precio Total 1 000 US \$
4.1.1	Desviación Guatín - Humea	SG			2 200
4.1.1	Subtotal 4.1.1				2 200
4.1.2	Canal Guacavía-Borrachero				13 325
4.1.2	Desmante y descapote	ha	110	1 000	110
4.1.2	Excavaciones	m3	2'243 000	3.0	6 730
4.1.2	Concreto	m3	16 500	120	1 980
4.1.2	Acero de refuerzo	ton	330	1 500	495
4.1.2	Estructuras	SG			540
4.1.2	Sifones	ml	510	6 800	3 470
4.1.2	Subtotal 4.1.2				13 325
4.1.3	Presas y Obras Anexas Río Borrachero				8 000
4.1.3	Desviación y manejo del río	SG			500
4.1.3	Rellenos	SG			4 800
4.1.3	Rebosadero	SG			2 030
4.1.3	Varios	SG			670
4.1.3	Subtotal 4.1.3				8 000
4.1.4	Canal Caño Sucio-Humea				1 690
4.1.4	Desmante y descapote	ha	15	1 000	15
4.1.4	Excavación	m3	450 000	3	1 350
4.1.4	Estructuras	SG			325
4.1.4	Subtotal 4.1.4				1 690
4.1.5	Túnel Caño Sucio				2 950
4.1.5	Excavación	m3	42 180	70	2 950
4.1.5	Concreto neumático	m3	3 325	280	930
4.1.5	Solera	m3	930	180	170

No.	Item	Unidad	Cantidad	Precio Unitario US \$	Precio Total 1 000 US \$
4.1.4	Presas de Desviación	SG			2 200
	Subtotal 4.1.4				2 200
4.1.5	Canal Guacavía-Borrachero				13 325
	Desmante y descapote	ha	110	1 000	110
	Excavaciones	m3	2'243 000	3.0	6 730
	Concreto	m3	16 500	120	1 980
	Acero de refuerzo	ton	330	1 500	495
	Estructuras	SG			540
	Sifones	ml	510	6 800	3 470
	Subtotal 4.1.5				13 325
4.1.6	Presas y Obras Anexas Río Borrachero				8 000
	Desviación y manejo del río	SG			500
	Rellenos	SG			4 800
	Rebosadero	SG			2 030
	Varios	SG			670
	Subtotal 4.1.6				8 000
4.1.7	Canal Caño Sucio-Humea				1 690
	Desmante y descapote	ha	15	1 000	15
	Excavación	m3	450 000	3	1 350
	Estructuras	SG			325
	Subtotal 4.1.7				1 690
4.1.8	Túnel Caño Sucio				2 950
	Excavación	m3	42 180	70	2 950
	Concreto neumático	m3	3 325	280	930
	Solera	m3	930	180	170

Unidad	Cantidad	Precio Unitario US \$	Precio Total 1 000 US \$
SG			2 500
SG			2 500
SG			1 120
SG			8 780
SG			1 960
SG			488
SG			840
SG			3 470
SG			13 925
SG			800
SG			4 800
SG			2 030
SG			870
SG			3 000
SG			12
SG			1 500
SG			350
SG			1 080
SG			2 800
SG			980
SG			170

No.	Item	Unidad	Cantidad	Precio Unitario US \$	Precio Total 1 000 US \$
	Soportes de acero	ton	825	1 500	2 065
	Pernos	m l	15 225	30	455
	Subtotal 4.1.8				6 570
	Subtotal 4.1				71 430
4.2	<u>Equipos</u>				
4.2.1	Canal	SG			1 360
	Subtotal 4.2.1				1 360
4.2.2	Presas	SG			950
	Subtotal 4.2.2				950
	Subtotal 4.2				2 310
	Total Item 4				73 740
5.	<u>CENTRAL</u>				
5.1	<u>Obra Civil</u>				
5.1.1	Casa de máquinas				
	Excavaciones :				
	En roca	m3	170 000	9	1 530
	Varios	SG			3 765
	Rellenos :				
	En tierra	m3	75 000	6	450
	Varios	SG			45
	Concretos :				
	Primarios	m3	35 000	190	6 650
	Secundarios	m3	8 000	200	1 600
	Varios	SG			2 475
	Acero de refuerzo	ton	4 000	1 500	6 000

No.	Item	Unidad	Cantidad	Precio Unitario US \$	Precio Total 1 000 US \$
	Elementos metálicos	ton	500	1 760	880
	Subtotal 5.1.1				20 395
5.1.2	Subestación				
	Rellenos en tierra	m3	9 000	6	55
	Patio de conexiones	SG			150
	Varios	SG			90
	Subtotal 5.1.2				295
5.1.3	Canal de Descarga				
	Excavación	m3	36 500	3	110
	Subtotal 5.1.3				110
	Subtotal 5.1				20 800
5.2	Equipo				
5.2.1	Casa de máquinas				
	Turbinas y reguladores.	SG			14 400
	Puente grúa	SG			1 800
	Varios	SG			3 400
	Generadores	un	2	10'400,000	20 800
	Transformadores	un	7	465,000	3 255
	Juego de Barras	un	2	190,000	380
	Equipo de control y protección.	SG			500
	Servicios auxiliares	SG			670
	Transporte y montaje	SG			15 600
	Subtotal 5.2.1				60 805
5.2.2	Subestación				

No.	Item	Unidad	Cantidad	Precio Unitario US \$	Precio Total 1 000 US \$
	Elementos metálicos	ton	500	1 760	880
	Subtotal 5.1.1				20 395
5.1.2	Subestación				
	Rellenos en tierra	m3	9 000	6	55
	Patio de conexiones	SG			150
	Varios	SG			90
	Subtotal 5.1.2				295
5.1.3	Canal de Descarga				
	Excavación	m3	36 500	3	110
	Subtotal 5.1.3				110
	Subtotal 5.1				20 800
5.2	Equipo				
5.2.1	Casa de máquinas				
	Turbinas y reguladores.	SG			14 400
	Puente grúa	SG			1 800
	Varios	SG			3 400
	Generadores	un	2	10'400,000	20 800
	Transformadores	un	7	465,000	3 255
	Juego de Barras	un	2	190,000	380
	Equipo de control y protección.	SG			500
	Servicios auxiliares	SG			670
	Transporte y montaje	SG			15 600
	Subtotal 5.2.1				60 805
5.2.2	Subestación				

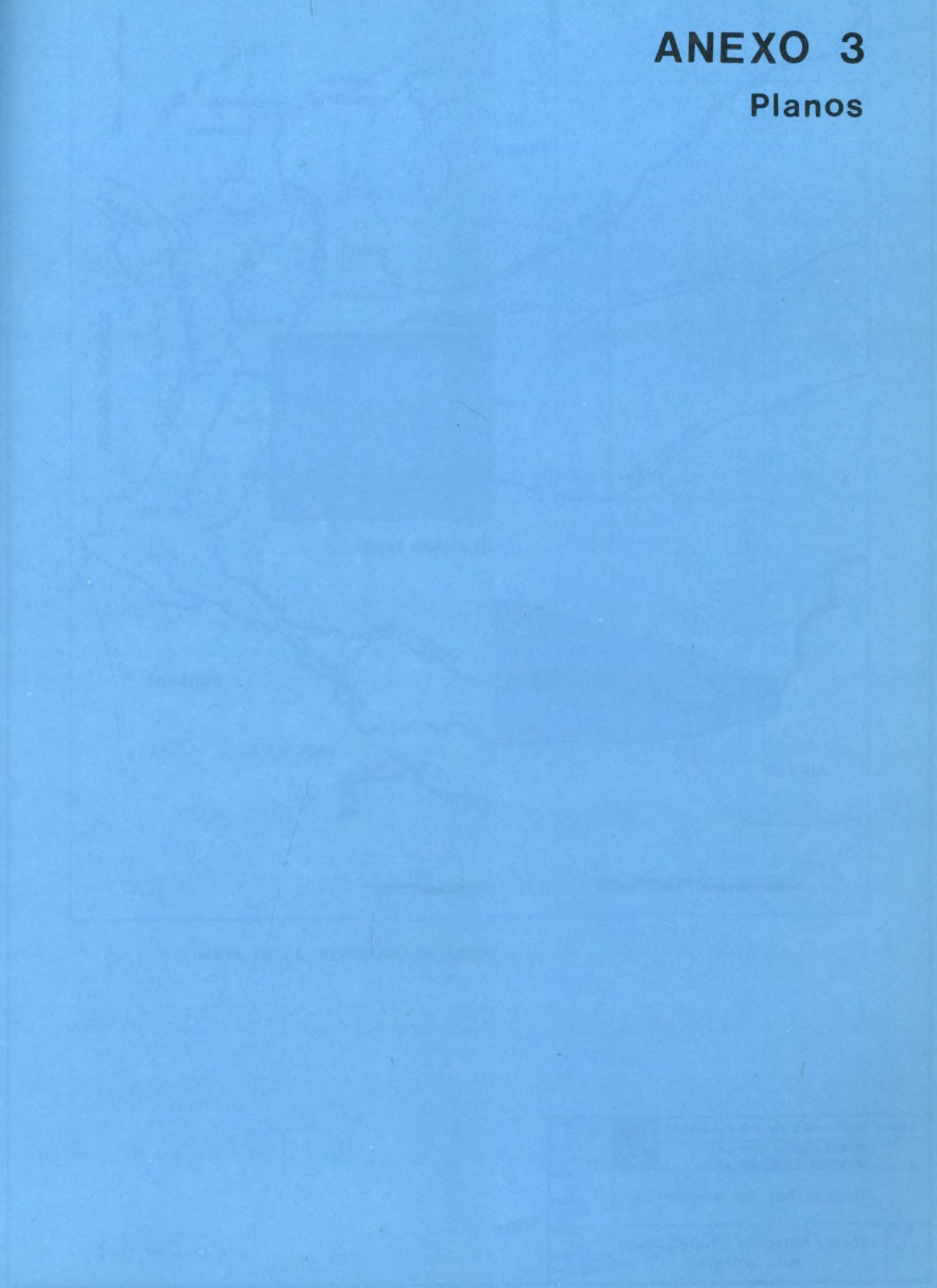
No.	Item	Unidad	Cantidad	Precio Unitario US \$	Precio Total 1 000 US \$
8.1.2	Subestación	SG	1	1 780	1 780
8.1.2	Palancas en tierra	SG	2 000	8	16 000
8.1.2	Patín de conexiones	SG			150
8.1.2	Varios	SG			90
	Subtotal 8.1.2				16 240
8.1.3	Obra de Descarga	m³	300	3	900
	Excavación				110
	Suministro y				50 800
	Suministro				
8.2	Equipos				
8.2.1	Linea de transmisión				
	Transformador 10/100 kV	SG			14 400
	Tramo	SG			1 800
	Placa guía	SG			3 400
	Varios	SG			20 800
	Transectores	SG			10 400
	Transformadores	SG			488 000
	Armas de Barrera	SG			100 000
	Equipos de control y	SG			800
	Instrumentación	SG			510
	Remoción de tierra	SG			12 800
	Transporte y montaje	SG			10 800
	Subtotal 8.2.1				700 800

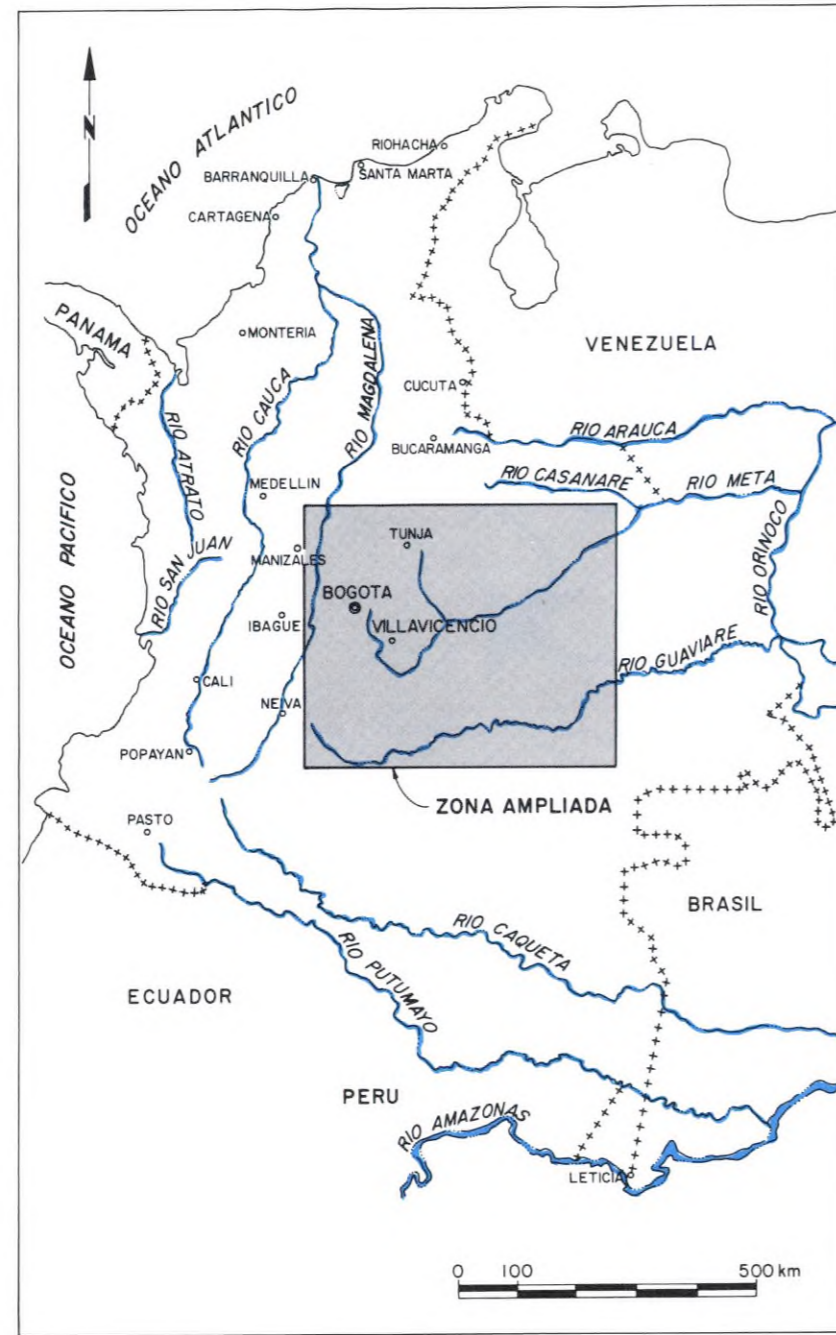
No.	Item	Unidad	Cantidad	Precio Unitario US \$	Precio Total 1 000 US \$
	Subestación de control	SG			2 730
	Varios	SG			1 800
	Subtotal 5.2.2				4 530
	Subtotal 5.2				65 335
	Total Item 5				86 135
	TOTAL OBRA CIVIL				204 775
	TOTAL EQUIPOS				77 445
	TOTAL COSTOS DIRECTOS				282 220
	IMPREVISTOS (15%)				42 340
	INGENIERIA Y ADMINISTRACION (10%)				28 440
	TOTAL COSTO DE CONSTRUCCION				353 000
	COSTO POR KW INSTALADO				767 US\$
	COSTO ENERGIA PROMEDIO	US\$ mils/kWh			26.2
	COSTO ENERGIA CONFIABLE	US\$ mils/kWh			30.5

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario US \$	Precio Total 1 000 US \$
	COSTO ENERGIA CONFIABLE	US \$ mil/kwh		30.5	
	COSTO ENERGIA PROMEDIO	US \$ mil/kwh		28.5	
	COSTO POR KW INSTALADO				787 US \$
	TOTAL COSTO DE CONSTRUCCION				329 000
	INGENIERIA Y ADMINISTRACION (10%)				28 440
	IMPREVISTOS (15%)				42 340
	TOTAL COSTOS DIRECTOS				282 250
	TOTAL EQUIPOS				77 445
	TOTAL OBRA CIVIL				204 775
	Total Item 5				88 138
	Subtotal 5.2				88 335
	Subtotal 5.1				4 230
	Varios	SG			1 800
	Subestación de control	SG			2 730

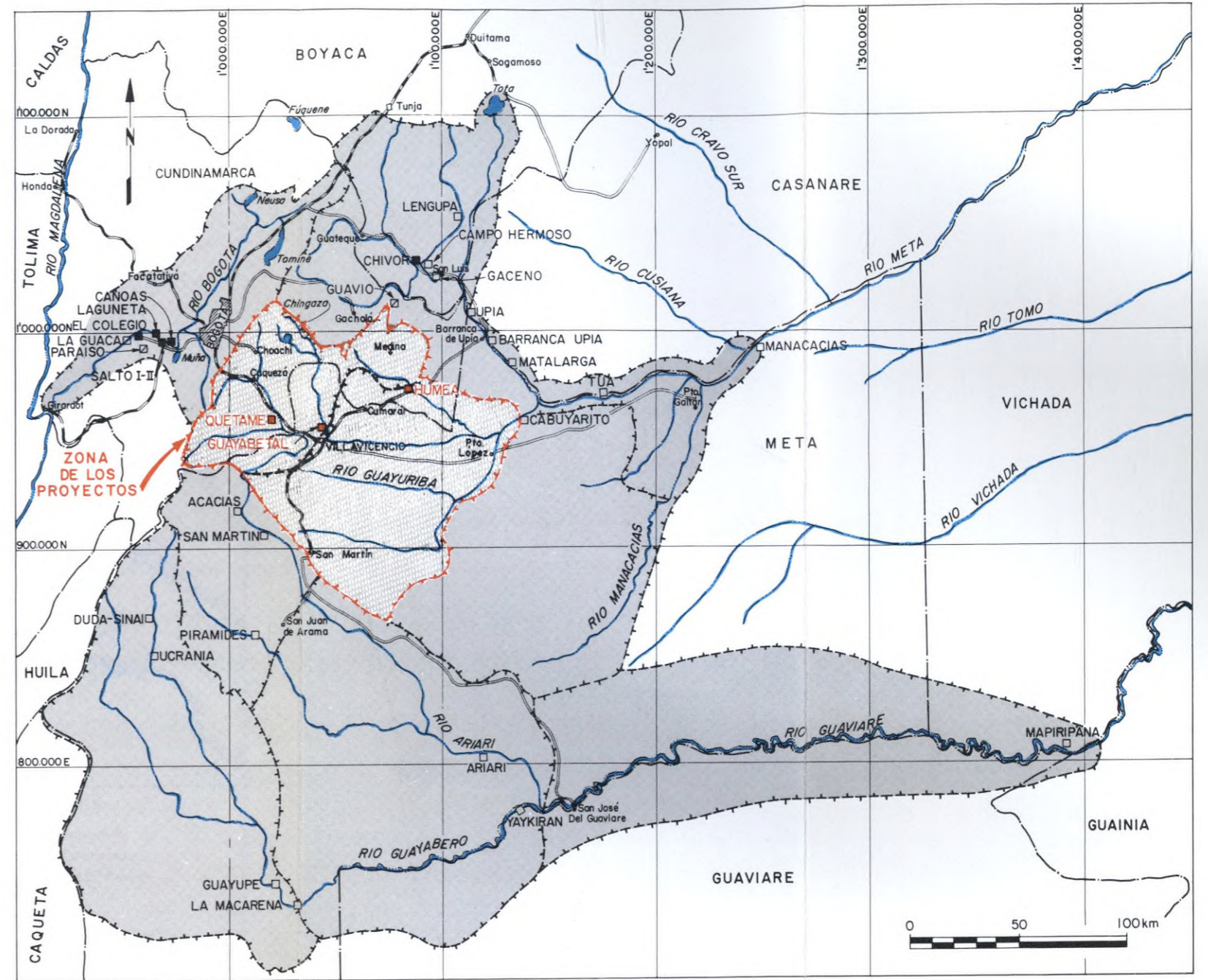
ANEXO 3

Planos





MAPA DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA

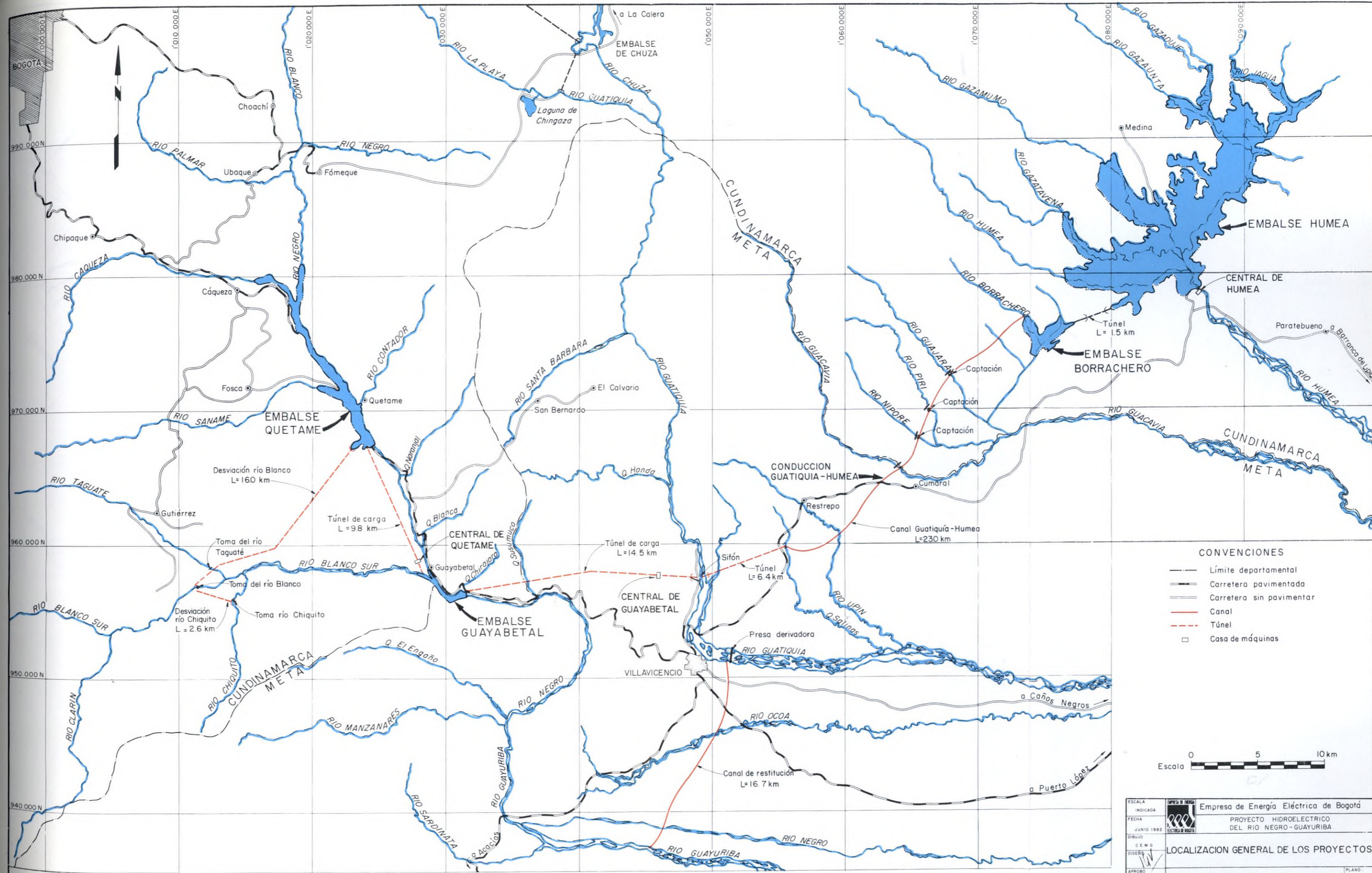


PROYECTOS HIDROELECTRICOS
ZONA ESTUDIADA POR LA E.E.E.B.

CONVENCIONES

- Carretera pavimentada
- Carretera sin pavimentar
- - - Límite departamental
- + + + Límite de hoya hidrográfica
- Central construída
- Central en construcción
- Central en estudio

ESCALA: INDICADA		Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá
FECHA: JUNIO 1982		PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO-GUAYURIBA
DIBUJO: D.I.C.P.		REGION DE LOS ESTUDIOS
DISEÑO:		GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS CIA. LTDA. INTEGRAL LTDA.
APROBADO:		PLANO: I-1
ARCHIVO: S18-07-2020		

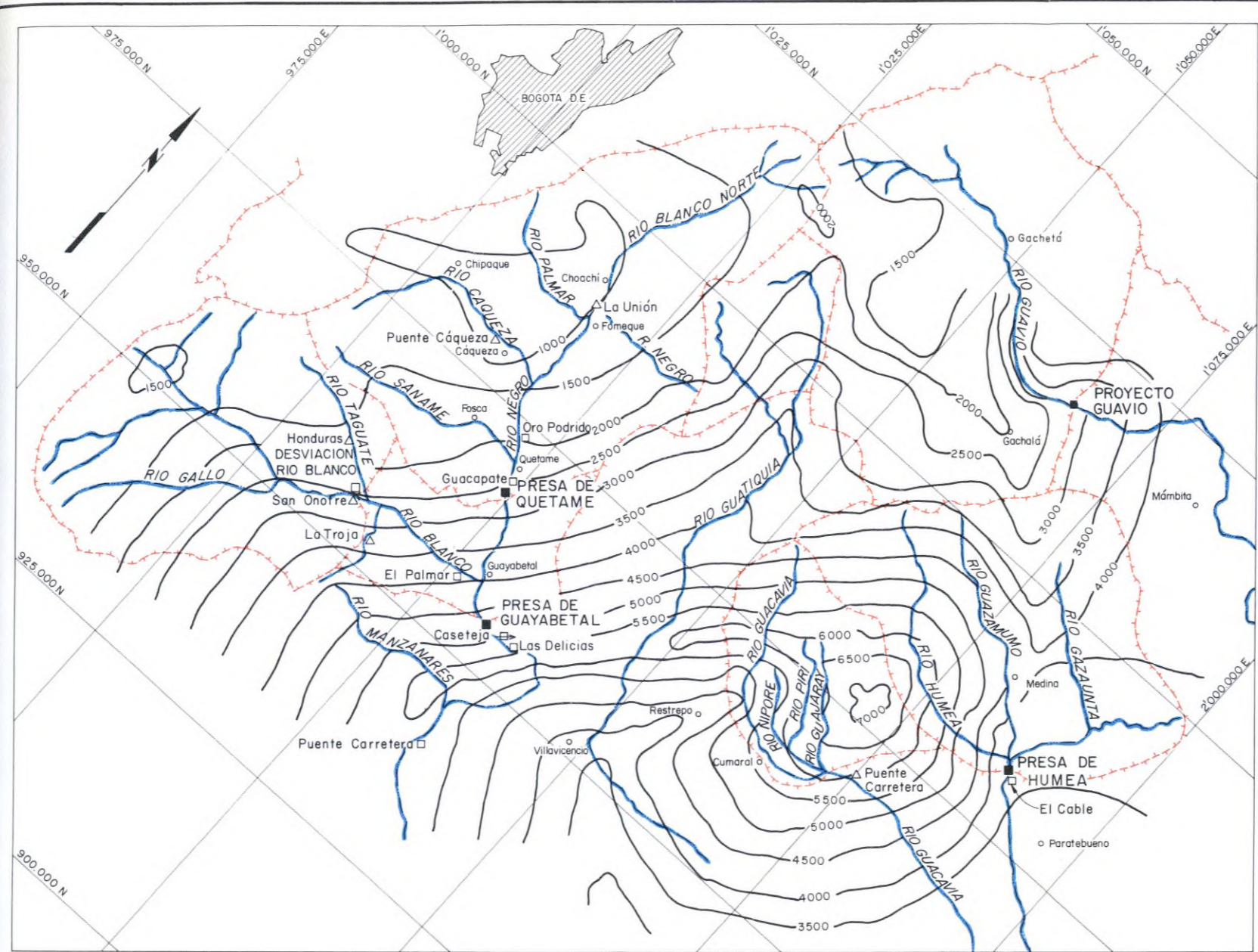


CONVENCIONES

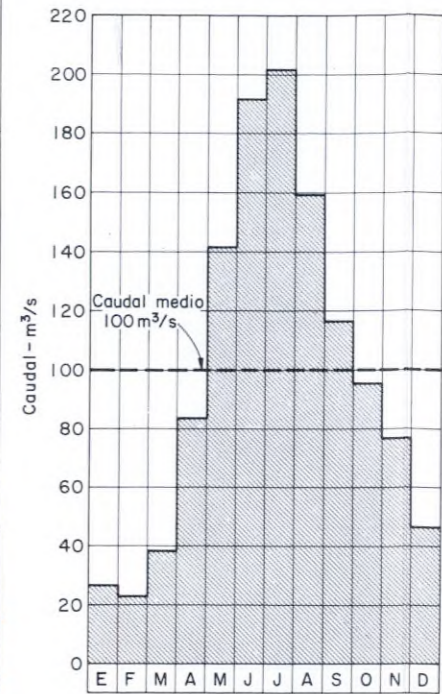
- Límite departamental
- Carretera pavimentada
- Carretera sin pavimentar
- Canal
- - - Túnel
- Casa de máquinas



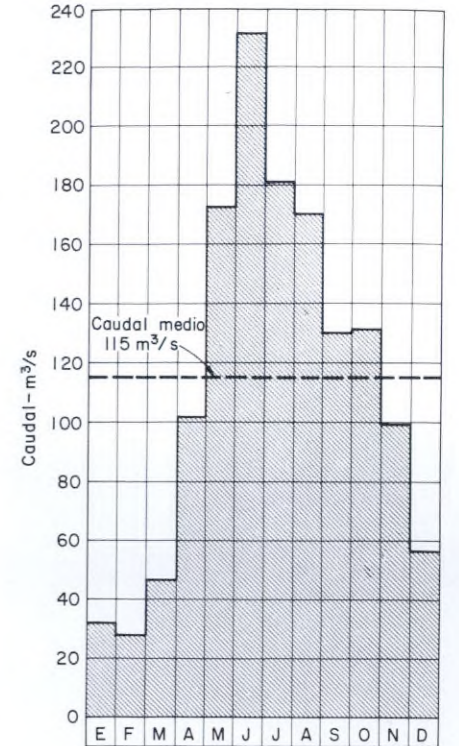
ESCALA INDICADA		Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá
FECHA		PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO-GUAYURIBA
DIBUJO		
DISEÑO		
APROBADO		
ARCHIVO		
GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS CIA. LTDA.		PLANO 1-2
INTEGRAL LTDA.		



DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA PRECIPITACION MULTIANUAL



CAUDALES MEDIOS MENSUALES PROYECTO GUAYABETAL SITIO DE PRESA 2



CAUDALES MEDIOS MENSUALES PROYECTO HUMEA SITIO DE PRESA

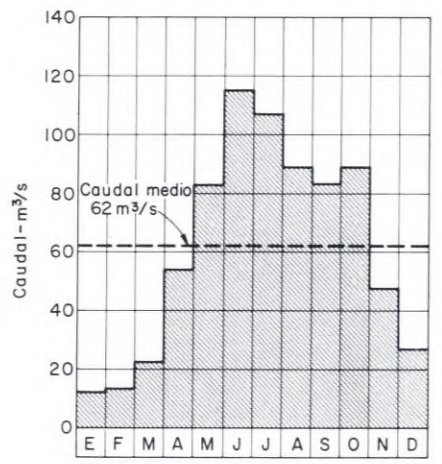
- CONVENCIONES:
- △ Estación limnométrica
 - Estación limnigráfica
 - Estación abandonada

NOTAS:

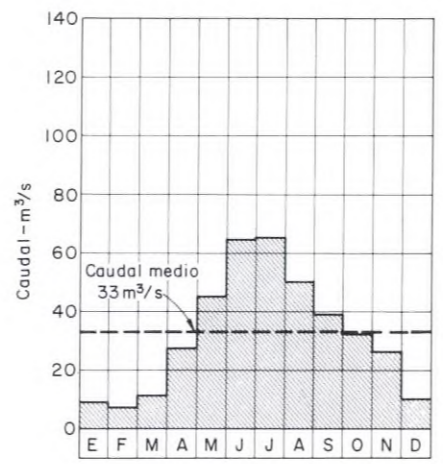
Los caudales medios mensuales multianuales en los sitios de interés se obtuvieron a partir de la serie histórica reconstruida mediante un modelo de regresión múltiple.

1/ No incluye desviación del río Blanco.

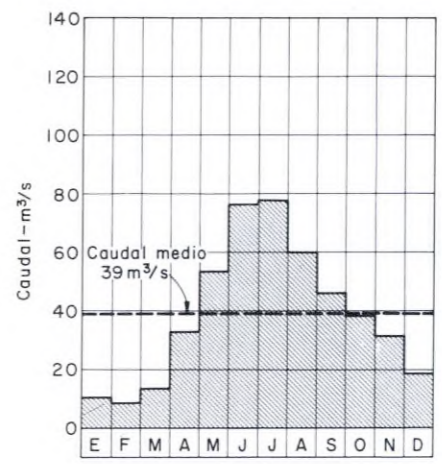
2/ No incluye desviación hacia el acueducto de Bogotá.



CAUDALES MEDIOS MENSUALES RIO GUACAVIA ESTACION PUENTE CARRETERA

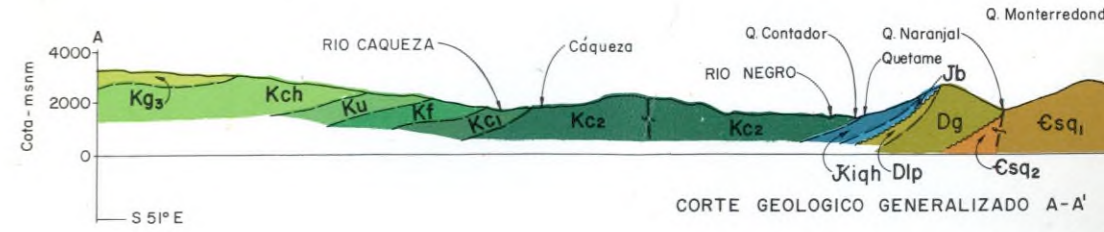
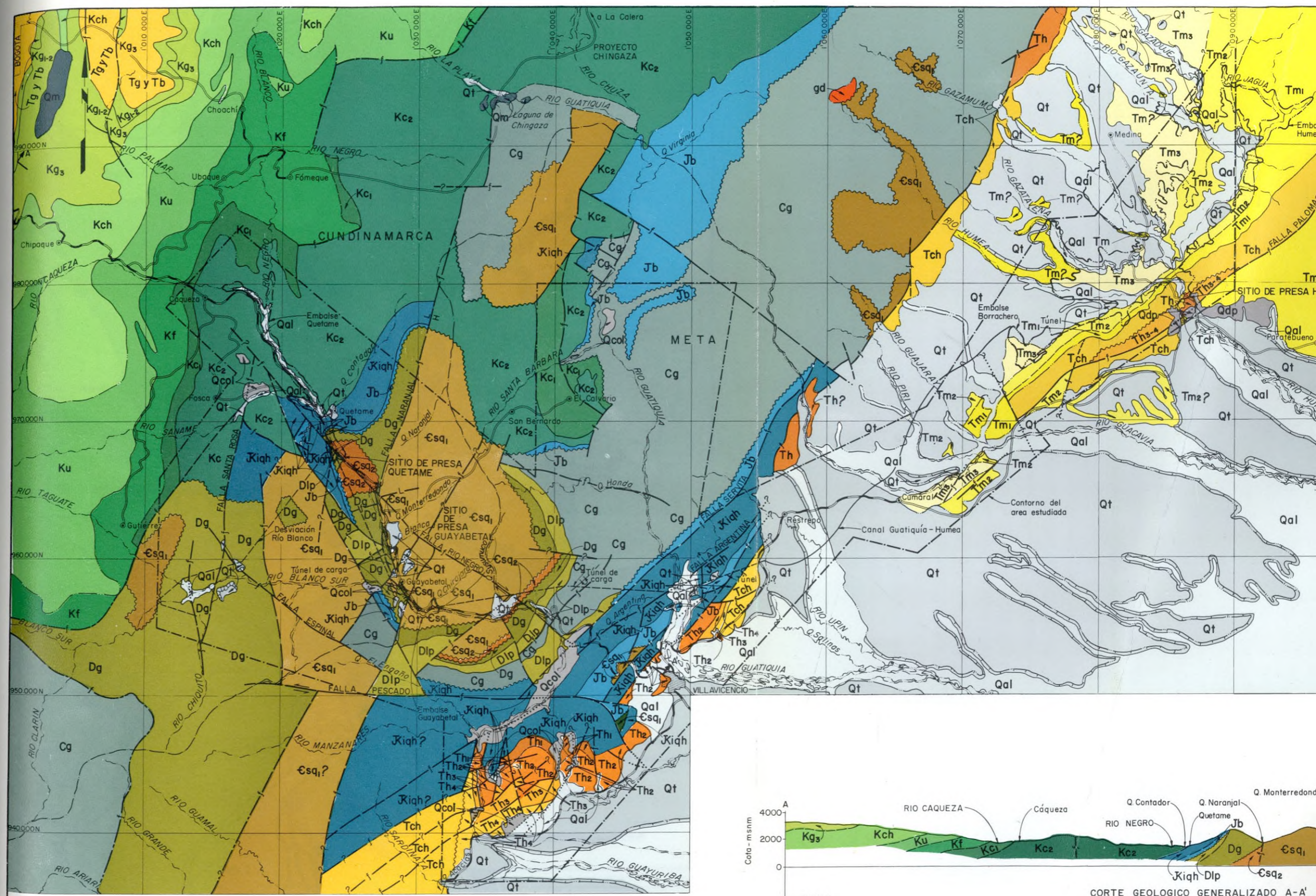


CAUDALES MEDIOS MENSUALES PROYECTO QUETAME SITIO DE DESVIACION DEL RIO BLANCO



CAUDALES MEDIOS MENSUALES PROYECTO QUETAME SITIO DE PRESA 1/2

ESCALA: INDICADA	Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá
FECHA: JUNIO 1982	PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO-GUAYURIBA
DIBUJO: C.E.M.S. de D.	INFORMACION HIDROLOGICA
DISEÑO:	
APROBADO:	
ARCHIVO: 318-176-1536 H	GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS CIA. LTDA. INTEGRAL LTDA.
	PLANO: I-3



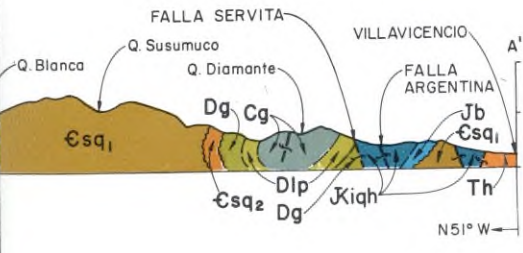
CONVENCIONES ESTRATIGRAFICAS

CENOZOICO	CUATERNARIO	Qal	DEPOSITOS ALUVIALES-Bloques,cantos y gravas sueltos en matriz limo-arenosa	
		Qdp/Qool	SUELO COLUVIAL - Depositos de fragmentos, tamaños bloque a grava, en matriz areno-arcillosa	
		Qt	TERRAZAS-Depósitos de grava, arena y limo, formando superficies planas en uno o en varios niveles	
		Qm	DEPOSITOS GLACIARES (MORRENAS)-Grandes bloques de material heterogéneo en una matriz areno-arcillosa	
TERCIARIO	TERCIARIO ANDINO			
		Tg-Tb	FORMACIONES GUADUAS Y BOGOTA- Arcilla roja, gris y gris-verdosa en la base, arenisca blanca de grano grueso hasta conglomerática, localmente con pequeñas intercalaciones de arcillolita gris rojiza clara en la parte media, arcillolita arenosa abigarrada con arcillolita violácea y gris azulada en la parte superior	
		Kg1	FORMACION GUADALUPE SUPERIOR-Arenisca Tierna: arenisca friable grano grueso a medio	
		Kg2	FORMACION GUADALUPE MEDIO - Arenisca de Labor: arenisca friable	
		Kg3	FORMACION GUADALUPE INFERIOR-Planers:lilita y Arenisca Dura: arenisca de grano grueso	
		Kch	FORMACION CHIPAQUE-Lutita gris oscura con capas de caliza	
		Ku	FORMACION UNE-Arenisca clara masiva con intercalaciones laminares de lutita arenosa finamente estratificada	
		Kf	FORMACION FOMEQUE-Lutita negra con capas de arenisca cuarcítica y caliza	
		Kc1	GRUPO CAQUEZA - Areniscas, arcillolitas y margas Lutita silicea, arenisca cuarzoza y lutita arcillosa negra	
		Kc2		
MESOZOICO	JURASICO	Kj1qh	FORMACION QUEBRADA HONDA- En la base conglomerados polimicticos regularmente seleccionados, calizas y margas gris oscuras con va raciones graduales.Hacia el tope lutita arcillosa, fisible. El nivel inferior está probablemente en transición con la Formación Brecha de Buenavista (Jb)	
		Jb	FORMACION BRECHA DE BUENAVISTA- Brecha-conglomerada de bloques y gujarros(Paleozoicos) redondeados a angulares en matriz arenosa, localmente con algunas capas de lutita, limolita y arenisca	
	CRETACEO	Cg	FORMACION CAPAS ROJAS DEL GUATUQUIA - Arenisca, limolita y arcillolita verde y roja, caliza y conglomerado oligomictico. Su extremo SW corresponde a las Capas Rojas del Valle del Clarín(Renzoni, 1965) y su extremo NE corresponde al Grupo Farallones(Segovia, 1965)	
		Dlp	FORMACION LUTITAS DE PORTACHUELO-Lutita laminar masiva y argilita, algo pizarrosa; arenisca de grano fino	
		Dg	FORMACION ARENISCAS DE GUTIERREZ-Arenisca cuarcítica a cuarcita masiva con intercalaciones de pizarra y lutita silicea, conglomerado basal cuarcítico	
		Csq2	GRUPO QUETAME FORMACION PUENTE LA BALSA- Pizarra gris oscura, laminar con intercalaciones de meta-arenisca grauvoaca y cuarcita hacia la base FORMACION GUAYABETAL- Filita gris violácea, con intercalaciones esporádicas de filita verde y cuarcita gris, venas de cuarzo y clarita	
		Csq1		
		gd	GRANODIORITA LA MINA- Granodiorita gris clara a rosada, textura hipidiomórfica holocristalina	
	PALEOZOICO	DEVONIANO		
		CAMBRIO-SILURICO		
		Th	GRUPO HUMEA Th4 Arenisca astáltica Th3 Lutitas con esporádicas intercalaciones de carbón Th2 Areniscas friables, con manifestaciones de carbón; intercalaciones de lutita Th1 Areniscas duras y lutitas limo-arcillosas	
		Tm		
		Tm3		
			Tm2	FORMACION CANO SUCIO - Alternancia de sub-litoarenitas y lodolitas
			Tm1	FORMACION EL TIRO- Sub-litoarenitas de grano fino a conglomerático
			Tch	FORMACION CHOAPAL- Arcillolitas con intercalaciones de limolitas y esporádicos bancos de arenisca. Hacia la parte media un manto de carbón, Arenisca y arcillolita en la parte inferior, limolita, arcillolita y cintas de carbón en la parte superior

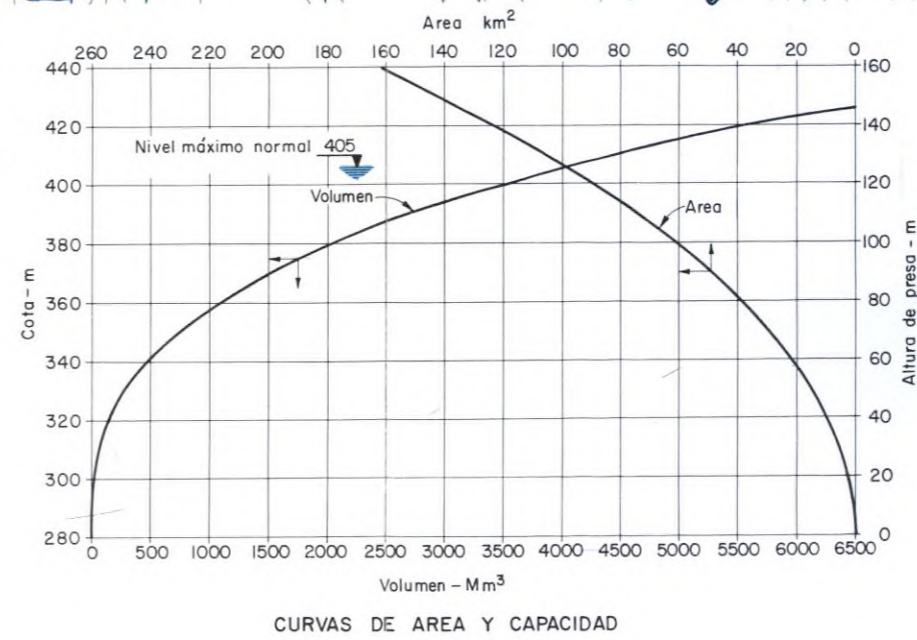
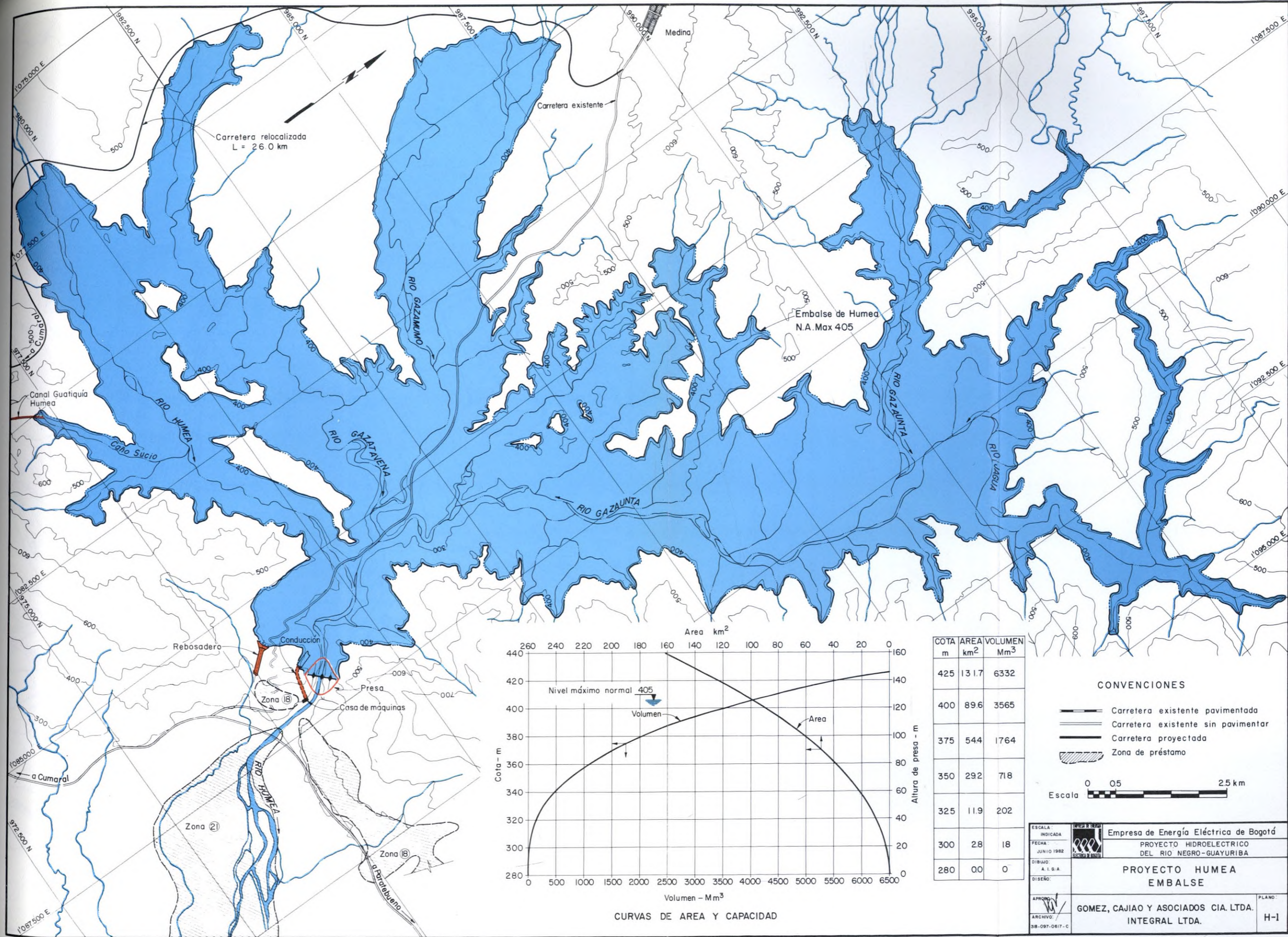
CONVENCIONES ESTRUCTURALES

	Falla observada		Contacto observado
	Falla fotogeológica		Contacto fotogeológico
	Falla inferida		Contacto inferido
	Falla de rumbo		Contacto discordante
	Eje anticlinal		Escarpes
	Eje sinclinal		Límite del área estudiada
	Eje sinclinal invertido		

NOTA: Geología según Segovia (1965), Renzoni (1965) y G.C.A. (1980, 1981, 1982) modificado



ESCALA INDICADA		Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá
FECHA	JULIO 1982	PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO-GUAYURIBA
DIBUJO	C. J. G. R.	MAPA GEOLOGICO REGIONAL
DISEÑO		
APROBADO		GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS CIA. LTDA. INTEGRAL LTDA.
ARCHIVO	318-182-18466	
		PLANO 1-4



CURVAS DE AREA Y CAPACIDAD

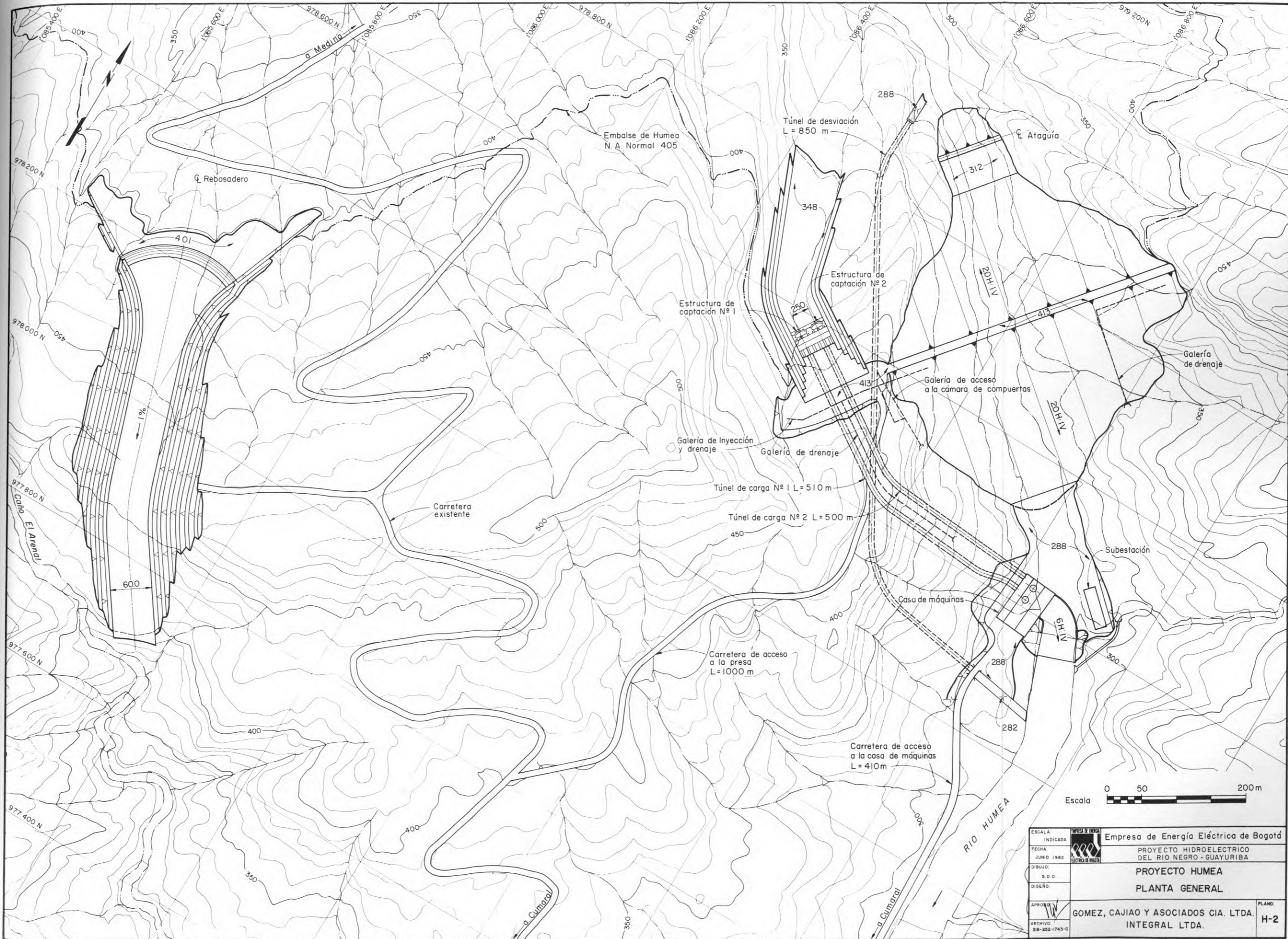
COTA m	AREA km ²	VOLUMEN Mm ³
425	13.7	6332
400	89.6	3565
375	54.4	1764
350	29.2	718
325	11.9	202
300	2.8	18
280	0.0	0

CONVENCIONES

- Carretera existente pavimentada
- Carretera existente sin pavimentar
- Carretera proyectada
- Zona de préstamo



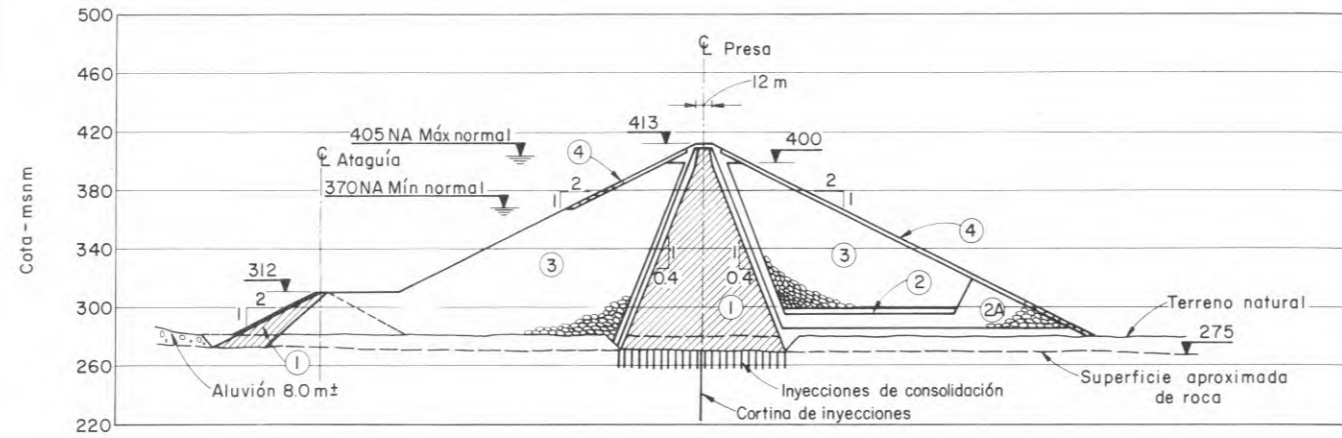
ESCALA: INDICADA		Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá	PLANO:
FECHA: JUNIO 1982		PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO-GUAYURIBA	H-1
DIBUJADO: A. I. G. A.	PROYECTO HUMEA EMBALSE		
DISEÑO:			
APROBADO: ARCHIVO: SIB-097-0617-C	GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS CIA. LTDA. INTEGRAL LTDA.		



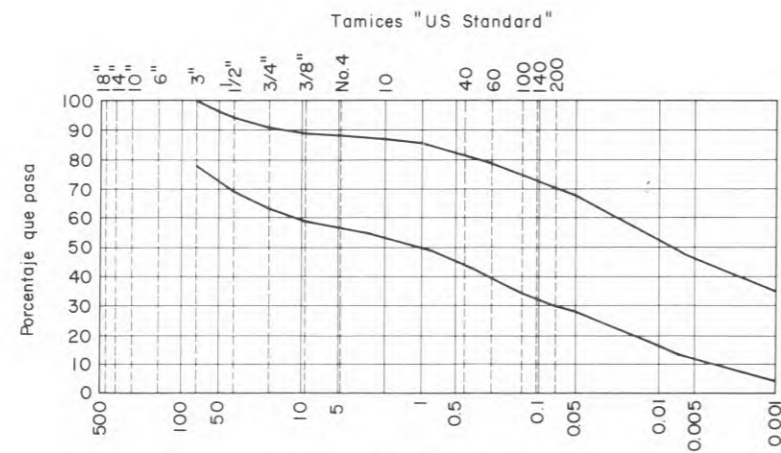
ESCALA:	INDICADA	Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá
FECHA:	JUNIO 1982	PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO - GUAYURIBA
DIBUJO:	G. D. D.	PROYECTO HUMEA
DISEÑO:		PLANTA GENERAL
APPROBADO:		GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS CIA. LTDA.
ARCHIVO:	318-252-1745-G	INTEGRAL LTDA.
		PLANO: H-2

ZONAS DE LA PRESA

- ① NUCLEO IMPERMEABLE. Arenas arcillosas con gravas gruesas de la zona de préstamo No.18. Máximo tamaño 3", % de finos (< de tamiz No. 200) de 30-70%
- ② FILTRO. Gravas y arenas de la zona de préstamo No.21. Tamaño máximo 1/2"
- ②A ZONA DE TRANSICION. Gravas y arenas de la zona de préstamo No.21. Tamaño máximo 3"
- ③ ESPALDONES. Gravas y arenas con algo de finos de la zona de préstamo No.21. Tamaño máximo 3"
- ④ ZONA DE PROTECCION. Enrocado entre 12" y 60"

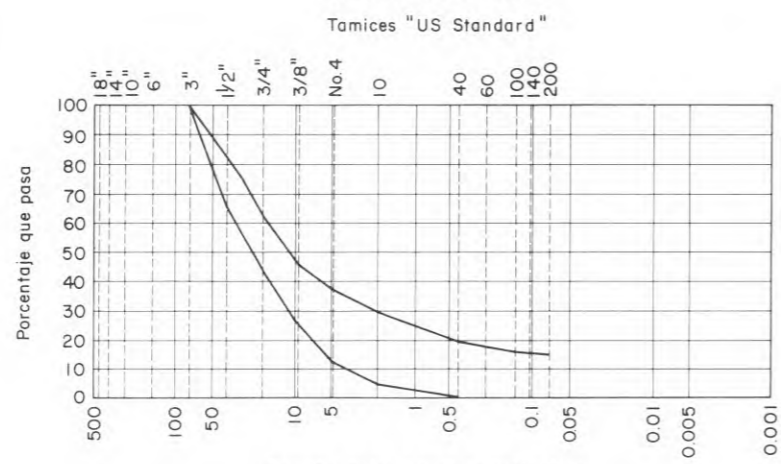


SECCION MAXIMA



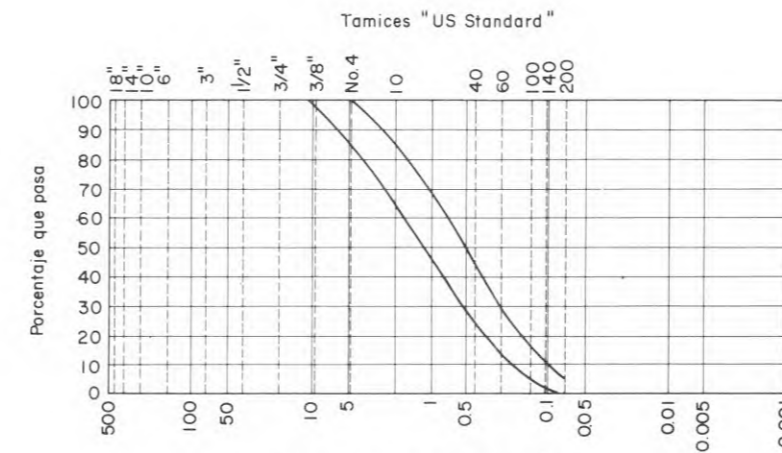
PIEDRAS	GRAVA		ARENA			LIMO	ARCILLA
	Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina		

GRADACION ZONA 1



PIEDRAS	GRAVA		ARENA			LIMO	ARCILLA
	Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina		

GRADACION ZONA 3



PIEDRAS	GRAVA		ARENA			LIMO	ARCILLA
	Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina		

GRADACION ZONA 2

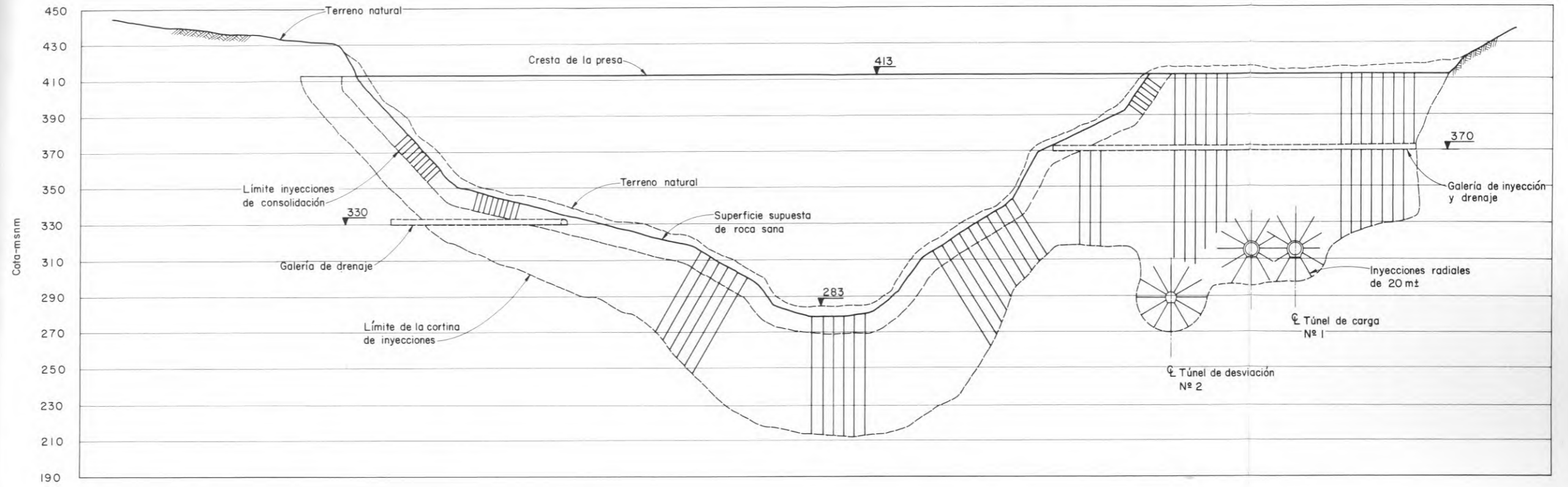


PIEDRAS	GRAVA		ARENA			LIMO	ARCILLA
	Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina		

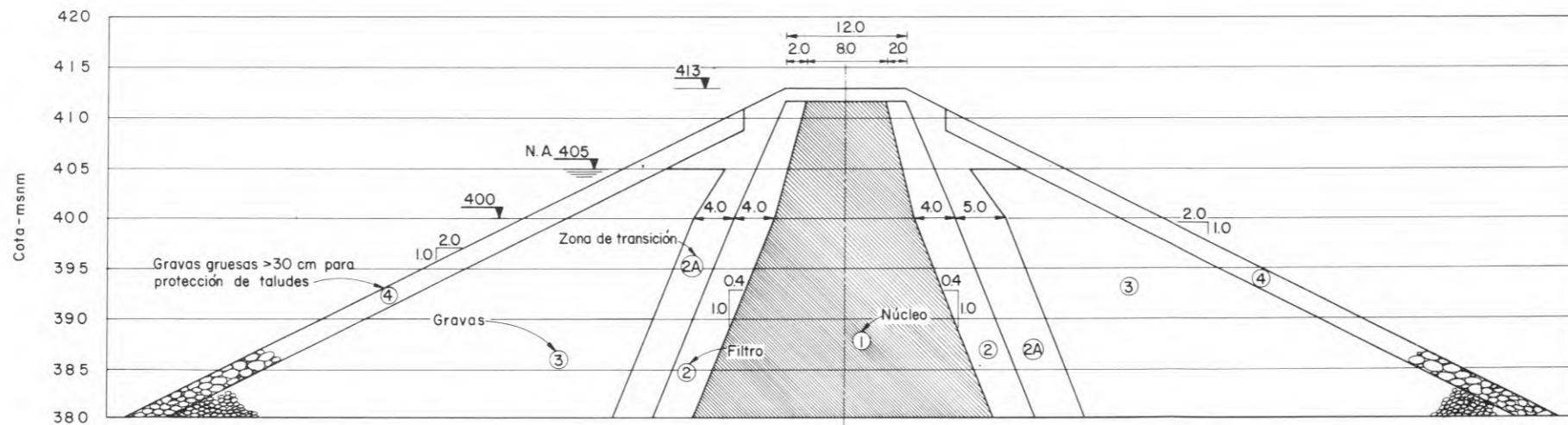
GRADACION ZONA 2A



ESCALA INDICADA	Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá
FECHA: JUNIO 1982	PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO - GUAYURIBA
DIBUJO: C.E.M. de D.	PROYECTO HUEMA PRESA SECCION TIPICA
DISEÑO: GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS CIA. LTDA.	INTEGRAL LTDA.
ARCHIVO: 518-258-1749-C	PLANO: H-3



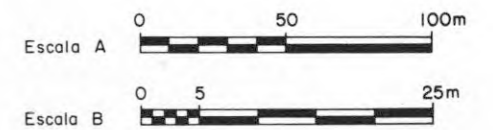
CORTINA DE INYECCIONES
Escala A



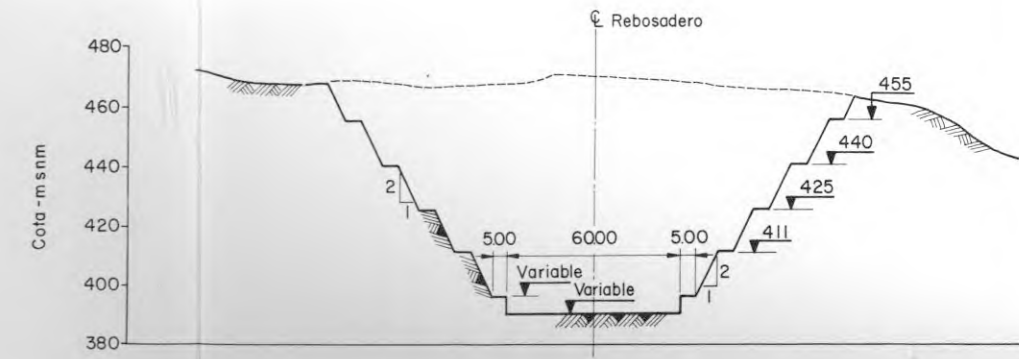
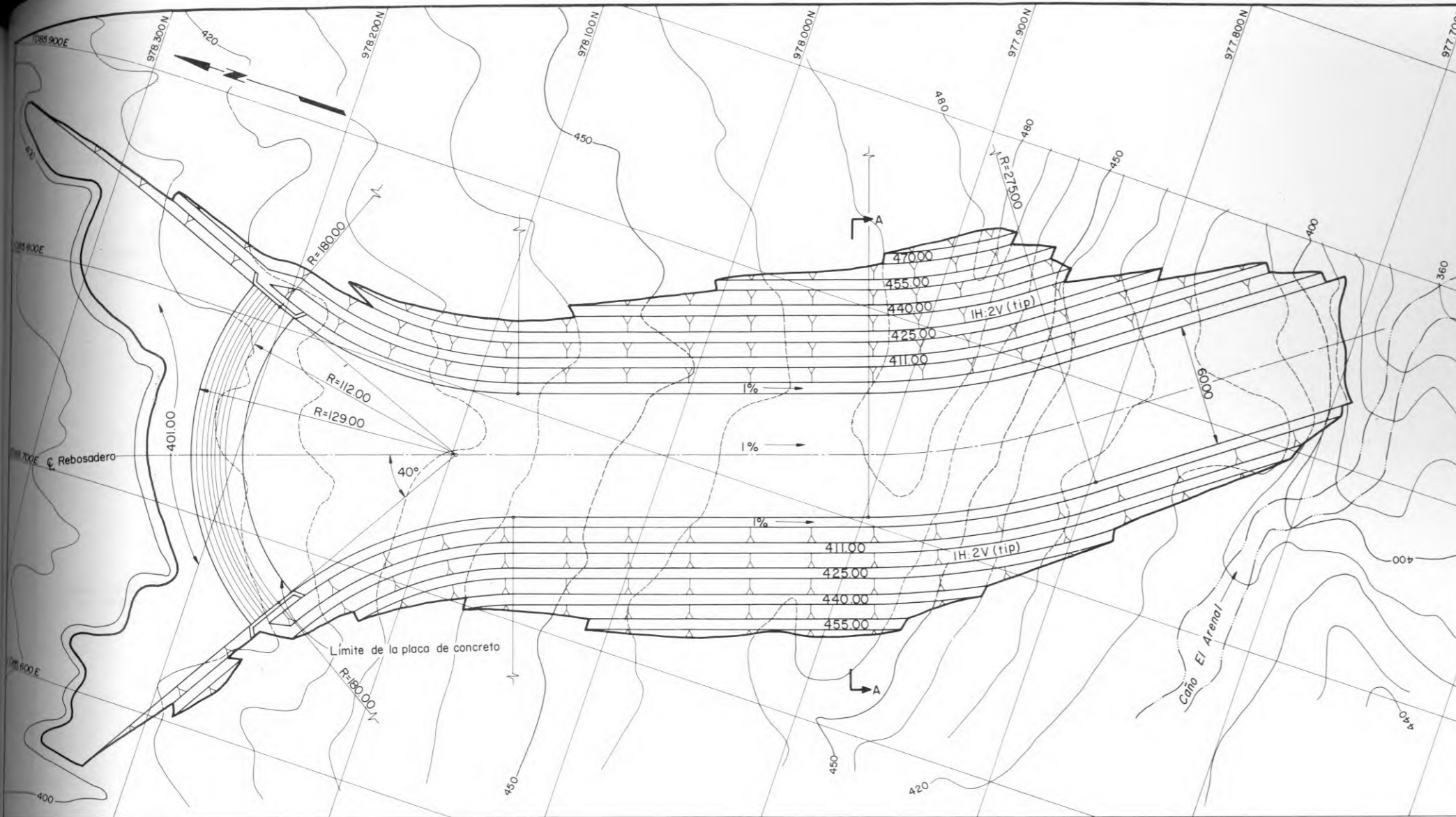
DETALLE DE LA CRESTA
Escala B

NOTAS:

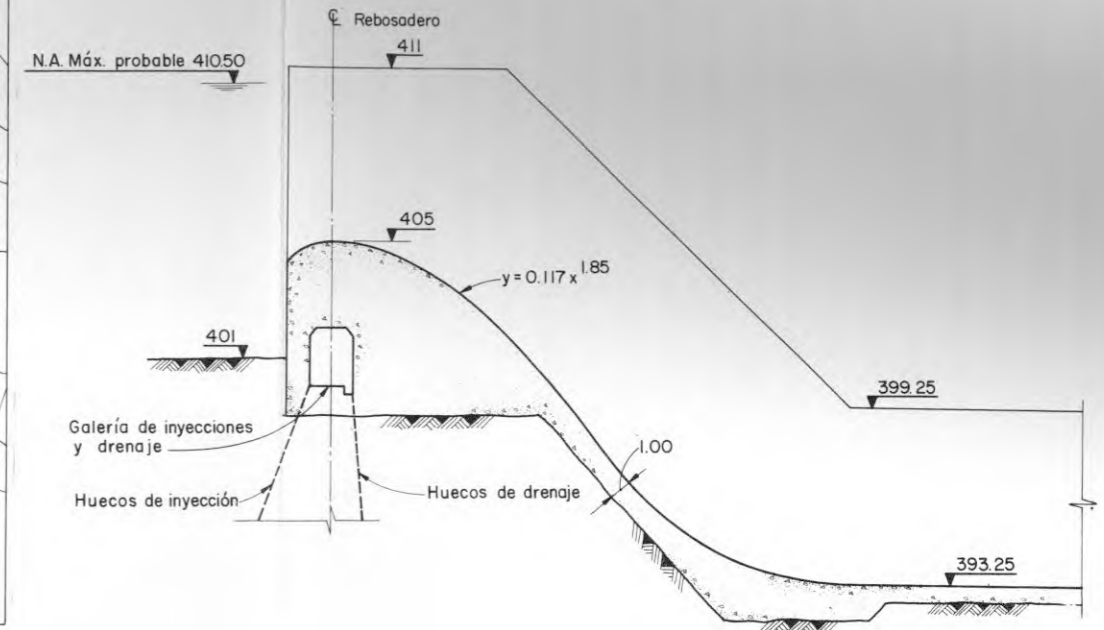
- 1- Las inyecciones de consolidación tendrán una longitud aproximada de 10m.
- 2- La profundidad de la cortina de inyecciones se ha estimado como el 50% de la cabeza hidrostática máxima o mínimo 30m a lo largo del perfil; estas profundidades podrán variar de acuerdo con las pruebas que se realicen durante la construcción de la cortina.
- 3- Se ha previsto una sola cortina de inyecciones localizada a lo largo del perfil del terreno por el eje del núcleo.



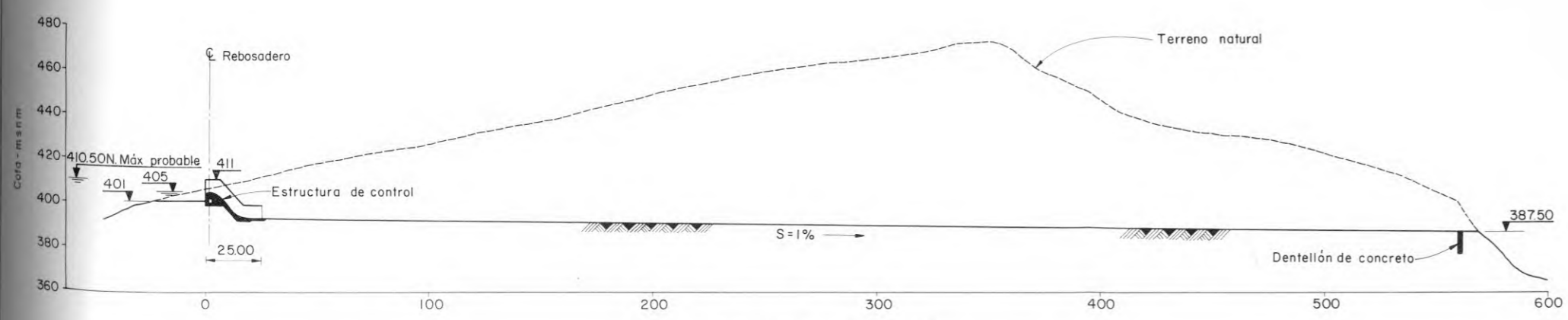
ESCALA INDICADA		Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá
FECHA: JUNIO 1982		PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO - GUAYURIBA
DIBUJO: S. E. T. T.	PROYECTO HUMEA	
DISEÑO:	PRESA-CORTINA DE INYECCIONES	
APROBADO:		GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS CIA. LTDA. INTEGRAL LTDA.
ARCHIVO: 318-248-1739-C		



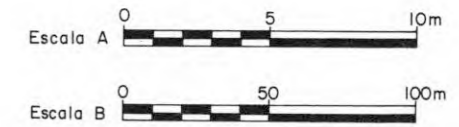
CORTE A-A
Escala B



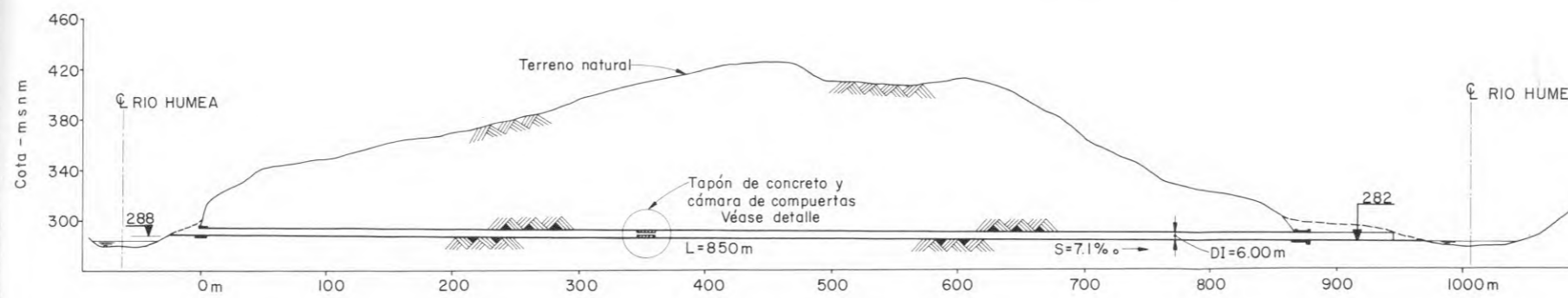
DETALLE DE LA GOLA
Escala A



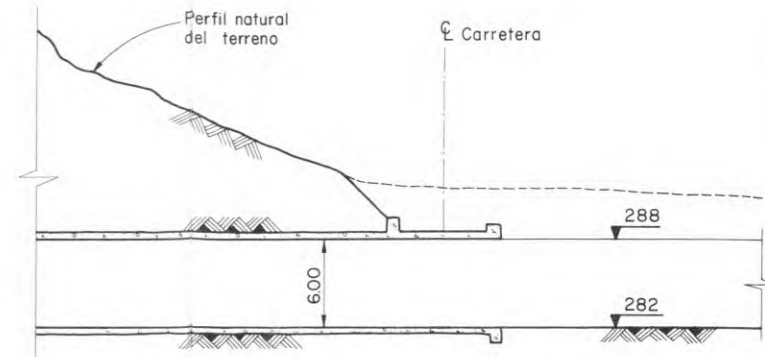
CORTE POR EL EJE DEL REBOSADERO
Escala B



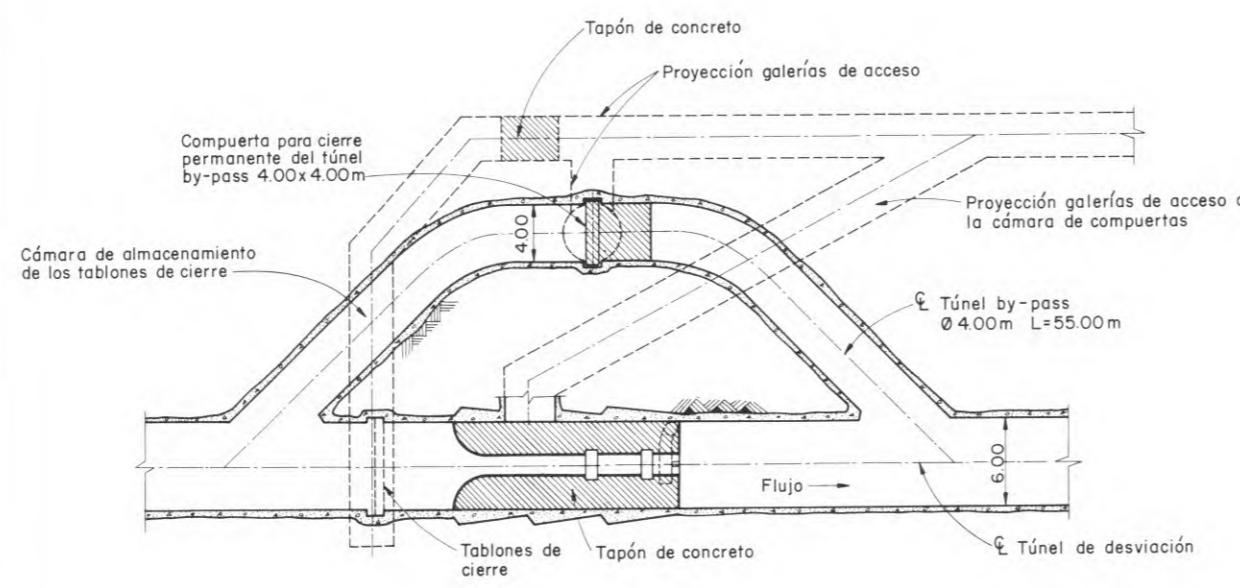
ESCALA: INDICADA		Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá
FECHA: JUNIO 1982		PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO - GUAYURIBA
DIBUJO: D. 44 B		PROYECTO HUMEA REBOSADERO PLANTA, CORTES Y DETALLES
DISEÑO:		APROBADO: GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS CIA. LTDA. INTEGRAL LTDA.
ARCHIVO: SIB-256-1747.C		PLANO: H-5



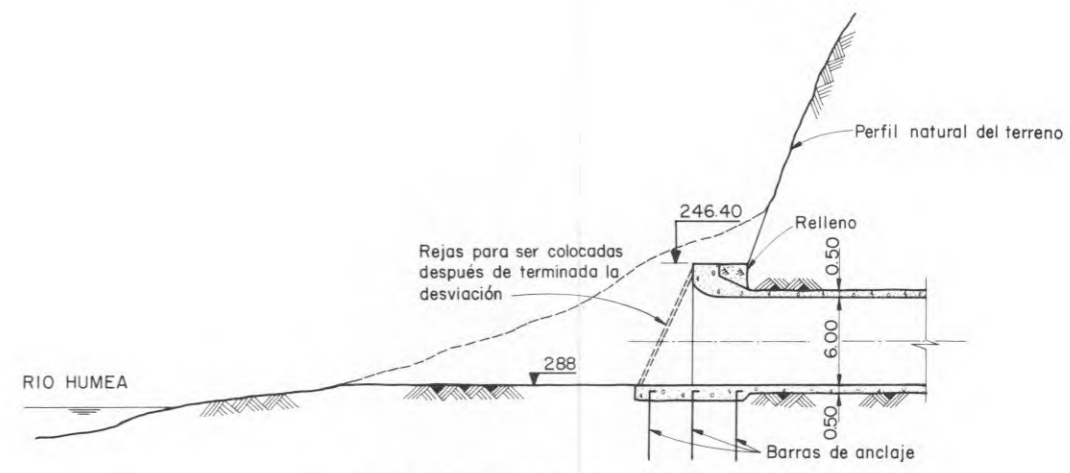
TUNEL DE DESVIACION
PERFIL
Escala A



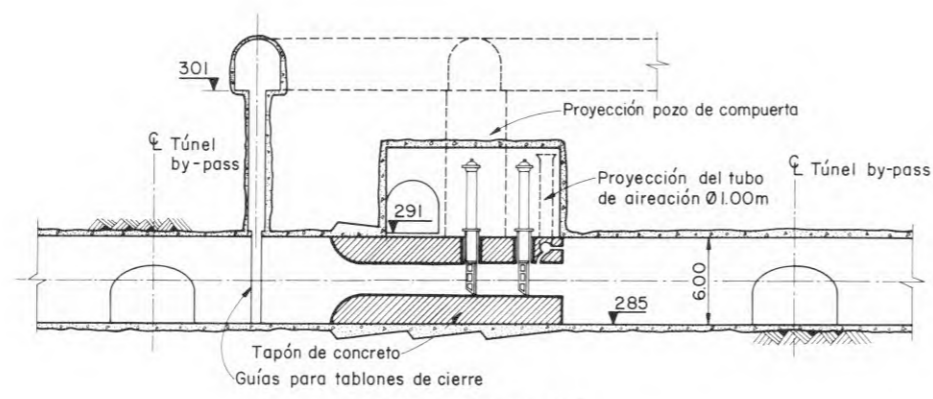
TUNEL DE DESVIACION
PORTAL DE SALIDA
Escala B



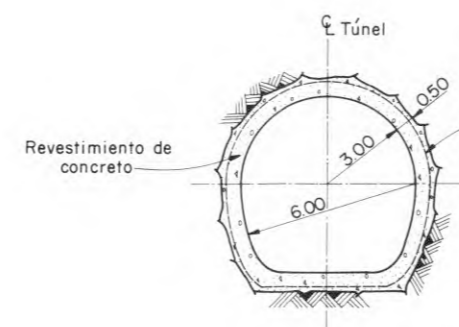
DESCARGA DE FONDO
PLANTA
Escala B



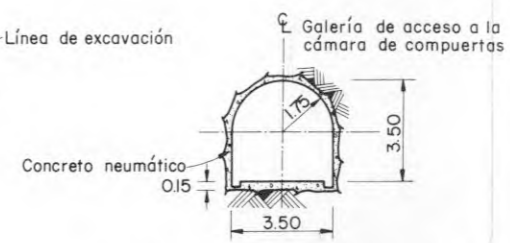
TUNEL DE DESVIACION
PORTAL DE ENTRADA
Escala B



DESCARGA DE FONDO
CORTE LONGITUDINAL POR EL EJE
Escala B



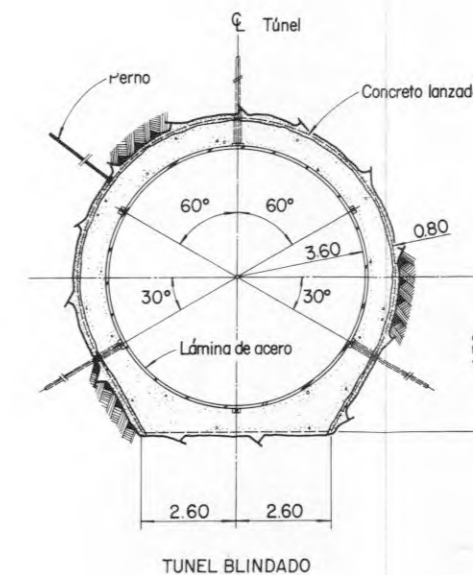
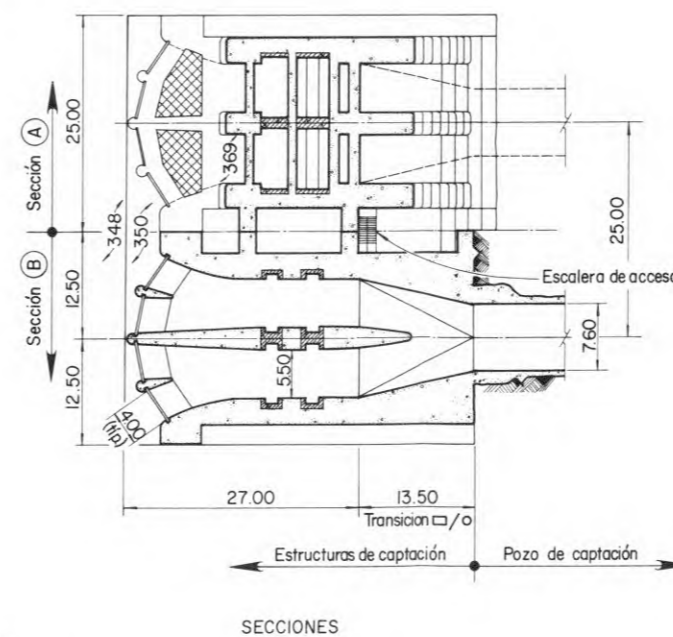
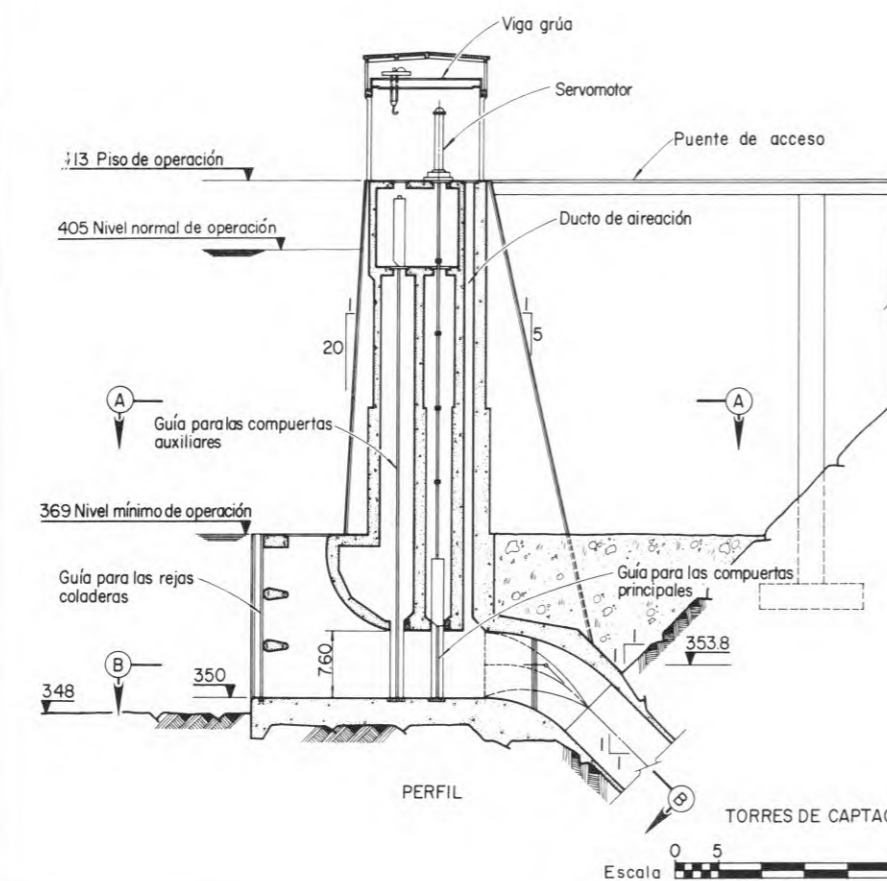
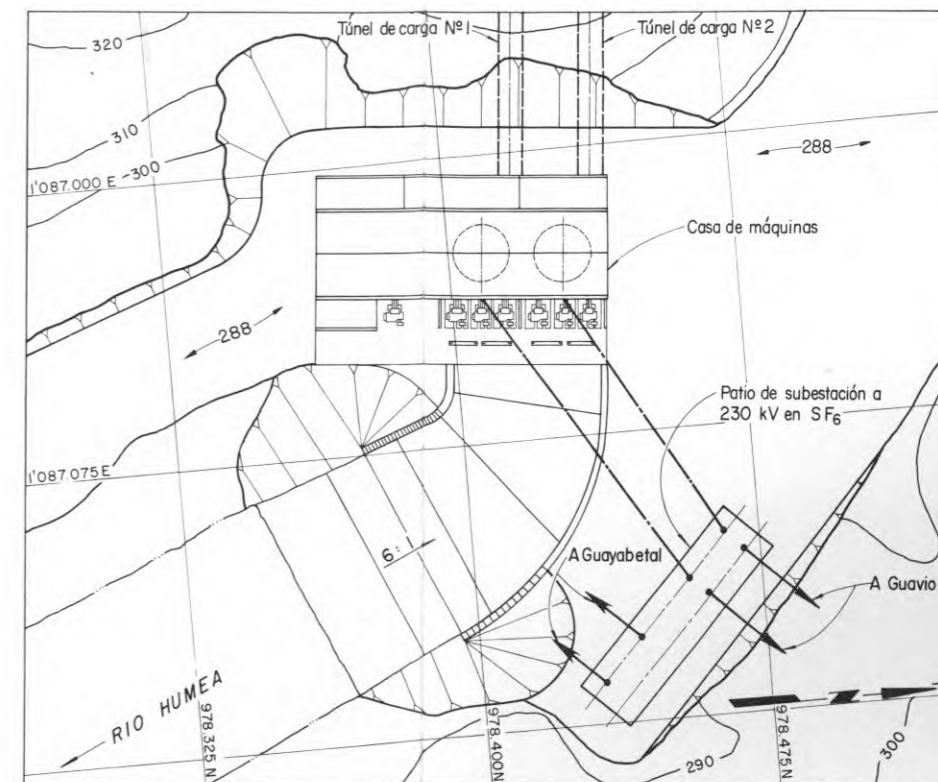
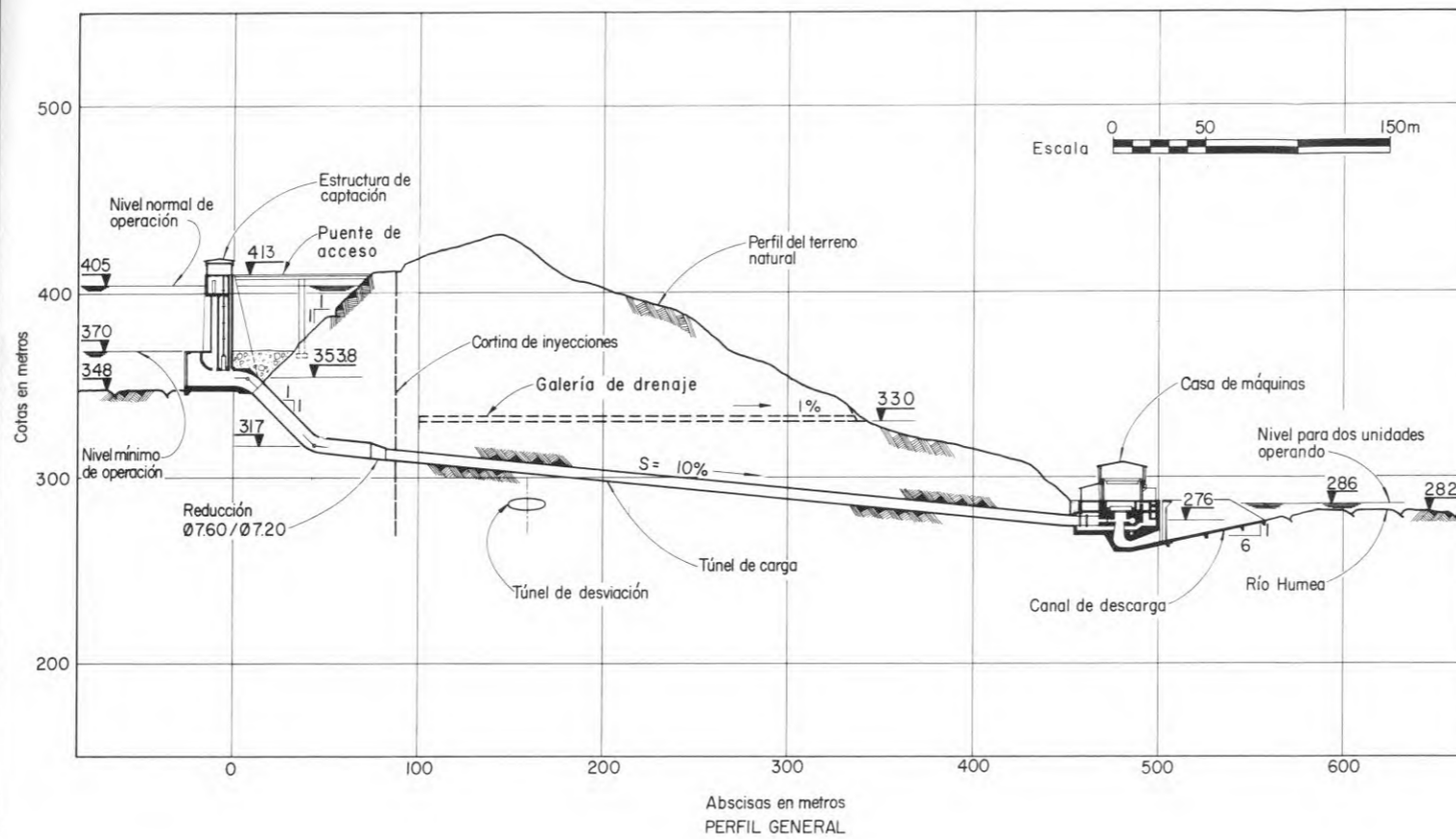
TUNEL DE DESVIACION
SECCION TIPICA
Escala C



GALERIA DE ACCESO A LA CAMARA
DE COMPUERTAS
SECCION TIPICA
Escala C

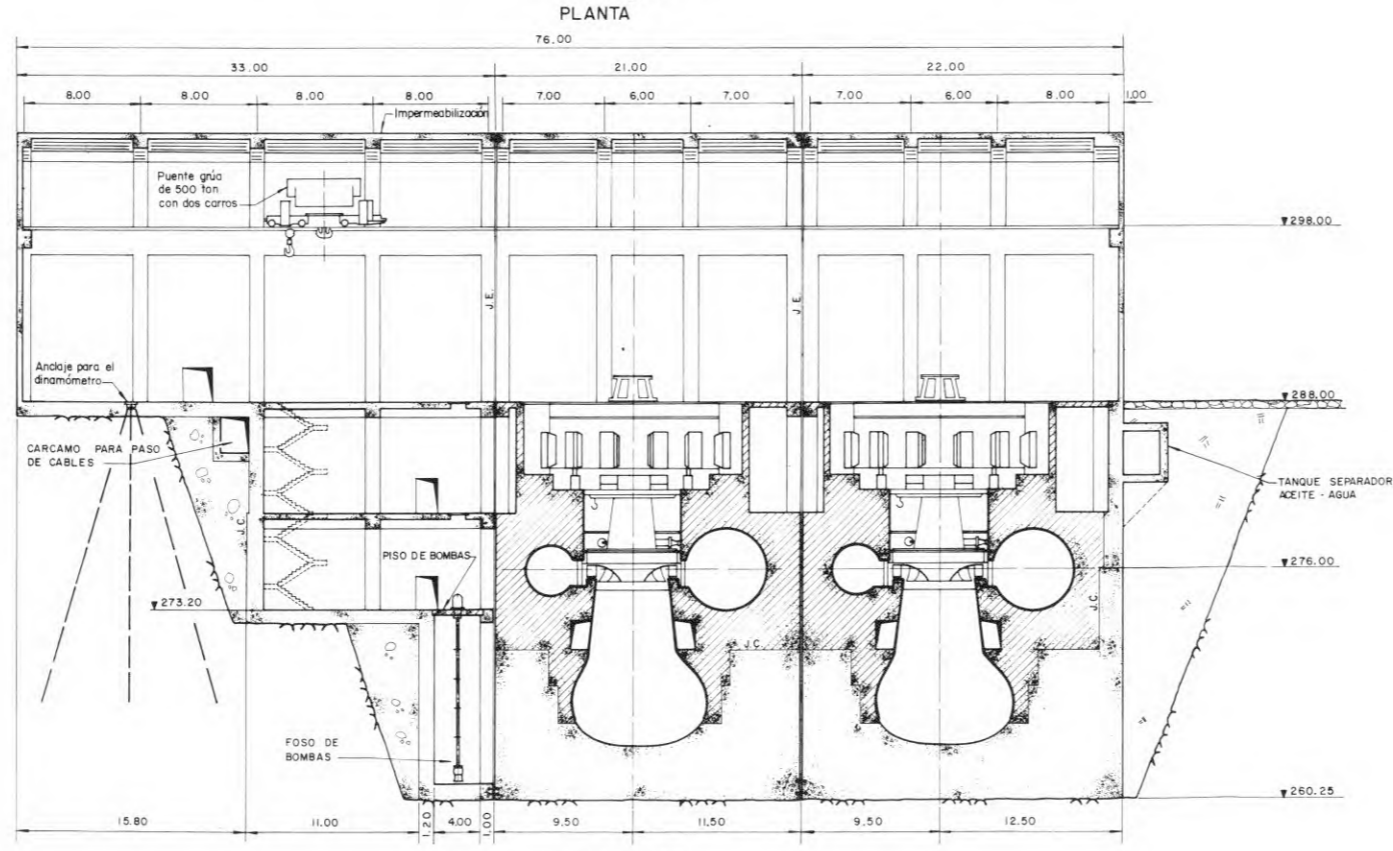
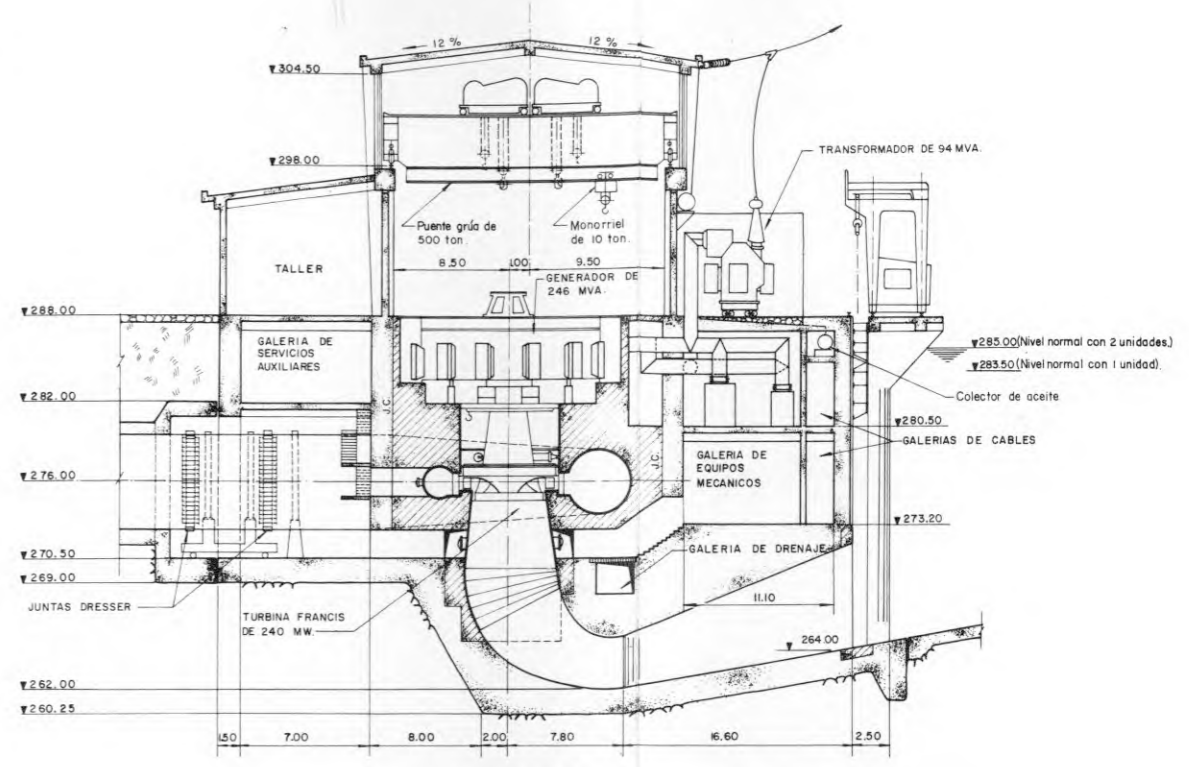
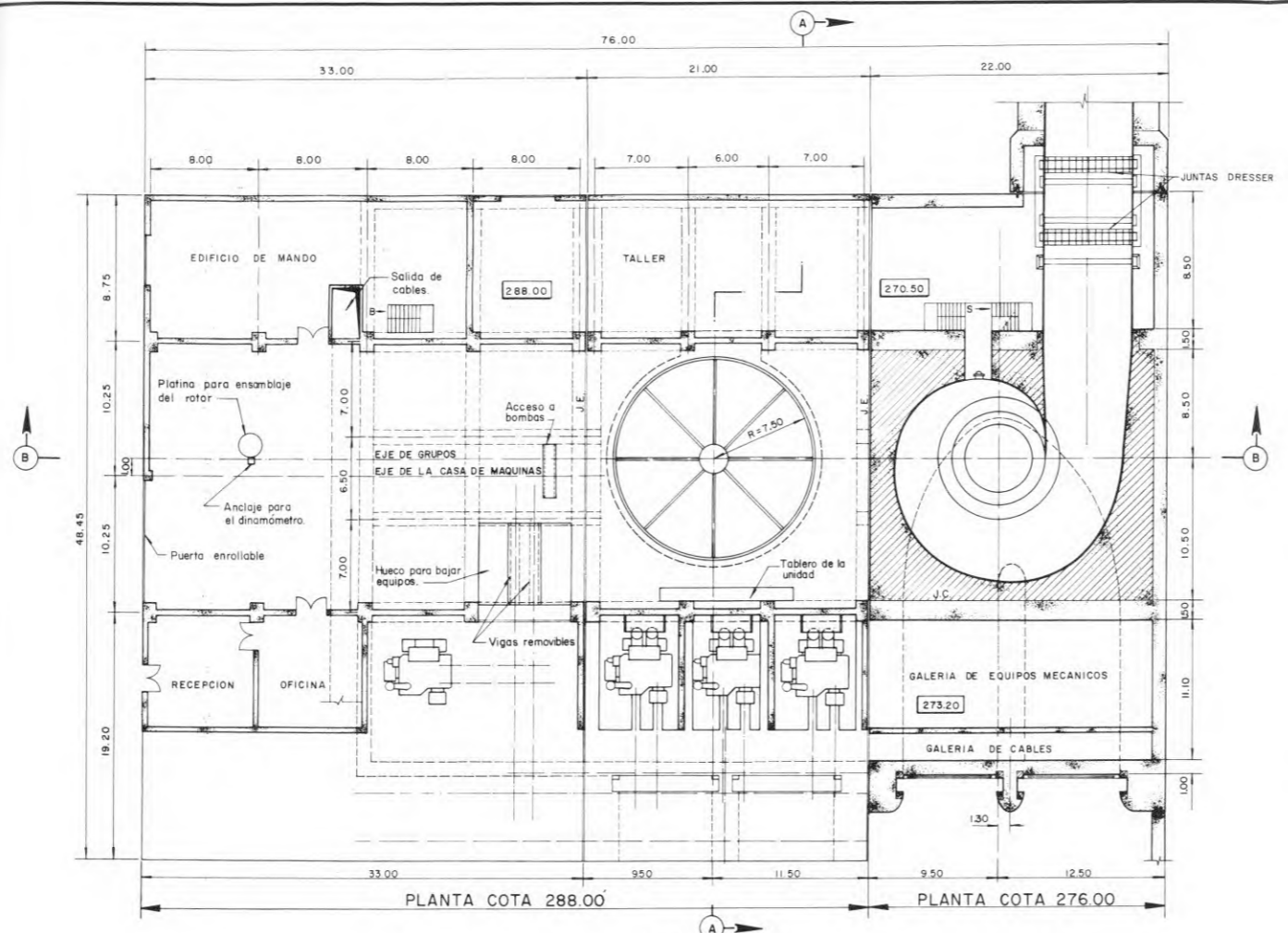


ESCALA: INDICADA	EMPRESA DE ENERGIA	Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá
FECHA: MAYO 1982	PROYECTO	PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO-GUAYURIBA
DIBUJO: C.E.M. de D.	DISEÑO:	PROYECTO HUMEA
ARCHIVO: 318-224-1780	INTEGRAL LTDA.	TUNEL DE DESVIACION Y DESCARGA DE FONDO
	GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS CIA. LTDA.	PLANO: H-6



SOPORTES DE CONSTRUCCION		
TIPO DE ROCA	TRATAMIENTO PRIMARIO	TRATAMIENTO SECUNDARIO
Sana	Ninguna	Pernos donde se requieran
Poco fracturada	1 Capa de concreto lanzado	Pernos donde se requieran 1 Capa de concreto lanzado
Muy fracturada	1 Capa de concreto lanzado	Malla de refuerzo Pernos sistémicos 1 Capa de concreto lanzado
Descompuesta	1 Capa de concreto lanzado	Malla de refuerzo Entibado metálico 2 Capas de concreto lanzado

ESCALA: INDICADA	Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá
FECHA: JUNIO 1982	PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO - GUAYURIBA
DIBUJO: S. M. R.	PROYECTO HUMEA
DISEÑO: INTEGRAL	BOCATOMA, CONDUCCION Y ZONA DE CASA DE MAQUINAS
APROBADO: [Signature]	GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS CIA. LTDA.
ARCHIVO: 318-251-4742 C	INTEGRAL LTDA.
	PLANO: H-7

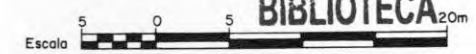


CARACTERISTICAS DE LOS EQUIPOS PRINCIPALES

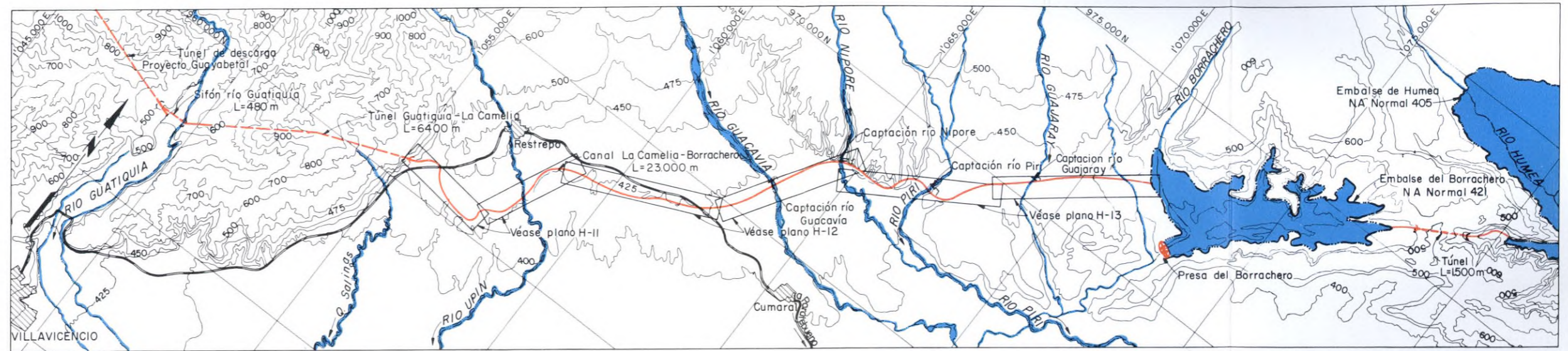
TURBINAS	GENERADORES	TRANSFORMADORES
Nº de unidades: 2	Nº de unidades: 2	Nº de unidades: 7
Tipo: Francis de eje vertical	Tipo: Sincrónica de eje vertical	Tipo: Monofásico
Potencia nominal: 240 MW	Potencia nominal: 246 MVA, $\Delta t 60^{\circ}C$	Potencia nominal: 94 MVA, $\Delta t 65^{\circ}C$
Velocidad sincrónica: 150 rpm	Velocidad sincrónica: 150 rpm	Enfriamiento: FOA
Salto neto de diseño: 106 m	Factor de potencia: 0.95 en retardo	Voltaje de alta: 230 kV
Descarga nominal: 252 m³/s	Voltaje nominal: 13.8 kV a 18 kV	Voltaje de baja: 13.8 kV a 18 kV

Ministerio de Minas y Energía

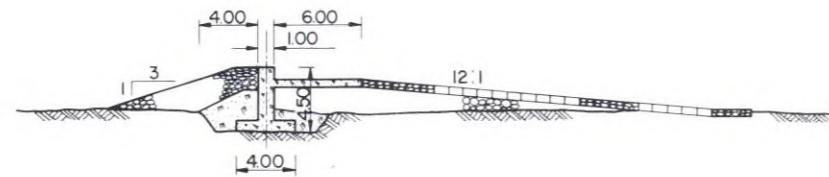
BIBLIOTECA 20m



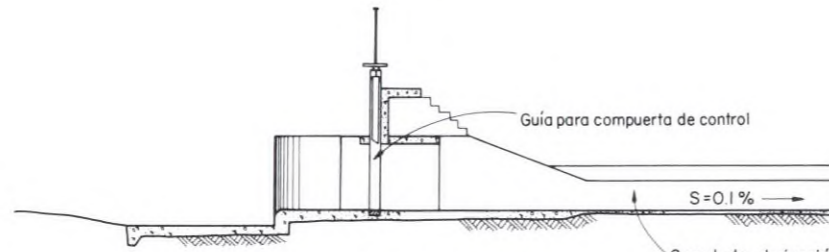
ESCALA: INDICADA		Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá
FECHA: JUNIO 1982		PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO- GUAYURIBA
DIBUJO: A.M. Gomez de G.		PROYECTO HUEMA CASA DE MAQUINAS PLANTA Y SECCIONES
DISEÑO: INTEGRAL		GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS CIA. LTDA.
PROYECTO: INTEGRAL		INTEGRAL LTDA.
ARCHIVO: 318-253-744-C		PLANO: H-8



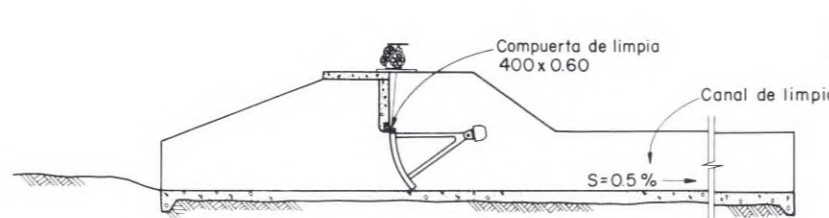
PLANTA



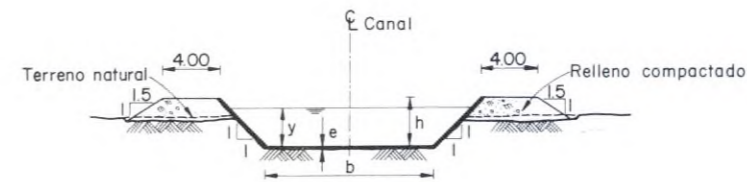
CORTE TÍPICO DE PRESA DE DESVIACION
Sin escala



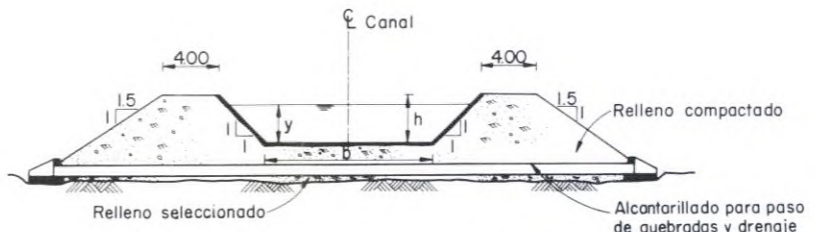
PRESA DE DESVIACION
CORTE TÍPICO POR EL CANAL DE CAPTACION
Sin escala



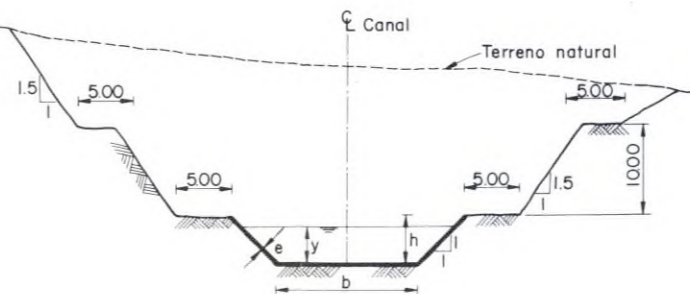
PRESA DE DESVIACION
CORTE TÍPICO POR EL CANAL DE LIMPIA
Sin escala



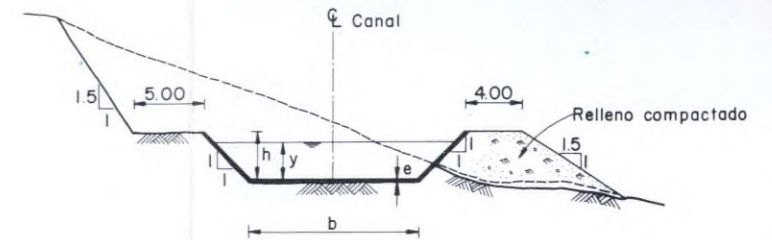
SECCION TÍPICA DEL CANAL EN CORTE MINIMO
Sin escala



SECCION TÍPICA DEL CANAL EN TERRAPLEN
Sin escala



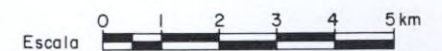
SECCION TÍPICA DEL CANAL EN CORTE PROFUNDO
Sin escala



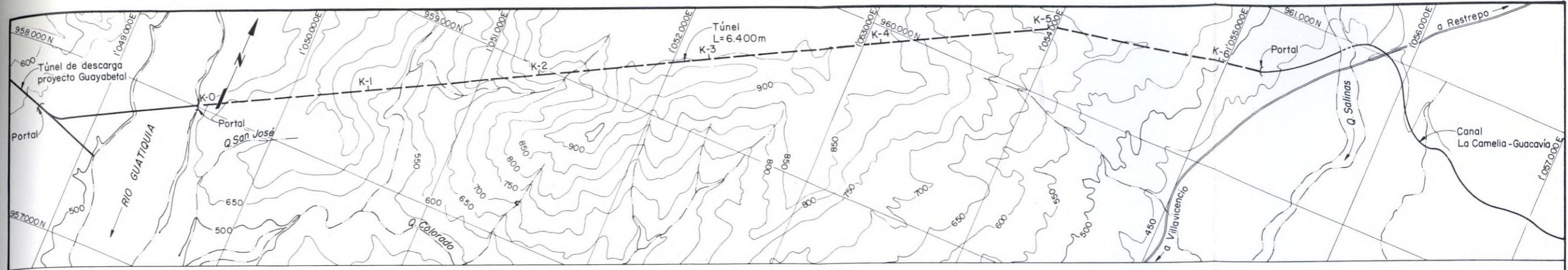
SECCION TÍPICA DEL CANAL EN MEDIA LADERA
Sin escala

DIMENSIONES DE LOS CANALES

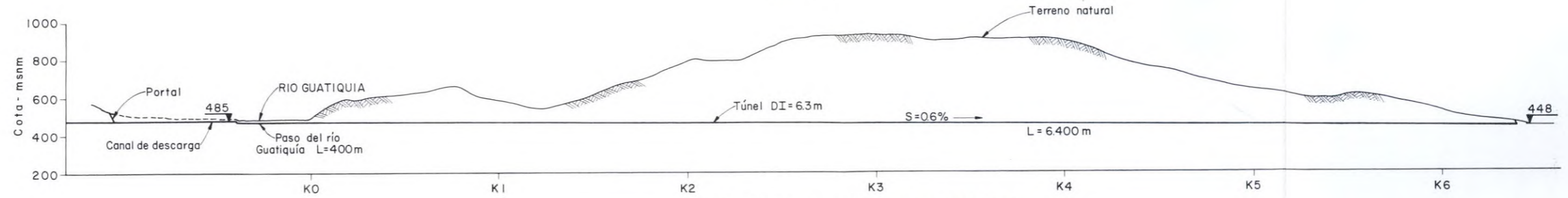
TRAMO	Caudal m ³ /s	Longitud km	b m	y m	h m	e cm
La Camelia - Guacavía	125	12.0	10.0	2.70	3.40	11
Guacavía - Borrachero	190	11.0	12.0	3.05	3.80	11
Cano Sucio - Humea	120	1.5	10.0	2.65	3.40	0



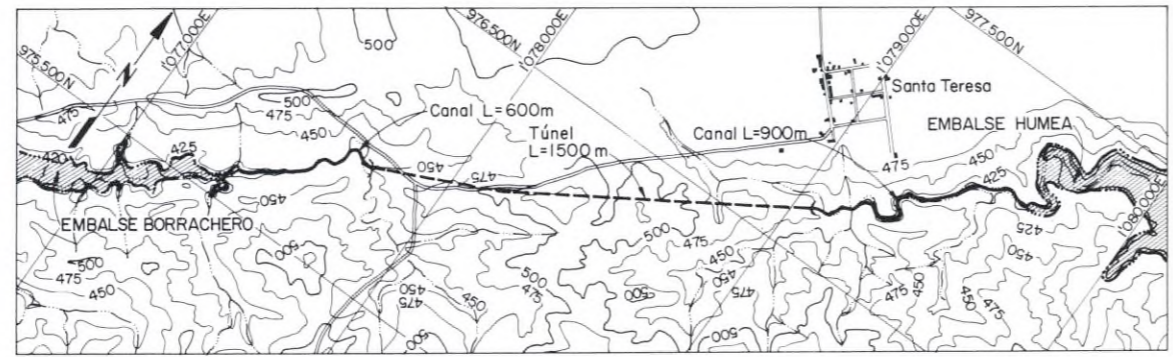
ESCALA INDICADA	Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá
FECHA: JUNIO 1982	PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO - GUAYURIBA
DIBUJO: C.E.M. S.A.D.	PROYECTO HUMEA
DISEÑO: C.E.M. S.A.D.	CONDUCCION GUATIQUIA - HUMEA
APROBADO: GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS CIA. LTDA.	PLANTA - SECCIONES TÍPICAS
ARCHIVO: 318-278-1888C	INTEGRAL LTDA.
	FIGURA H-9



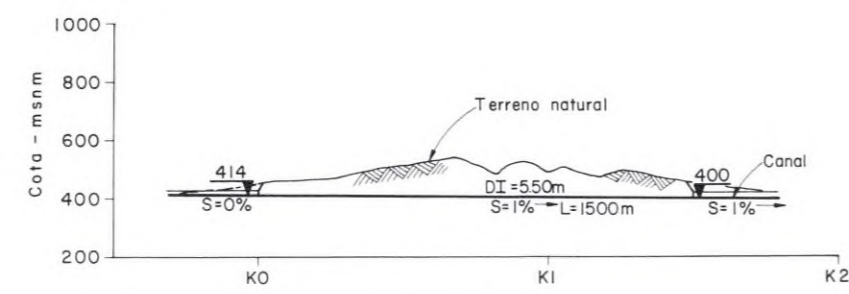
TUNEL GUATIQUEIA - LA CAMELIA
PLANTA
Escala A



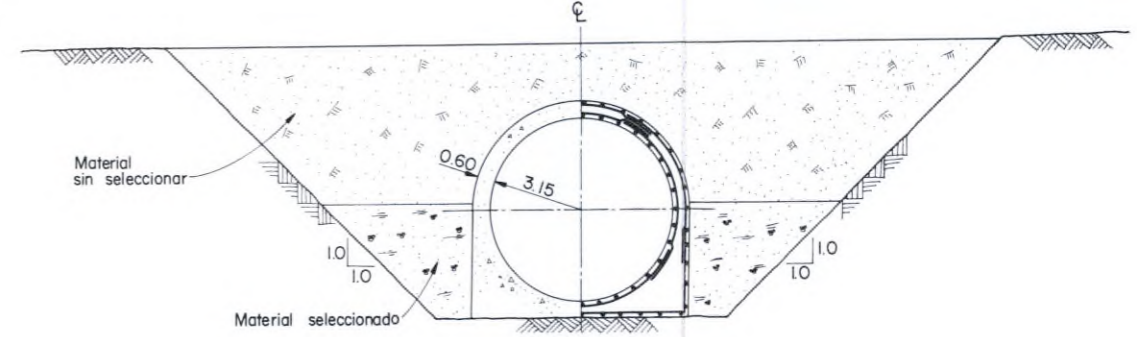
TUNEL GUATIQUEIA - LA CAMELIA (ALTERNATIVA)
PERFIL
Escala A



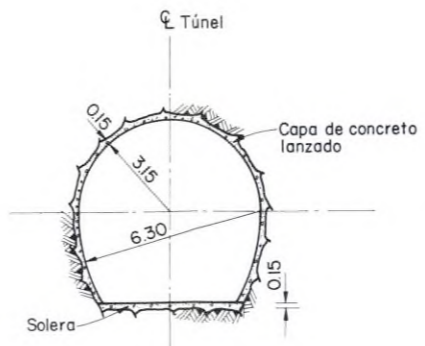
TUNEL CAÑO SUCIO
PLANTA
Escala A



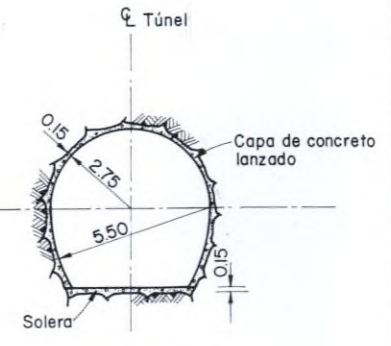
TUNEL CAÑO SUCIO
PERFIL
Escala A



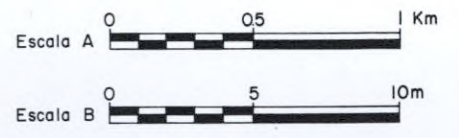
PASO RIO GUATIQUEIA
SECCION TIPICA
Escala B



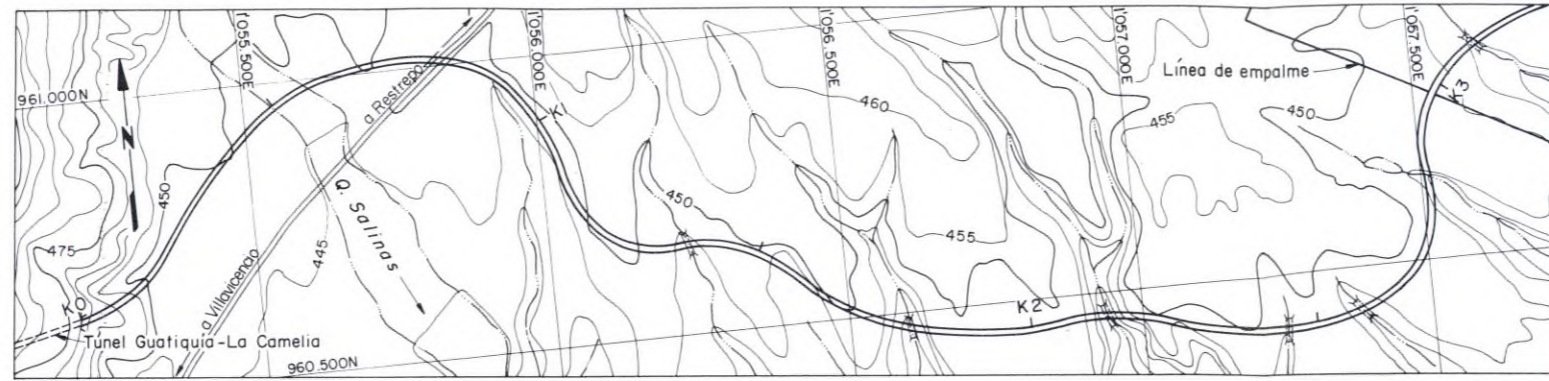
TUNEL GUATIQUEIA - LA CAMELIA
SECCION TIPICA
Escala B



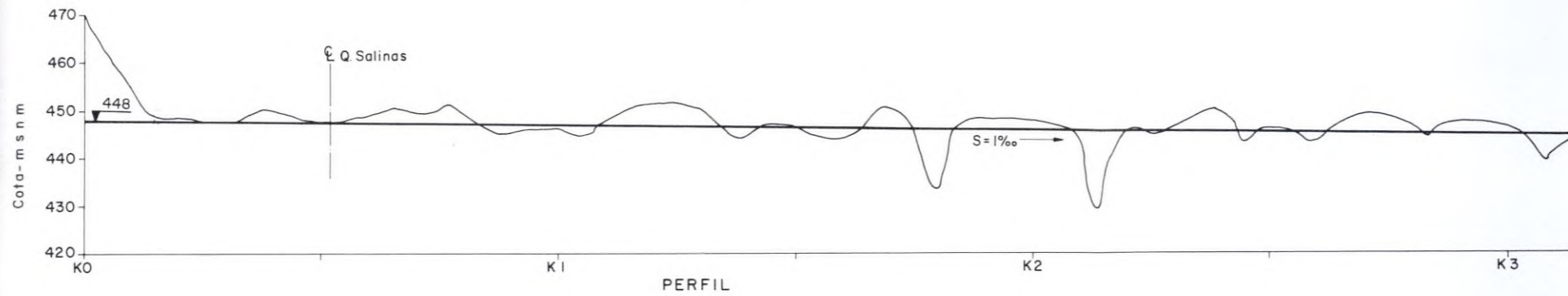
TUNEL CAÑO SUCIO
SECCION TIPICA
Escala B



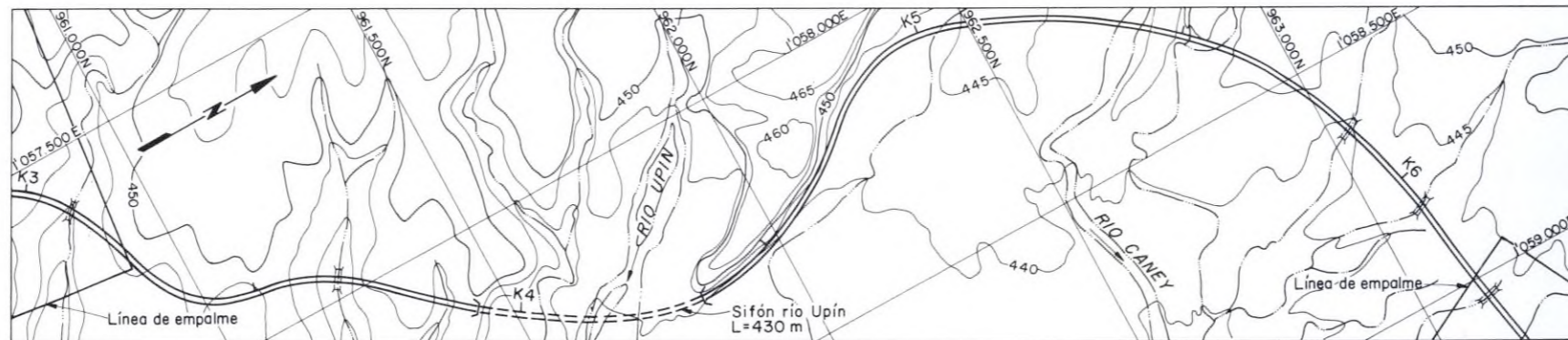
ESCALA: INDICADA	Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá
FECHA: JULIO 1982	PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO-GUAYURIBA
DIBUJO: CMG de Y.	PROYECTO HUMEA
DISEÑO:	CONDUCCION GUATIQUEIA-HUMEA
APROBADO:	TUNELES - PLANTAS, PERFILES Y SECCIONES
ARCHIVO: 318-270-1850-C	GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS CIA. LTDA. INTEGRAL LTDA.
	PLANO: H-10



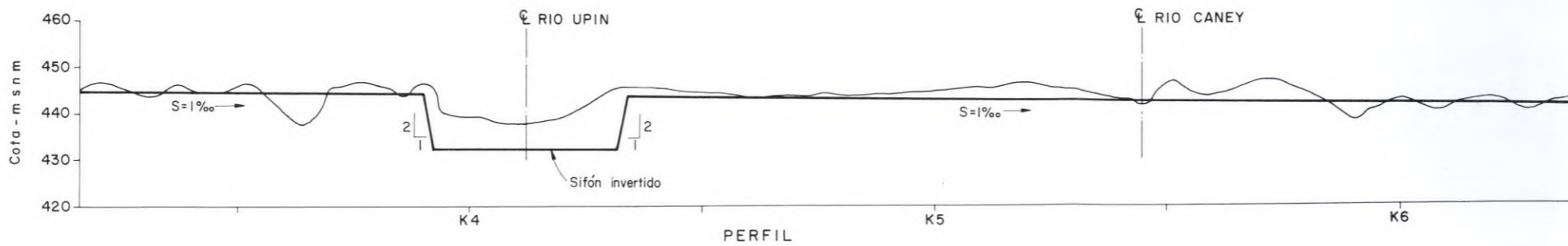
PLANTA



PERFIL



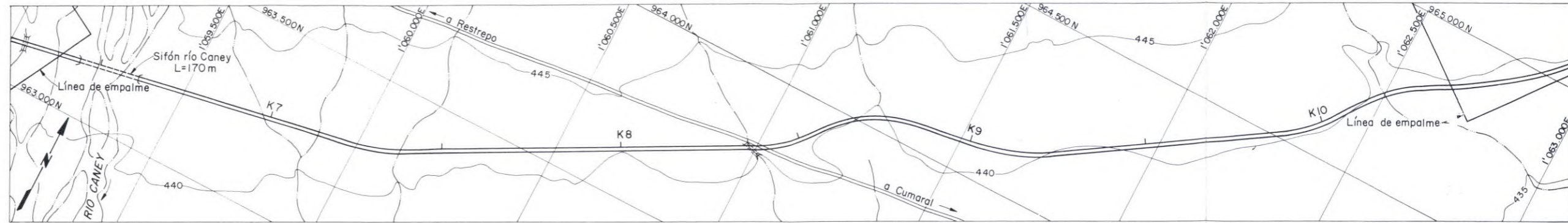
PLANTA



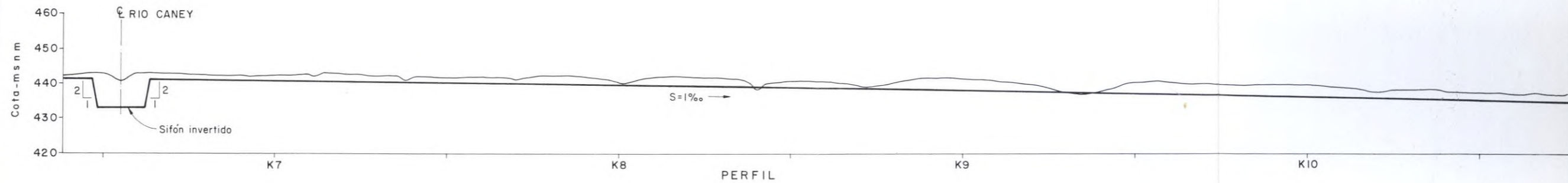
PERFIL



ESCALA: INDICADA		Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá
FECHA: JULIO 1982		PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO - GUAYURIBA
DIBUJO: P. F. C.		PROYECTO HUEMA CONDUCCION GUATIQUEIA - HUEMA CANAL K0+000 - K6+500
DISEÑO:		
APROBADO:		GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS CIA. LTDA.
ARCHIVO: 318-279-1859 C		INTEGRAL LTDA.
		FIGURA: H-11



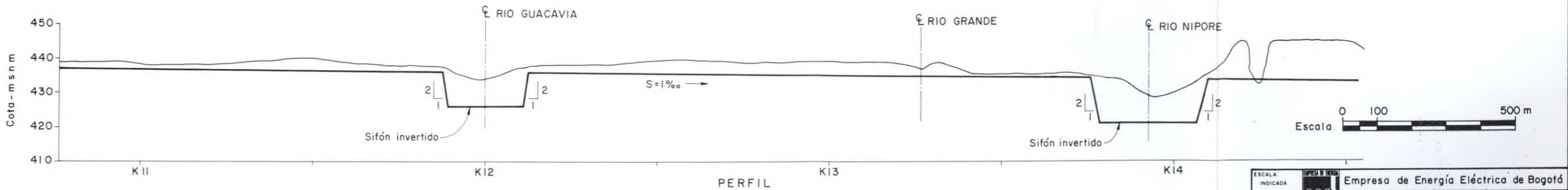
PLANTA



PERFIL

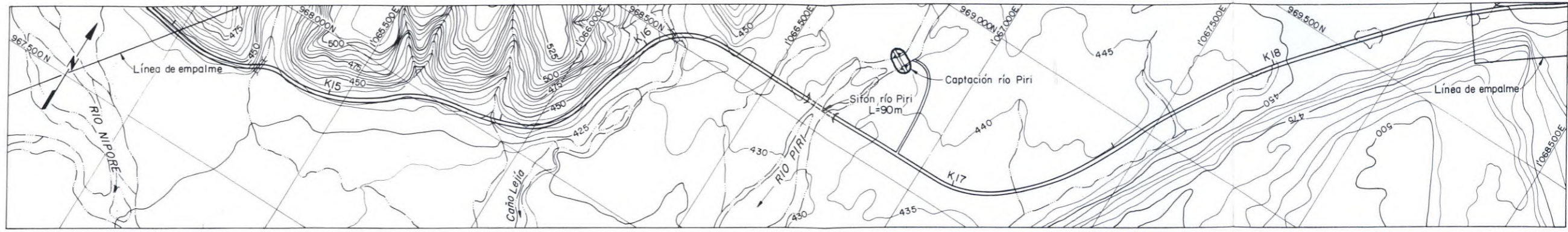


PLANTA

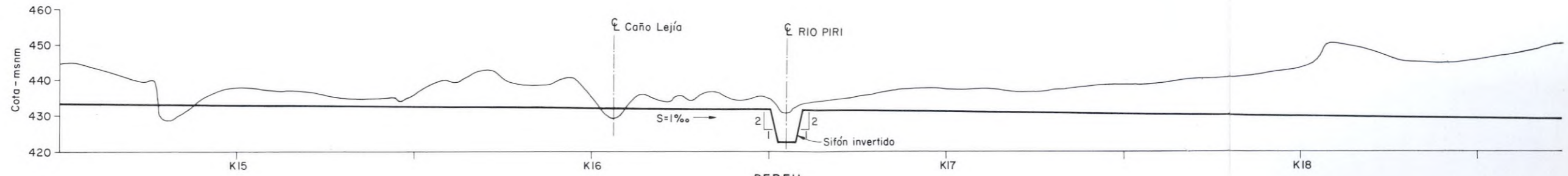


PERFIL

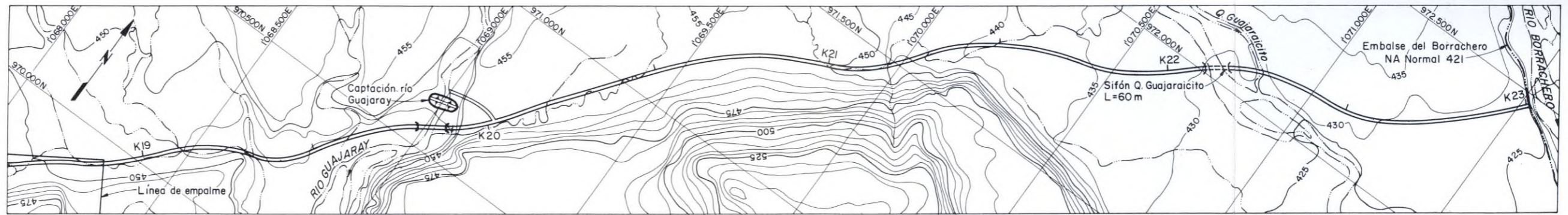
ESCALA: INDICADA		Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá
FECHA: JULIO 1982		PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO - GUAYURIBA
DIBUJO: P. F. C.	PROYECTO HUEA CONDUCCION GUATIQUEA - HUEA CANAL K6 + 500 - K14 + 420	
DISERNO:		
APROBADO:		GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS CIA. LTDA.
ARCHIVO: S18-280-1870 C		INTEGRAL LTDA.
		FIGURA: H-12



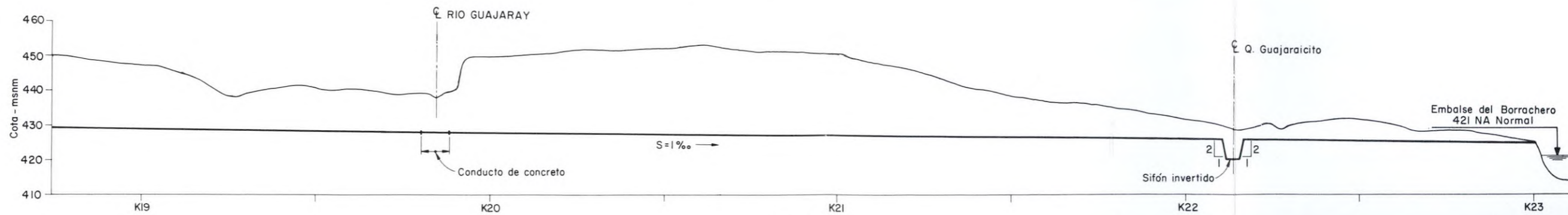
PLANTA



PERFIL



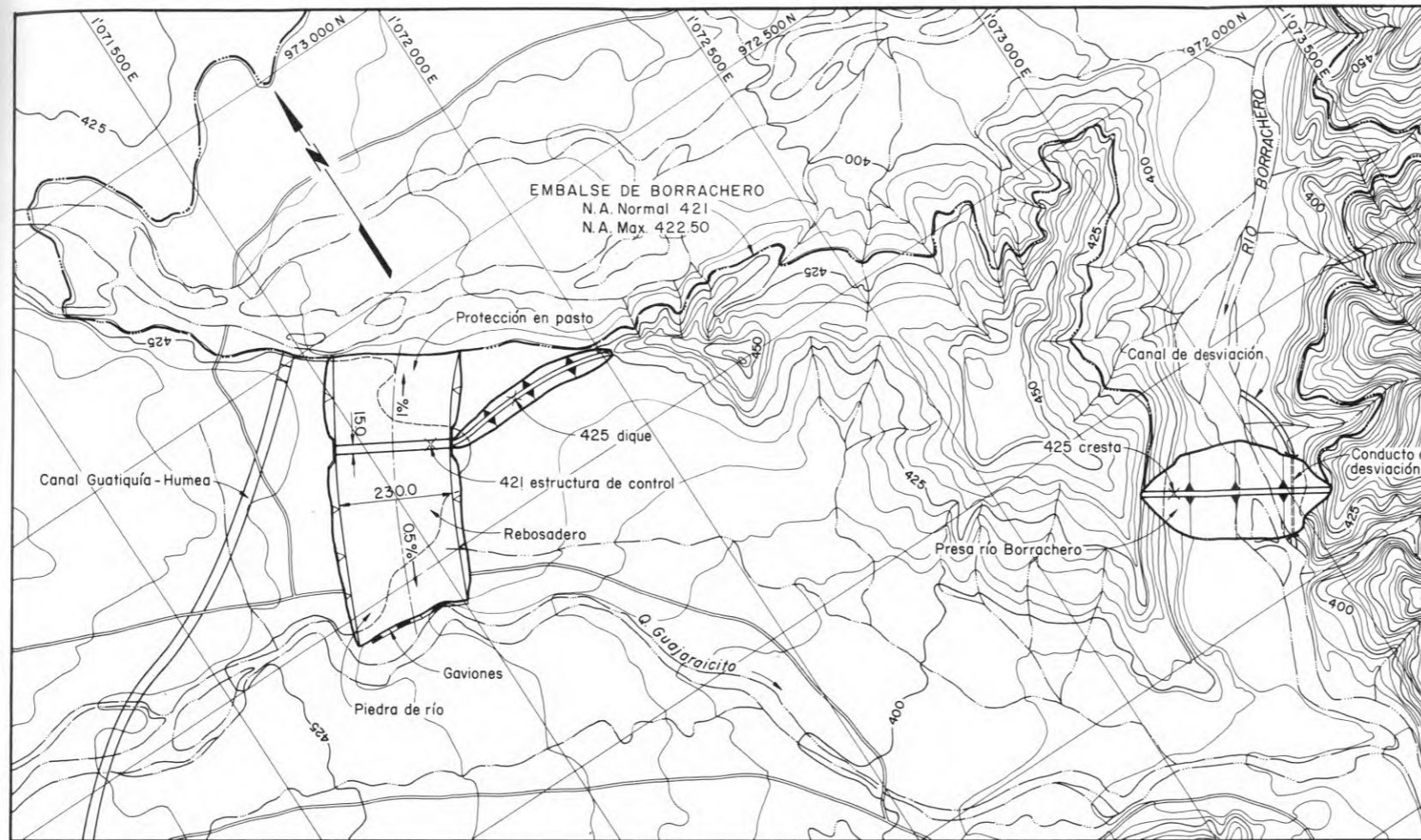
PLANTA



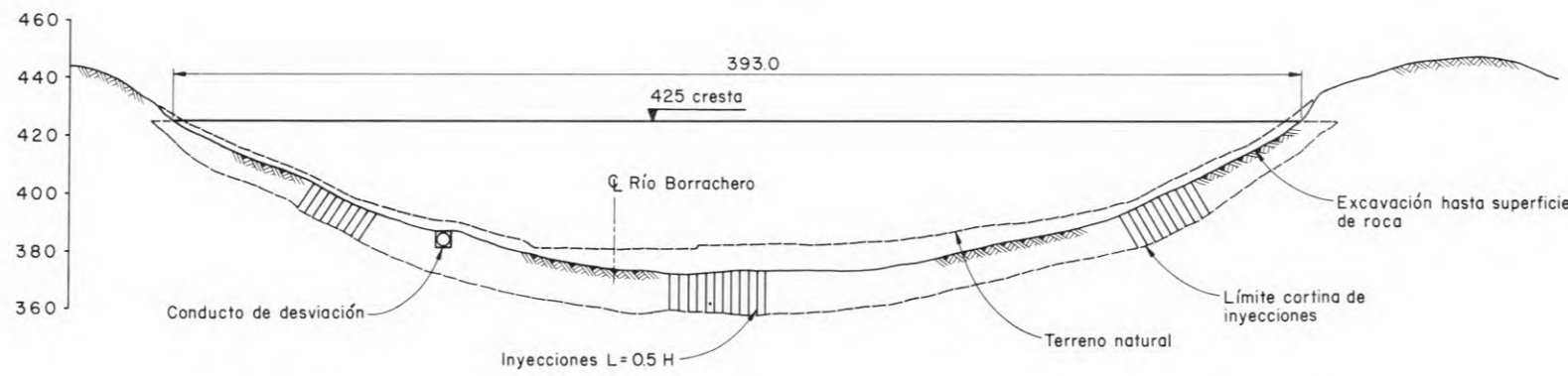
PERFIL



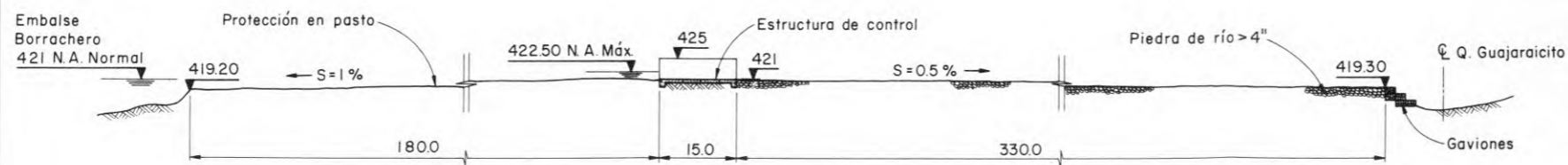
ESCALA: INDICADA		Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá
FECHA: JULIO 1982		PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO-GUAYURIBA
DIBUJO: CMG de T.		PROYECTO HUEA CONDUCCION GUATIQUA-HUEA CANAL K14+420-K23+000
DISEÑO:		GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS CIA. LTDA.
APROBADO:		INTEGRAL LTDA. CA
ARCHIVO: SIB-271-1851-C		FIGURA: H-13



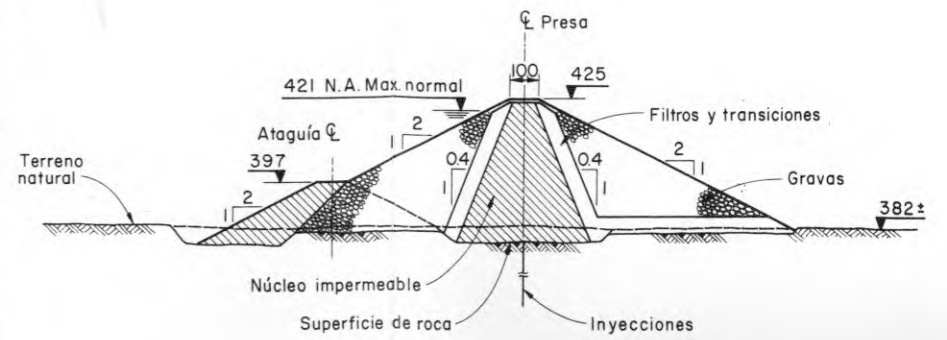
PLANTA
Escala A



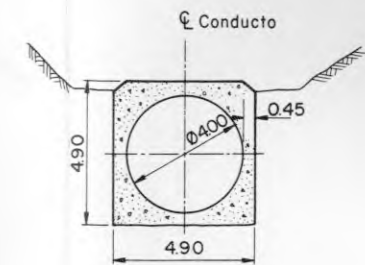
PRESA - CORTE LONGITUDINAL
CORTINA DE INYECCIONES
Escala B



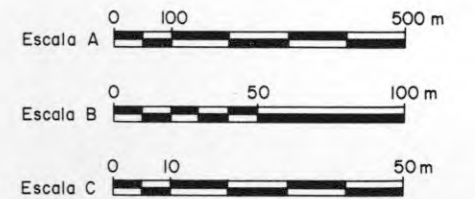
REBOSADERO
CORTE POR EL EJE
Escala C



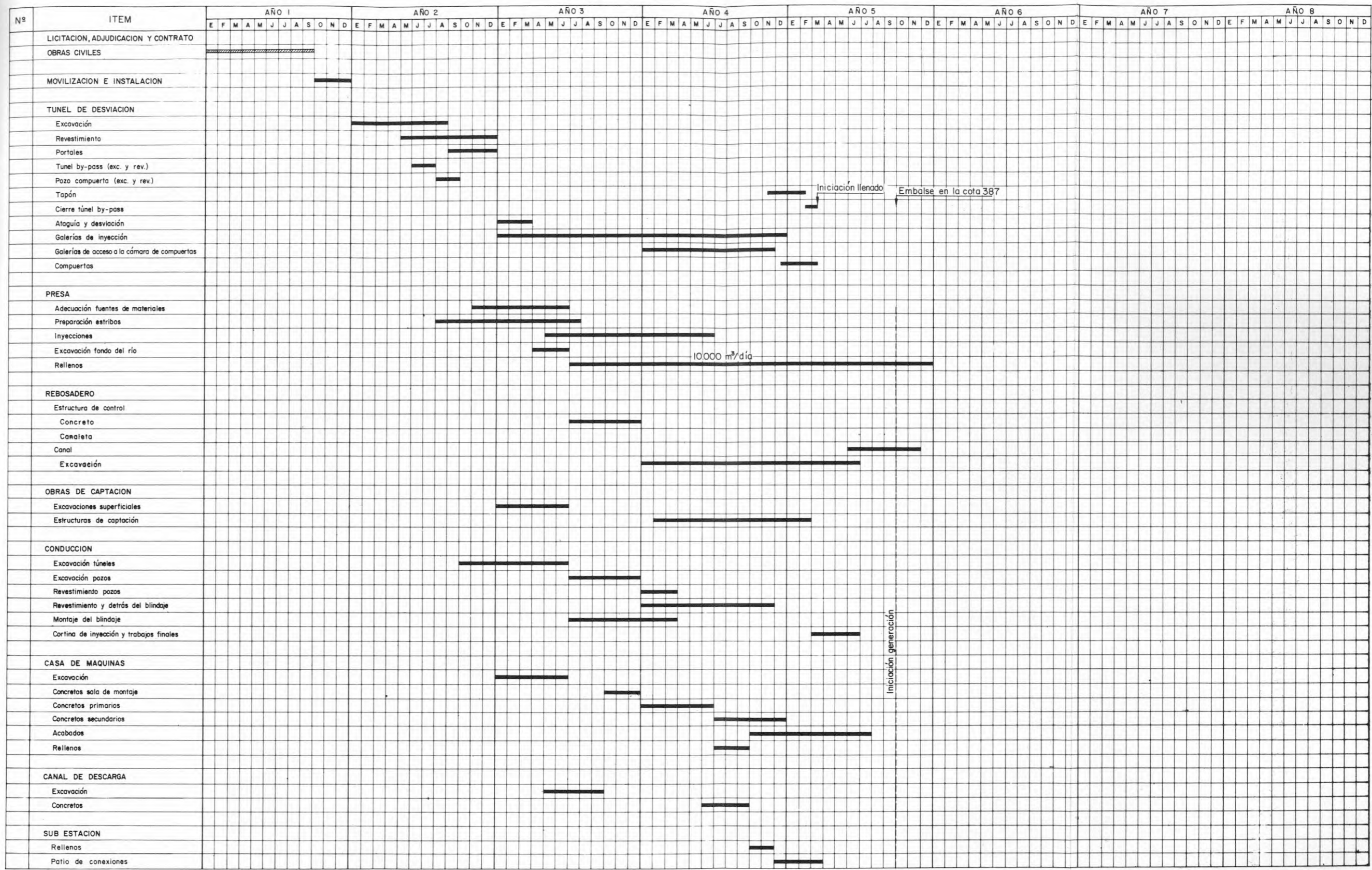
PRESA - SECCION MAXIMA
Escala B



CONDUCTO DE DESVIACION
SECCION TYPICA
Escala B



ESCALAS: INDICADAS	Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá.
FECHA: JUNIO 1982	PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO-GUAYURIBA
DIBUJO: D. D. D.	PROYECTO HUMEA DESVIACION-GUATIQUEA - HUMEA PRESA Y REBOSADERO RIO BORRACHERO
DISENO:	GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS CIA. LTDA.
APROBADO:	INTEGRAL LTDA.
ARCHIVO: 318-275-1865 C	FIGURA: H-14



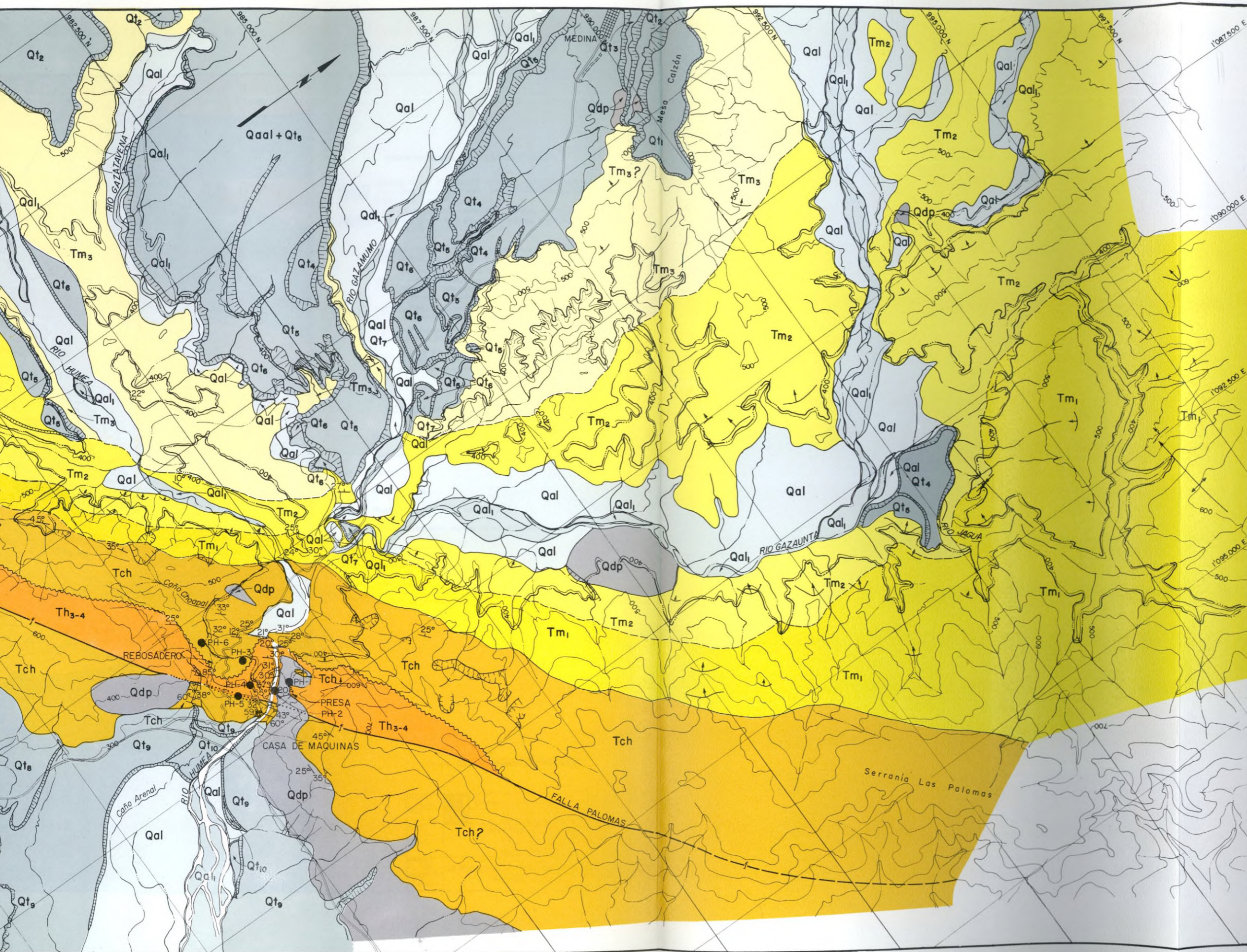
Iniciación llenado Embalse en la cota 387

10000 m³/día

Iniciación generación

Licitación, adjudicación y contrato [Hatched pattern]
 Fabricación y transporte [Dotted pattern]
 Construcción o montaje [Solid line]

ESCALA:	Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá	
FECHA:	PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO - GUAYURIBA	
DIBUJO:	PROYECTO HUEMA	
DISEÑO:	PROGRAMA DE CONSTRUCCION	
APROBADO:	HOJA 1 DE 2	
ARCHIVO:	GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS CIA. LTDA.	PLANO: H-15
	INTEGRAL LTDA.	



CONVENCIONES ESTRATIGRAFICAS

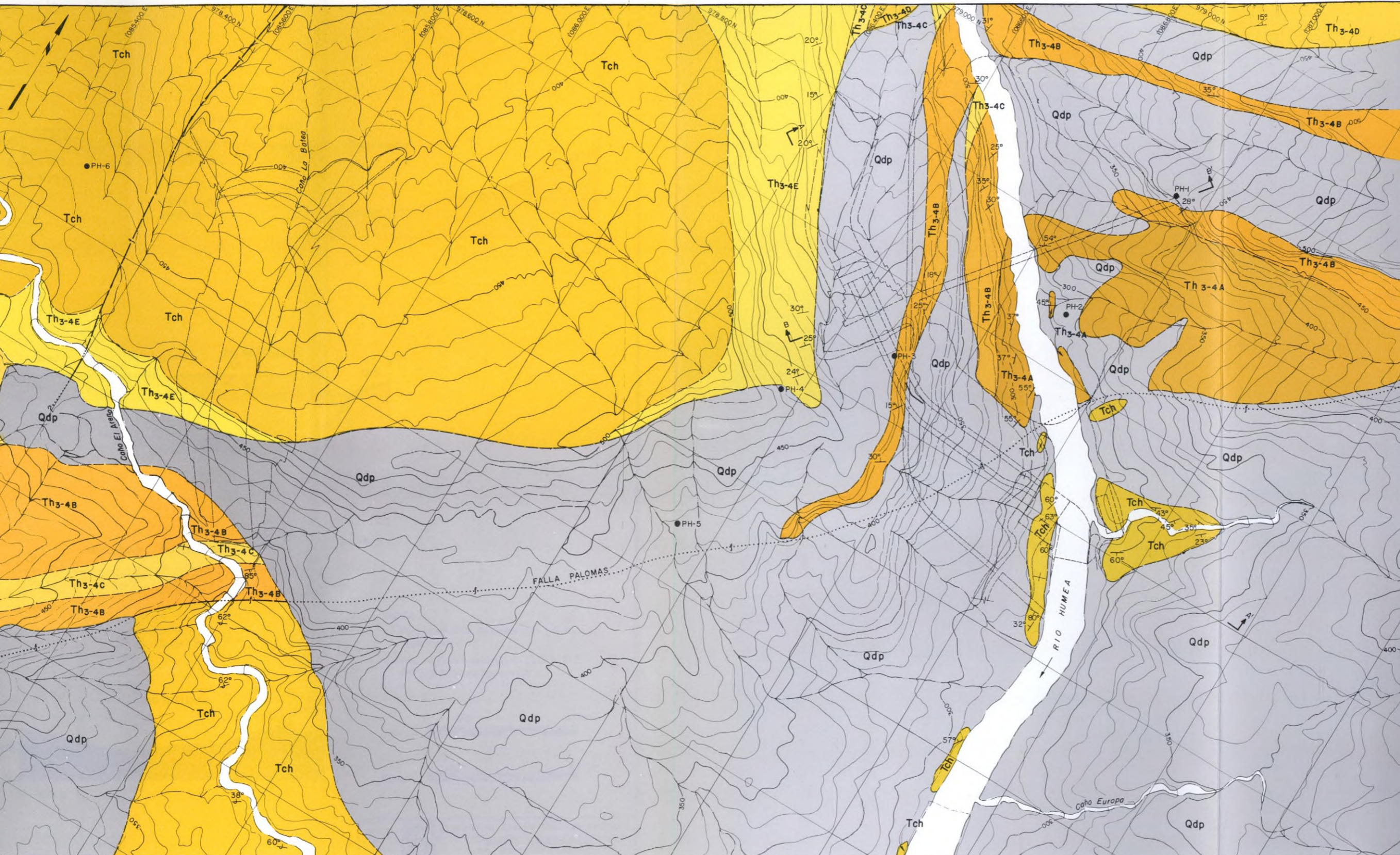
- QUATERNARIO**
- Qal1** DEPOSITO ALUVIAL.-Gravas, arenas y arcillas en el canal de estiaje, actualmente en proceso de transporte
 - Qal** DEPOSITO ALUVIAL.-Gravas, arenas y arcillas en las actuales llanuras aluviales, potencialmente transportables. Los clastos provienen de rocas volcánicas, sedimentarias, metamórficas de bajo grado y de intrusivos ácidos
 - Qdp** DERRUBIO DE PENDIENTE.-Conglomerados de grandes bloques en matriz limo-arcillosa
 - Qal1-10** ABANICO Y TERRAZAS ALUVIALES.-Depósito de antiguos abanicos aluviales y coluviales que han sido erosionados conformando superficies planas, levemente inclinadas. En esta región se reconocieron diez niveles denominados cada uno con un subíndice (Q1- Q10)
- GRUPO MEDINA**
- Tm1** FORMACION EL TIRO.-Sublitoarenitas blancas, grano fino a conglomerático, en bancos de 0.5 a 6.0m, esporádicas intercalaciones de lodolitas color marrón
 - Tm2** FORMACION CAÑO SUCIO.-Alternancia de sublitoarenitas blancas, grano fino a grueso, muy friables y lodolitas de color marrón; en bancos de 5.0 a 10.0m
 - Tm3** FORMACION PUERTO RICO.-Lodolitas color marrón, con esporádicas intercalaciones de areniscas y conglomerados
- TERCIARIO**
- Tch** FORMACION CHOAPAL.-Arenisca gris clara y arcillolita en la parte inferior, limolita gris clara y arcillolita con cintas de carbón en la parte media Parte superior alternancia de areniscas y arcillolitas
 - Th3-4** GRUPO HUMEA.- (Sin diferenciar). Parte inferior arcillolitas gris oscuras a marrón, blandas, plásticas, con intercalaciones de areniscas cuarzosas de grano fino a grueso. Parte superior, areniscas cuarzosas de grano grueso a conglomerático con alternancia de bancos de arcillolita plástica (espesores de 10.0 a 25.0m)

CONVENCIONES ESTRUCTURALES

- Contacto geológico definido
- Contacto geológico inferido
- Contacto geológico discordante
- Rumbo y buzamiento de estratificación 35°
- Rumbo y buzamiento vertical
- Buzamiento fotogeológico con escarpes
- Eje anticlinal con cabeceo
- Eje sinclinal con cabeceo
- Falla
- Falla cubierta
- Escarpe de terraza aluvial
- Derrumbe activo
- Perforación PH-1



ESCALA INDICADA	EMPRESA DE ENERGIA	Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá
FECHA: JULIO 1982	PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO - GUAYURIBA	
DIBUJO: C. J. G. R.	PROYECTO HUMEA	
DISEÑO: R. C. D.	EMBALSE	
APROBADO: [Signature]	MAPA GEOLOGICO	
ARCHIVO: 318-238-1686-0	GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS CIA. LTDA. INTEGRAL LTDA.	PLANO: H-16



CONVENCIONES ESTRATIGRAFICAS

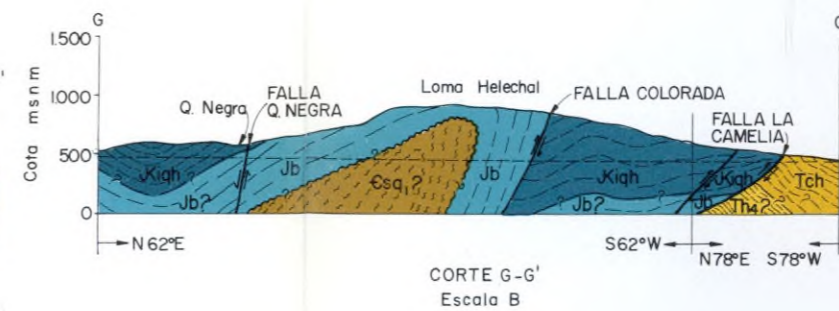
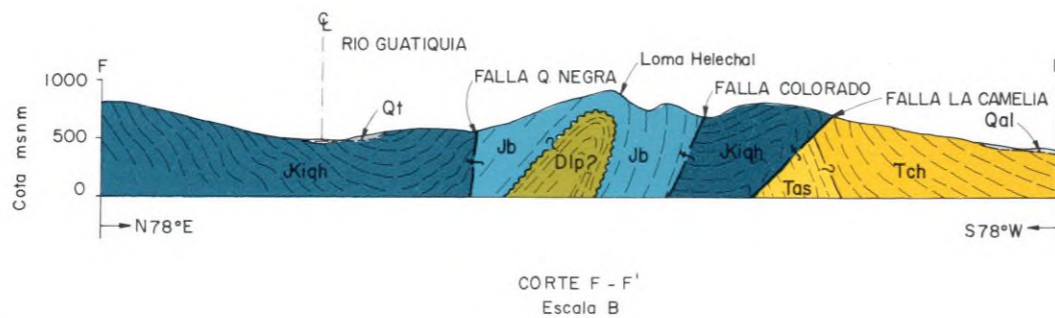
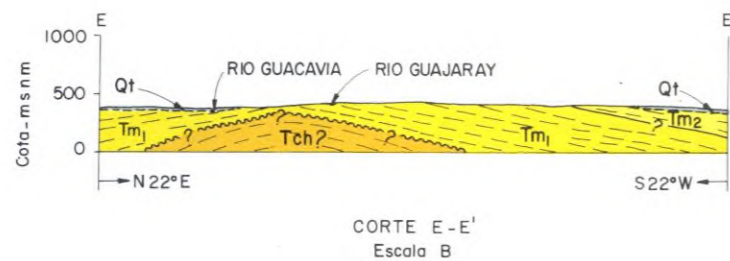
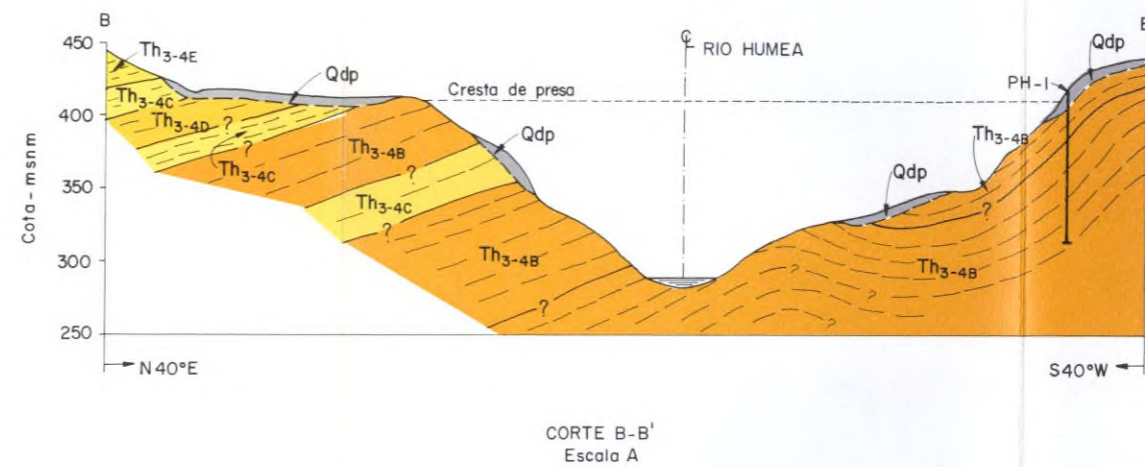
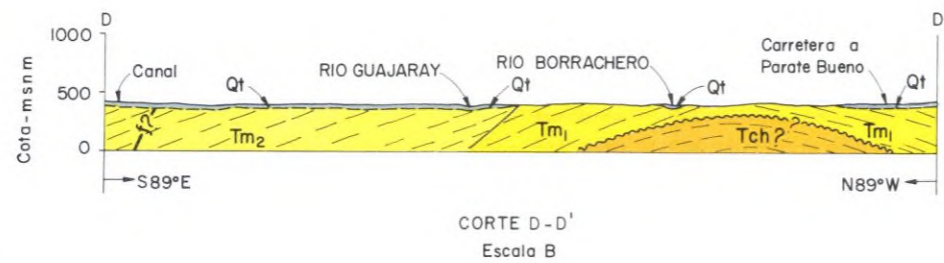
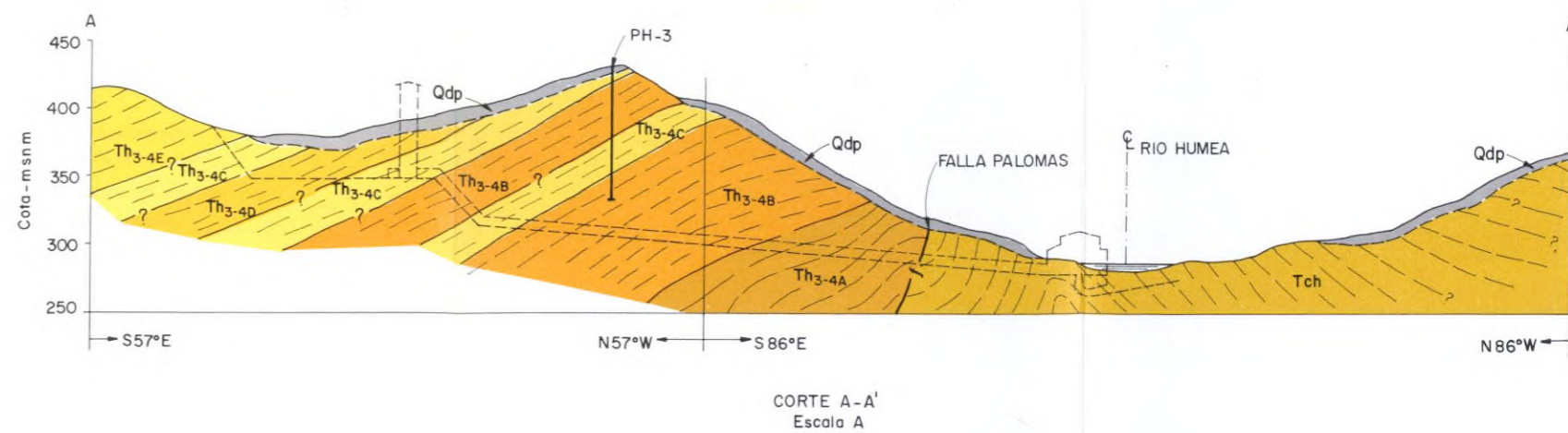
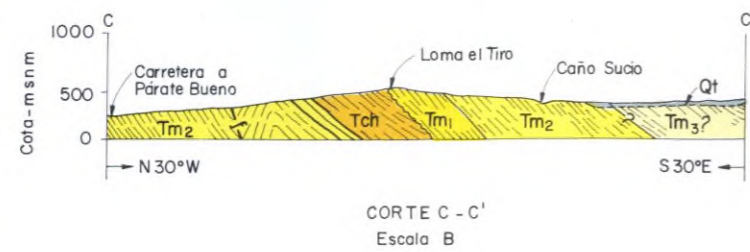
- Qdp** DERRUBIOS DE PENDIENTE- Bloques de arenisca gris-clara a gris-verdosa, cuarzosa, en matriz areno-arcillosa; con espesores variables entre 2 y 15 m.
- Tch** FORMACION CHOAPAL- Arcillolita gris-oscuro, limolita gris-verdosa, arenisca gris-clara a gris-verdosa y capas de carbón fusítico hacia la parte media
- Th3-4** GRUPO HUMEA
 - A** Alternancia de arcillolita gris-oscuro a negra, limolita gris-verdosa y arenisca gris verdosa - gris clara
 - B** Arenisca gris clara a amarilla, cuarzosa, de grano fino a conglomerático, de subangular a subredondeado, con venas de carbón y restos de vegetales carbonosos, en estratos de 0.5 a 3.0m.
 - C** Ladolitas y arcillolitas gris-oscuro con manchas violáceas, con delgadas intercalaciones de arenisca de grano fino
 - D** Arenisca gris-clara, cuarzosa, grano muy fino, en estratos de 10-30cms.
 - E** Arenisca gris clara a verdosa, de grano fino a muy fino, en estratos de 10-80cms. hacia la parte superior y grano grueso en estratos de 0.5 a 3.0m. hacia la base

CONVENCIONES ESTRUCTURALES

- Contacto geológico
- - - Contacto geológico inferido
- Falla
- - - Falla cubierta
- 45° Rumbo y buzamiento de estratificación
- + Rumbo y buzamiento vertical de estratificación
- 38° Buzamiento invertido
- PH-4 Perforación
- A Corte geológico
- Contorno de las obras



ESCALA INDICADA		Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá.
FECHA:		PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO - GUAYURIBA
DISEÑO:	L.P.G.	PROYECTO HUMEA
APROBADO:		SITIO DE PRESA
ARCHIVO:		MAPA GEOLOGICO
		GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS CIA. LTDA.
		INTEGRAL LTDA.
		PLANO: H-17

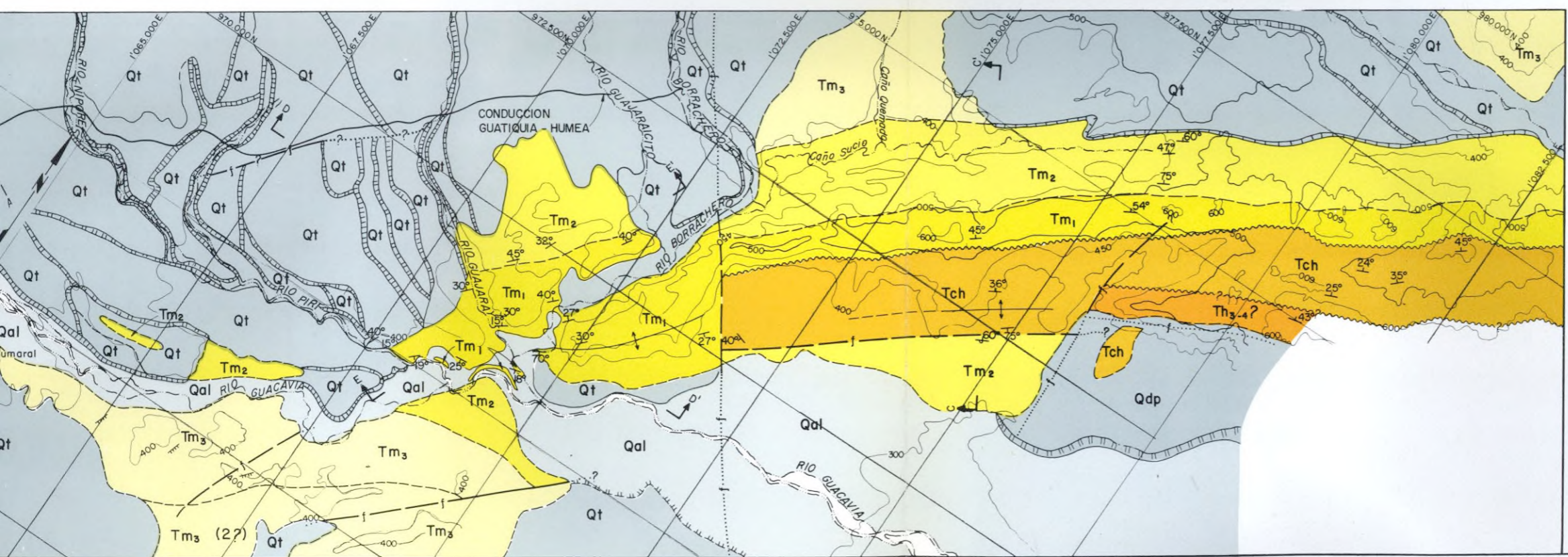
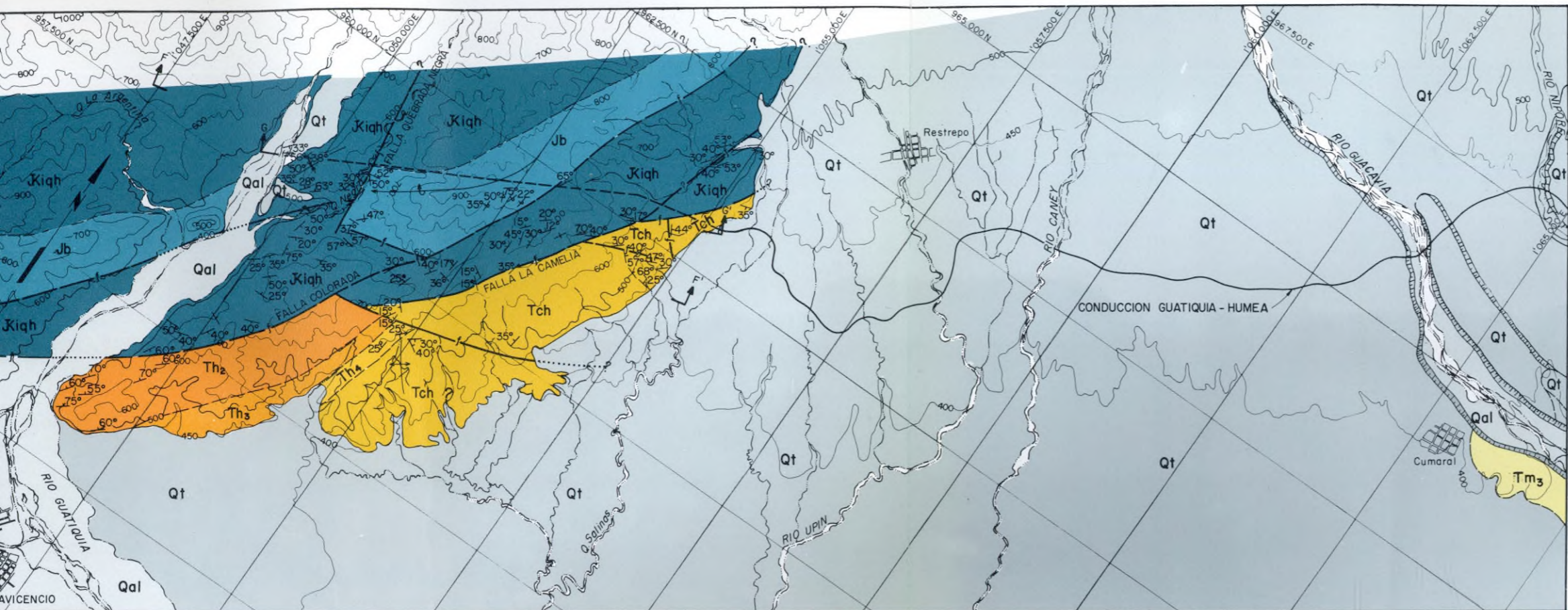


NOTA:

- 1 - Para localización de cortes A-A' y B-B'. Véase figura H-17
- 2 - Para localización de cortes C-C', D-D', E-E', F-F' y G-G'. Véase figura H-19



ESCALA INDICADA	IMPRESA DE NEGRO	Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá
FECHA: JULIO 1982	PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO - GUAYURIBA	
DIBUJO: M.E.G.	PROYECTO HUEA	
DISEÑO:	CORTES GEOLOGICOS	
	AREA DEL SITIO DE PRESA	
	Y CONDUCCION GUATIQUIA-HUEA	
APROBADO:		PLANO
ARCHIVO: 318-266-1848-G	GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS CIA. LTDA.	H-18
	INTEGRAL LTDA.	



CONVENCIONES ESTRATIGRAFICAS

- Qal** DEPOSITOS ALUVIALES - Bloques, cantos y gravas sueltas en matriz limo arenosa. Se presentan clastos de rocas volcánicas, sedimentarias y metamórficas de bajo grado.
- Qt** TERRAZAS - Constituidas por bloques, guijarros y gravas, subangulares, provenientes de intrusivos ácidos, y clastos de rocas sedimentarias y metamórficas (con mala selección) dentro de matriz areno-limosa. Presentan espesores variables entre 2 y 50 m
- Tm1** GRUPO MEDINA
FORMACION EL TIRO - Sublitoarenitas blancas, de grano fino a conglomerático, en bancos de 0.5 a 6.0m; esporádicas intercalaciones de lodolitas color marrón
- Tm2** FORMACION CAÑO SUCIO - Alternancia de sublitoarenitas blancas, de grano fino a grueso, muy friables, y lodolitas de color marrón; en bancos de 5 a 10 m
- Tm3** FORMACION PUERTO RICO - Lodolitas color marrón, con esporádicas intercalaciones de areniscas y conglomerados
- Tch** FORMACION CHOAPAL - Arenisca gris clara y arcillolita en la parte inferior; limolita gris clara y arcillolita con cantos de carbón en la parte media. Alternancia de areniscas y arcillolitas hacia la parte superior
- Th2-4** GRUPO HUMEA - Th2: areniscas duras; Th3-4: Parte inferior, arcillolitas gris oscuras a marrón, blandas, plásticas, con intercalaciones de arenisca cuarzosa de grano fino a grueso. En la parte superior, areniscas cuarzosas de grano grueso a conglomerático con intercalaciones de bancos de arcillolita, plástica. En Th4 se presentan manifestaciones de asfalto
- Kiqh** FORMACION QUEBRADA HONDA - En la base: conglomerados polimíticos regularmente seleccionados, calizas y margas gris oscuras con variaciones graduales. Hacia el tope: lutita arcillosa, fisible. El nivel inferior está en transición con la Formación Brecha de Buenavista (Jb)
- Jb** FORMACION BRECHA DE BUENAVISTA - Brecha conglomerado de bloques y guijarros (paleozoicos) redondeados a angulares en matriz arenosa, localmente con algunas capas de lutita, limolita y arenisca

CONVENCIONES ESTRUCTURALES

- Contactos geológicos
- - - Contactos geológicos inferidos
- ~ ~ ~ Contactos geológicos discordantes
- | Falla
- | Falla cubierta
- 35° Rumbo y buzamiento de estratificación
- 40° Rumbo y buzamiento vertical de estratificación
- 40° Buzamiento invertido
- Buzamiento fotogeológico
- Eje sinclinal
- Eje anticlinal
- Eje anticlinal invertido
- Escarpes
- Corte geológico
- Contorno de las obras



ESCALA INDICADA		Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá
FECHA		PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO - GUAYURIBA
DIBUJO	CEM 42	PROYECTO HUMEA CONDUCCION GUATIQUIA-HUMEA MAPA GEOLOGICO
DISEÑO	MEG	
APROBADO		GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS CIA. LTDA INTEGRAL LTDA.
ARCHIVO	318-281-1871 G	

FECHA DE VENCIMIENTO

Ministerio de Minas y Energía
BIBLIOTECA

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA



01001163

BIBLIOTECA

Desarrollo hidroeléctrico de los ríos Negro y Humea : informe de factibilidad / Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá

333.91409861 E55d V.4 Ej.1

FECHA
PEDIDO

PRESTADO A

FECHA
DEVUELTO