

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA

**APROVECHAMIENTO HIDROELECTRICO
DE LOS RIOS FONCE Y SUAREZ**

1982



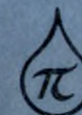
ISA Interconexión Eléctrica S. A.

**APROVECHAMIENTO HIDROELECTRICO DE LOS RIOS
FONCE Y SUAREZ**

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD

RESUMEN

ESTUDIO FINANCIADO POR EL FONDO NACIONAL DE PROYECTOS DE DESARROLLO - FONADE



INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA.

Ingenieros Consultores

MAYO DE 1982



INGENIERIA E HIDROSISTEMAS



ISA Interconexión Eléctrica S. A.

**APROVECHAMIENTO HIDROELECTRICO DE LOS RIOS
FONCE Y SUAREZ**

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD

RESUMEN

ESTUDIO FINANCIADO POR EL FONDO NACIONAL DE PROYECTOS DE DESARROLLO- FONADE



INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA.

Ingenieros Consultores

MAYO DE 1982



CONTENIDO

	<u>Página</u>
I. INTRODUCCION	
II. DESCRIPCION DE LOS PROYECTOS	3
2.1 Proyecto Fonce	3
2.2 Proyecto Cabrera	4
2.3 Proyecto Galán	5
III. COSTOS Y PROGRAMAS DE CONSTRUCCION	7
IV. ASPECTOS BASICOS	8
4.1 Cartografía y Topografía	8
4.2 Hidrometeorología y Sedimentos	8
4.3 Geología y Geotecnia	10
4.4 Aspectos Socioeconómicos	15
4.5 Aspectos Ecológicos y Ambientales	17
4.6 Infraestructura Vial	18
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20
- CUADROS	
- FIGURAS	
- PLANOS	



INTRODUCCION

Como resultado tanto del Inventario de los Recursos Hidroeléctricos del país como del programa de estudios del Sector Eléctrico, ISA decidió estudiar a nivel de factibilidad en dos etapas el desarrollo hidroeléctrico del río Fonce, y del río Suárez luego de su confluencia con el anterior.

El estudio de factibilidad en dos etapas de la hoya Fonce-Suárez fué encomendada por ISA a la firma consultora Ingeniería e Hidrosistemas Ltda., mediante el Contrato ISA-1068; las investigaciones correspondientes se han venido adelantando desde el mes de Noviembre de 1980.

La primera etapa del estudio, correspondiente al análisis de prefactibilidad, estuvo orientada a definir el esquema de desarrollo más conveniente para la hoya desde los puntos de vista técnico y económico. Estos estudios mostraron que el esquema más conveniente consiste en un aprovechamiento del río Fonce con descarga en el mismo río, aguas arriba de su confluencia con el Suárez, y el aprovechamiento del río Suárez mediante dos proyectos denominados Cabrera y Galán, ubicados el primero inmediatamente aguas abajo de la confluencia con el Fonce y el segundo aguas abajo del puente Punteadero de la vía Socorro-Galán.

El esquema así definido permite dos alternativas para el proyecto Cabrera, una de pie de presa y otra con conducción; dependiendo de la alternativa seleccionada para el proyecto Cabrera, el desarrollo de la hoya Fonce-Suárez permite instalar entre 1500 y 1660 Mw que producirían una generación media total entre 8054 y 9230 Gwh/año.

Las características de capacidad, generación y costos para los proyectos son las siguientes:

Proyecto	Capacidad Instalada (Mw)	Generación Media (Gwh/año)	Costo Total (10 ⁶ US\$)	Costos Unitarios (US\$/Kw) (US¢/Kwh)	
Fonce	500	2680	328.9	658	1.53
Cabrera					
Alt. Conducción	660	3695	494.7	750	1.67
Alt. pie de presa	500	2520	325.3	651	1.61
Galán	500	2855	386.3	773	1.69



En este resumen se presentan las principales características técnicas y económicas de los proyectos propuestos dentro del esquema de desarrollo y las recomendaciones para la continuación de los estudios.

En volúmenes separados se presentan el Informe General y sus Anexos que contienen la descripción detallada de los estudios realizados y los resultados obtenidos.



DESCRIPCION DE LOS PROYECTOS

La zona en estudio comprende la hoya del río Fonce desde sus cabeceras hasta su confluencia con el río Suárez y la hoya del río Suárez desde allí hasta la confluencia del río Chicamocha. La zona, ubicada en el departamento de Santander, se indica en el Plano No.1.

Dentro de la etapa de prefactibilidad se analizaron desde los puntos de vista técnico y económico los esquemas propuestos en los estudios anteriores de reconocimiento, adelantados por Samel Ingenieros, ISA y el IRH, así como alternativas adicionales planteadas durante la presente etapa; finalmente se seleccionó la alternativa de desarrollo integrada por los proyectos que se describen a continuación.

2.1 PROYECTO FONCE

Contempla el aprovechamiento del río Fonce mediante una presa ubicada inmediatamente aguas abajo de la confluencia del río Mogoticos y una conducción de 12 kilómetros hasta una casa de máquinas subterránea que descarga sus aguas al río Fonce antes de su confluencia con el Suárez, aprovechando una caída media neta de 440 metros. La presa de enrocado con cara de concreto, tendrá una altura máxima de 102 metros y un volumen de 3.8 millones de metros cúbicos. Su cresta estará a la cota 1225 creando un embalse con su nivel máximo normal a la cota 1220. El embalse creado proporciona un volumen total de 195 millones de metros cúbicos de los cuales 145 son útiles para regulación y generación.

En el sitio de aprovechamiento el río tiene un caudal medio de 81.2 metros cúbicos por segundo, en base al cual, y previos los estudios de regulación y generación, se definió un caudal de diseño de 135 metros cúbicos por segundo.

Las aguas del río Fonce serán conducidas mediante un túnel en herradura de 5.70 metros de diámetro y 10.610 metros de longitud que empata con una tubería de presión subterránea de 1.410 metros de longitud y 4.5 metros de diámetro hasta una casa de máquinas subterránea ubicada dentro del macizo rocoso de la Formación Rosablanca en la margen izquierda del río Fonce. La casa de máquinas alojará 3 turbinas Francis de eje vertical. Las aguas serán luego descargadas al río Fonce mediante un túnel de 1080 metros de longitud y sección de 6.0 x 8.4 metros (b x h).

La capacidad instalada prevista para el proyecto Fonce es de 500 Mw, que permitirán generar 2680 Gwh/año en promedio, de los cuales 1430 Gwh/año son firmes.

En los planos 2 y 3 se muestran las estructuras principales del proyecto.



Se estudió la posibilidad de mejorar la regulación del proyecto mediante la construcción de dos represas localizadas aguas arriba, en los ríos Táquiza y Pienta, afluentes del río Fonce. La construcción de dichas presas no se encontró justificable en términos económicos actuales, pero podrá ser contemplada en el futuro para incrementar la producción de energía firme del proyecto.

2.2 PROYECTO CABRERA

Aprovecha el río Suárez luego de la confluencia del Fonce mediante una presa ubicada unos 2 kilómetros aguas abajo de esta confluencia y una conducción de 7600 metros hasta el sitio de casa de máquinas subterránea ubicada en la margen derecha del río Suárez. También se estudió y se presenta en este resumen la alternativa del proyecto Cabrera que contempla un aprovechamiento de pie de presa; en este caso la presa y obras anexas tendrían las mismas características que la alternativa con conducción larga.

La presa de Cabrera será del tipo de enrocado con núcleo impermeable, con una altura máxima de 120 metros y un volumen de 6.5 millones de metros cúbicos. Su corona estará ubicada a la cota 730, creando un embalse con nivel máximo normal a la cota 725 y con un volumen total de 400 millones de metros cúbicos, de los cuales 100 millones serían útiles para regulación.

En el sitio de aprovechamiento el río Suárez tiene un caudal medio de 298.4 metros cúbicos por segundo, sobre los cuales existiría regulación parcial adicional mediante los embalses del proyecto Fonce, sobre el río Fonce, y el proyecto Chimera sobre el río Suárez; este último en estudio por parte del ICEL. Previos los análisis de regulación y generación se adoptó un caudal de diseño del proyecto de 450 metros cúbicos por segundo.

En el caso de la alternativa con conducción, el proyecto contempla la construcción de 2 túneles con sección en herradura de 7.3 metros de diámetro y 7300 metros de longitud, cada uno de los cuales se bifurca al final en dos tuberías de 300 metros de longitud y 5.10 metros de diámetro. Para esta alternativa la casa de máquinas será subterránea y alojará 4 unidades de 165 Mw cada una, para una capacidad total instalada de 660 Mw. Las turbinas serán Francis de eje vertical y aprovechan una cabeza media neta de 177 metros.

Los túneles de fuga serán 2, con una longitud de 300 metros cada uno y sección de 7.0 x 10.0 metros (b x h).

Para esta alternativa del proyecto Cabrera se estima una producción anual de 3695 Gwh, de los cuales 2390 Gwh/año serían firmes.



En el caso de la alternativa de pie de presa, la conducción se hará mediante 2 túneles de 1080 metros de longitud y sección en herradura de 8.9 metros de diámetro que se bifurcan cada uno en dos tuberías de 400 metros de longitud y 5.4 metros de diámetro; para esta conducción se aprovecharían parcialmente los conductos de desviación. La casa de máquinas superficial alojará 4 unidades tipo Francis de eje vertical de 125 Mw cada una, que aprovechan 118 metros de caída media neta para una instalación total de 500 Mw.

Para la alternativa de Cabrera pie de presa se ha estimado una generación media anual de 2520 Gwh, de los cuales 1535 Gwh/año serían firmes.

Como se ve la alternativa con conducción larga produce una generación adicional de 1176 Gwh/año de energía media y 853 Gwh/año de energía firme; la alternativa de pie de presa ofrece en cambio la ventaja de un período de ejecución más corto.

En los Planos 4 y 5 se presenta el proyecto Cabrera con su alternativa de conducción y en el Plano No.6 se presenta la alternativa de pie de presa.

2.3 PROYECTO GALAN

El proyecto Galán aprovecha el río Suárez mediante una presa ubicada 5 kilómetros aguas abajo del puente Punteadero de la vía Socorro-Galán y una conducción de 7265 metros de longitud hasta una casa de máquinas subterránea ubicada en la margen derecha del río Suárez. Mediante el esquema propuesto se aprovecharía una caída media neta de 135 metros.

La presa de enrocado con núcleo de arcilla, tendrá una altura máxima de 72 metros y un volumen total de 3.2 millones de metros cúbicos. Su corona está ubicada a la cota 530.

El proyecto Galán es del tipo filo de agua, aprovechando la regulación producida por los embalses de aguas arriba (Cabrera, Fonce y Chimera). La presa crearía un pequeño pondaje con un volumen total de 70 millones de metros cúbicos que permitiría una regulación diaria para operación de la central.

En el sitio de presa propuesto el río tiene un caudal medio de 303.9 metros cúbicos por segundo. El caudal de diseño para la central se ha establecido en 450 metros cúbicos por segundo.

La conducción se hará mediante 2 túneles de 7150 metros de longitud y con sección en herradura de 7.3 metros de diámetro, cada uno de los cuales se divide en 2 tuberías de 115 metros de longitud y 5.4 metros de diámetro, para alimentar cuatro unidades generadoras de 125 Mw cada una.



III

COSTOS Y PROGRAMAS DE CONSTRUCCION

Para la estimación de costos y períodos de construcción se utilizó la información disponible sobre costos unitarios y rendimientos para otros proyectos similares construídos ó en construcción en el país, así como información obtenida de fabricantes y constructores.

En los Cuadros 2 a 5 se presentan los presupuestos generales de los proyectos a precios de Junio de 1981 y para un valor de \$ 55 por dólar. Se indican también los costos unitarios de instalación y generación que incluyen tanto los costos directos de construcción como los imprevistos, los costos de ingeniería y administración sin intereses durante la construcción. Para el cálculo de valor presente y costo anual del proyecto se utilizó una tasa de retorno del 12.5% y una vida útil de 50 años.

En las Figuras 1 a 4 se presentan los programas de construcción para cada uno de los proyectos.



IV

ASPECTOS BASICOS

4.1 CARTOGRAFIA Y TOPOGRAFIA

A la iniciación de los estudios solo se disponía de cartografía a escala 1:25.000 con curvas de nivel cada 25 ó 50 metros. Posteriormente mediante la colaboración del IGAC se obtuvo la cartografía 1:10.000 con curvas de nivel cada 25 ó 50 metros correspondiente al programa Boyacá-Santanderes adelantado por ese Instituto. Luego, al avanzar en los estudios, fué posible definir áreas para las cuales, utilizando las fotografías aéreas con escala aproximada 1:30.000 tomadas por el IGAC para el mencionado programa Boyacá-Santanderes, se produjeron restituciones a escala 1:10.000 con curvas de nivel cada 10 metros en las zonas de embalse y ampliaciones 1:5.000 con curvas de nivel cada 5 metros para las zonas de presa y casas de máquinas.

Las restituciones ejecutadas en el transcurso de esta etapa del estudio permitieron una mejor aproximación en la estimación de cantidades y volúmenes, pero para las etapas posteriores del estudio se requerirán nuevas fotografías y restituciones más precisas en algunas zonas de los proyectos.

Simultáneamente con los trabajos de restitución se adelantaron levantamientos topográficos en las zonas de presa a fin de refinar los estimativos de volúmenes de las obras. Se llevó una poligonal para nivelación del río Suárez partiendo de la confluencia con el río Chicamocha, llegando hasta las cercanías de Simacota. Igualmente se levantó una poligonal por el río Fonce desde su confluencia con el Mogotico, hasta los sitios propuestos para las presas reguladoras de Táquiza y Nemizaque en las cercanías de Charalá. Se hizo el levantamiento detallado de la población del Valle de San José y se ligó a la poligonal descrita, con el fin de determinar las limitantes para el embalse de Fonce y el grado en que se afectaría la población. Adicionalmente se ejecutaron los trabajos topográficos de campo necesarios para ligar a la red los diferentes sitios investigados y localizar las perforaciones, apiques, trincheras, etc.

4.2 HIDROMETEOROLOGIA Y SEDIMENTOS

La zona en estudio posee un adecuado cubrimiento de estaciones pluviométricas, así como un registro relativamente largo de caudales (25 años) en la estación San Gil sobre el río Fonce, por lo cual puede decirse que los resultados obtenidos en el aspecto de lluvias y caudales medios son confiables. Durante el transcurso de los estudios se definió la instalación de las estaciones pluviométricas adicionales que se consideran suficientes para complementar la red.



La carencia de información pluviográfica simultánea con registros limnigráficos dificultan los estudios de crecientes para el diseño de desviaciones y vertederos, por lo cual fue indispensable recurrir a métodos indirectos que se consideran compatibles con la presente etapa del estudio, pero deberán ser refinados en etapas posteriores. Igual concepto se puede emitir del estudio de aporte de sedimentos.

Los análisis hidrológicos muestran las siguientes características de lluvias y caudales medios para las diferentes hoyas y sitios del proyecto.

Proyecto	Area de Drenaje (Km ²)	Precipitación (mm/año)	Caudal (m ³ /s)
Fonce	2,058	2,540	81.2
Cabrera	9,741	2,075	298.4
Galán	10,004	2,055	303.9

Para cada uno de los proyectos se estimaron los caudales de diseño para las obras de desviación como los caudales con períodos de recurrencia de 25 años; además se hicieron análisis de la creciente máxima probable a fin de obtener los caudales de diseño para vertederos. Los resultados obtenidos son los siguientes:

Proyecto	Caudal de Diseño para Desviación (m ³ /s)	Caudal de Diseño para Vertedero (m ³ /s)
Fonce	900	7,155
Cabrera	2,500	14,300
Galán	2,500	15,640

Los estudios indican que la generación de sedimentos en la cuenca del río Suárez es bastante mayor que en la cuenca del río Fonce. El aporte natural de sedimentos a los diversos sitios de embalse, evaluado para un período de 75 años, se ha estimado en 39 millones de metros cúbicos para el sitio de Fonce, 399 millones de metros cúbicos para el sitio de Cabrera y 410 millones de metros cúbicos para el sitio de Galán; sin embargo, especialmente para el sitio de Galán, hay que tener en cuenta que un gran volumen de los sedimentos sería atrapado por los embalses aguas arriba.



4.3 GEOLOGIA Y GEOTECNIA

Para los estudios de prefactibilidad se dispuso de información geológica regional en cantidad y calidad adecuadas, proveniente en especial de los informes de IN-GEOMINAS y de la Universidad Industrial de Santander. Durante esta etapa de los estudios se verificó el marco geológico general del área de los proyectos y se adelantaron investigaciones consistentes en: fotogeología de las áreas de interés, levantamientos geológicos de campo a escalas 1:25.000 y 1:10.000; sondeos geoelectricos en las zonas de presa de los proyectos Fonce, Cabrera y Galán, en la zona de casa de máquinas de Galán, en el túnel de conducción de Cabrera y en la zona de Páramo; 1,036 m de perforaciones profundas con taladro rotatorio en las zonas de Páramo, sitio de presa de Fonce, sitio de presa de Cabrera y zona de la conducción de Cabrera; estudios hidrogeológicos con base en balances hídricos y análisis de isótopos estables en la zona de Páramo y sitio de presa de Fonce. Se ejecutaron trincheras y apiques en los sitios típicos; se instalaron sismógrafos para el estudio sísmico de la zona de proyecto tomando en consideración que esta es una de las de mayor actividad sísmica en el país, y se realizaron además los ensayos de laboratorio requeridos para determinar tanto las propiedades geomecánicas de los materiales como sus características mineralógicas y petrológicas.

El nivel de las investigaciones geológicas y geotécnicas es bastante adecuado para la presente etapa de estudios y permite tener un buen grado de confianza sobre los resultados obtenidos. Para etapas posteriores habrá necesidad de profundizar en las investigaciones sobre todo con base en exploraciones del subsuelo e investigaciones detalladas de mecánica de rocas, así como análisis sismotectónicos más refinados.

En general los diferentes tipos de roca existentes en los sitios de presa, conducciones y casas de máquinas presentan condiciones adecuadas para la construcción del tipo de obras propuesto.

Marco Geológico General

En la región de estudio y en áreas aledañas afloran rocas con edades que varían desde el Pre-Cámbrico hasta el Cretáceo Inferior y toda la zona ha sido afectada por los diferentes eventos tectónicos que generaron grandes fallas regionales, tales como la de Santa Marta-Bucaramanga y la del Suárez. Todas estas fallas evidencian la acción de esfuerzos compresionales de dirección noroeste-sureste.

La región situada al oriente de la zona de los proyectos está conformada por rocas metamórficas precámbricas de origen sedimentario y por rocas intrusivas juratriásicas las cuales constituyen el complejo igneo-metamórfico del macizo de Santander.

Al oeste del macizo de Santander y separada por la falla de Santa Marta - Bucaramanga, aflora una gruesa secuencia de rocas sedimentarias continentales de edad



juratriásica y de sedimentos marinos del cretáceo inferior constituídos principalmente por areniscas, rocas calcáreas, limolitas y lutitas.

Geología del Area en Estudio

Litología - En el área en donde quedarán emplazados los diferentes proyectos se presentan las rocas sedimentarias del Cretáceo Inferior con la siguiente secuencia litológica y contactos concordantes.

- **Formación Tambor (Kita):** Comprende una serie de areniscas cuarzosas de grano medio, poco alteradas, localmente fracturadas y diaclasadas. Su espesor total es incierto pues normalmente aflora en contacto fallado con la unidad infrayacente.
- **Formación Rosablanca (Kir):** Corresponde a una secuencia de calizas masivas, duras, grises, fosilíferas con intercalación de areniscas calcáreas, limolitas, arcillas y niveles nodulares. Localmente puede presentar alteración diferencial y su espesor es superior a los 350 metros.
- **Formación Paja (Kip):** Está compuesta por niveles alternos de lutitas negras con arcillas localmente calcáreas, caracterizadas por presentar piritización. En forma local contiene fósiles, nódulos calcáreos y areniscas.
- **Formación Tablazo (Kit):** Comprende estratos predominantemente calcáreos con algunos niveles intercalados de areniscas, areniscas cuarzosas, limolitas y margas. El espesor de esta formación es superior a los 250 metros y en el área de la conducción del proyecto Fonce se presenta en su parte superior un conjunto predominante arenoso y de estratificación cruzada.
- **Formación Simití (Kis):** Comprende arcillolitas y lutitas negras y amarillas micáceas, localmente nodulares, con intercalaciones de areniscas arcillosas y niveles calcáreos delgados. Presenta un alto grado de meteorización y aflora en las partes topográficamente altas conformando superficies onduladas y suaves. Localmente puede alcanzar espesores de 250 metros.
- **Cuaternario:** Comprende esencialmente coluviones, derrubios, terrazas y aluviones. Normalmente son de material heterogéneo y se encuentran a lo largo de los valles de los ríos Fonce y Suárez.

Geomorfología

Las rocas en el área de los proyectos conforman mesetas tabulares y pliegues am-



plios de gran radio. La secuencia y disposición subhorizontal predominante de los diferentes estratos y el grado diferencial de resistencia a la meteorización y erosión de los diversos materiales se expresa claramente en la topografía a lo largo de las laderas de los valles labrados por las principales corrientes de agua. Estos se caracterizan por ser encajonados y presentar una sección transversal del tipo escalonado; de las cornisas y escarpes conformados por los estratos duros (calizas y areniscas) provienen los materiales que constituyen la mayoría de los depósitos coluviales y derrubios de pendiente; estos desprendimientos se originan a diferente escala y por mecanismos diferentes. Además de estos depósitos cuaternarios de cubierta no consolidado se presentan flujos de escombros a veces de gran extensión y restos notables de antiguos abanicos. El relleno aluvial reciente es poco notorio a lo largo de los ríos.

Geología Estructural

Estructuralmente la zona del proyecto Fonce se encuentra afectada por pequeñas fallas de tipo normal, algunas de ellas con desplazamientos relativamente pequeños. Su extensión longitudinal no es muy grande, de 2 a 3 kilómetros y algunas con menos de 1 kilómetro; afectan especialmente a las formaciones Tablazo, Fonce y Simití. Dentro de la estructura se tienen dos grandes sinclinales separados por un anticlinal. El anticlinal presenta su eje sobre el cauce del río Fonce.

La geología estructural del sector Cabrera es compleja pero las fallas encontradas no afectan desfavorablemente las obras proyectadas y algunas de ellas están totalmente cubiertas por el coluvión presente. Estas fallas parecen corresponder a sistemas secundarios del sistema Suárez.

En la zona de Galán el aspecto estructural más importante que se tuvo en cuenta es la existencia de la falla del Suárez, que presenta indicios de actividad reciente.

Tectónica y Sísmica

Para el aspecto sismotectónico, dado su especial interés por estar ubicados los proyectos en una zona caracterizada por su gran actividad sísmica, se hizo una evaluación preliminar sobre el riesgo sísmico que consistió básicamente en: a) una evaluación de la tectónica regional con el fin de establecer las fallas mayores y fallas subsidiarias con actividad durante el cuaternario y de interés para los proyectos y b) un análisis estadístico de los sismos registrados en la red nacional dentro de un área de 200 Km. de radio, haciendo centro en un punto cercano a la población del Hato. Además se instalaron sismógrafos para el registro de microsismos, los cuales en un corto período de funcionamiento constataron la gran actividad telúrica de la región: del 9 de Diciembre de 1981 al 31 de Enero de 1982 se registraron unos 1,600 microsismos (la mayoría provenientes del nido de Bucaramanga) de los cuales 23 pueden asignarse a eventos locales



asociados al tren de fallas de Salinas, San Vicente y El Carmen y falla del Suárez.

Geotecnia

Las características geotécnicas más importantes de las obras para los diferentes proyectos podrían resumirse como a continuación se indica.

Proyecto Fonce:

En el sitio de presa afloran en forma relativamente continua, estratos de roca perteneciente a la formación Tablazo, que presentan condiciones favorables para la implantación de presa y obras anexas. En el sitio de presa, el río labró su valle según el eje del anticlinal suave que se presenta en este tramo del valle. En el estribo izquierdo se encuentran depósitos coluviales de poco espesor que no presentan condiciones críticas. Los análisis realizados indican que la posibilidad de fugas a través de los estribos debidas a fenómenos cársticos son mínimas, sin embargo, a este nivel, se prevé la necesidad de tratamientos de impermeabilización en ambos estribos. Por las condiciones de fundación que ofrece el sitio de presa, la suficiente disponibilidad de materiales de enrocado y la existencia de una fábrica de cemento en San Gil se considera como más apta una presa de enrocado con cara de concreto; sin embargo una presa de enrocado con núcleo impermeable es también factible. Para el dimensionamiento de taludes se empleó una aceleración sísmica de 0.25 g.

En la zona existe disponibilidad de abundantes volúmenes de materiales finos de la formación Simití y de materiales para enrocado en los afloramientos de areniscas y calizas de la formación Tablazo; las gravas y arenas son escasas por lo cual parte de estos materiales se deberán obtener por trituración.

La zona de embalse cubre adicionalmente formaciones diferentes a la del sitio de presa como las formaciones Paja, Rosablanca y Tambor; el área afectada por este embalse no presenta problemas tectónicos mayores. La estructura geológica presente permite suponer con cierta certeza que no habrá fugas de agua del embalse a otras cuencas, lo cual ha sido corroborado por las investigaciones hidrogeológicas realizadas con isótopos estables. Los depósitos coluviales existentes quedarán cubiertos totalmente en su mayoría, dejando de ser un problema con respecto al embalse; constituyen una excepción las laderas del Valle de San José y antiguos deslizamientos en las zonas de Páramo y Mogoticos cuya estabilidad deberá analizarse en forma más detallada posteriormente.

El 80% del túnel de conducción irá a través de la zona calco-arenosa de la formación Tablazo y las areniscas cuarzosas de su parte superior. Solo una pequeña porción del túnel atravesará la formación Paja conformada por lutitas de consistencia media a blanda. Las fallas que pueden afectar el túnel no parecen constituir fuentes de serias dificultades para su construcción.



Debido a las condiciones geológicas y topográficas de las laderas del río Fonce, poco favorables para una alternativa superficial, la tubería de carga y la casa de máquinas se proyectan subterráneas. La tubería de carga iría por la formación Paja, de características débiles que deben investigarse en detalle posteriormente, mientras que la casa de máquinas y el túnel de fuga quedarán ubicados dentro de las calizas y areniscas calcáreas de la formación Rosablanca que son de una resistencia y competencia aceptables.

Proyecto Cabrera:

La presa estará ubicada dentro de los niveles calcáreo-arenosos y calcáreo-limosos de la formación Rosablanca, que afloran en forma continua en ambos estribos y que conforman una estructura anticlinal asimétrica con buzamientos suaves. En ambos estribos se presentan depósitos coluviales de bloques, siendo de mayor espesor los del estribo derecho. En etapas posteriores del estudio se deberán analizar con mayor detalle los efectos de excavación e inundación en estos depósitos y en los estratos del estribo derecho inmediatamente aguas arriba de la presa para precisar medidas correctivas o preventivas. Dada la magnitud y características de los depósitos no consolidados en el sitio, tanto en el lecho como en los estribos, se estima que la estructura más adecuada es una presa de enrocado con núcleo impermeable.

En el área del embalse se encuentra el mismo tipo de rocas que en el sitio de presa. Existen diferentes tipos y magnitudes de depósitos cuaternarios, de los cuales unos serán inundados completamente y otros parcialmente y cuyo comportamiento durante la operación del embalse se deberá estudiar en detalle posteriormente, lo mismo que algunas zonas de rocas potencialmente inestables en el área afectada por el embalse.

Tectónicamente el área es estable a pesar de la cercanía de la falla del Suárez, sobre la cual, como ya se dijo, se adelantan estudios sismotectónicos más detallados que han sido tenidos en cuenta para el diseño de las diferentes estructuras. Para las estructuras del proyecto Cabrera, como para todas las de los demás proyectos; se ha considerado un sismo de diseño con aceleración de 0.25 g.

La alternativa con túnel de conducción largo, atravesará en mayor proporción calizas de la formación Rosablanca, de competencia geomecánica aceptable, y unos cortos tramos a través de las lutitas de la formación Paja, de características pobres. Se atravesarán zonas de fracturación debidas a las fallas de buzamiento alto, de carácter inverso y el túnel proyectado las cortará transversalmente con lo cual los problemas constructivos se minimizan. La tubería de presión y casa de máquinas subterránea para la alternativa con conducción larga, quedarán emplazadas dentro de la formación Rosablanca.

En el caso de la alternativa de pie de presa la totalidad de la conducción estará dentro de la formación Rosablanca.



Proyecto Galán:

La presa planeada se encuentra emplazada dentro de las calizas relativamente competentes de la Formación Rosablanca, recubierta por depósitos cuaternarios en la parte cerca al río. En su estribo derecho se presentan coluviones que cubren los afloramientos de roca, los cuales será necesario evaluar con mayor detalle en etapas posteriores del estudio. Las rocas se encuentran altamente diaclasadas y moderadamente alteradas.

Dadas las condiciones de fundación se estima que el tipo de presa más adecuado es el de enrocado con núcleo impermeable, el cual se llevaría hasta el nivel de roca por medio de una trinchera.

A corta distancia del sitio de presa se dispone de afloramientos de calizas y areniscas aptas para satisfacer las demandas de enrocado de esta; los materiales finos existentes en la zona son suficientes para las necesidades del proyecto y se encuentran también materiales de playa, gravas y arenas que se consideran adecuadas para su uso como materiales de construcción.

No se preveen problemas mayores de estabilidad en el embalse, pero merecen especial atención los flujos de tierra existentes sobre la margen izquierda, en especial por aportes potenciales de sedimentos.

Tectónicamente el sector no se encuentra afectado por fallas mayores a pesar de su relativa cercanía a la falla del Suárez. Como en los demás casos se ha tomado un coeficiente de aceleración de 0.25 g. para el análisis de estabilidad de las obras.

La conducción atravesará en su totalidad rocas competentes de la Formación Rosablanca y de la Formación Tambor. En los reconocimientos de campo no se detectaron fallas geológicas de importancia a lo largo de la conducción.

La casa de máquinas subterránea estará emplazada dentro de las rocas de la formación Rosablanca de buenas características de estabilidad y resistencia.

4.4 ASPECTOS SOCIOECONOMICOS

La región de influencia directa de los proyectos abarca los municipios de San Gil, El Socorro, Barichara, Cabrera, Palmar, Galán, Simacota, Valle de San José y Páramo, ubicados en el sureste de Santander en una zona esencialmente montañosa, con características propias del relieve de la Cordillera Oriental y suelos de baja calidad desde el punto de vista agrológico. Los principales centros de población corresponden a San Gil y El Socorro donde se radica el 60% de la población total, que se estima llega-



rá a ser alrededor de los 100.000 habitantes para el año 2000.

La actividad económica de la región es predominantemente agrícola y ganadera. A nivel departamental la actividad industrial es de alguna significación siendo las principales industrias las de hilanderías, cementos, procesamiento de tabaco y bebidas gaseosas; de estas industrias las mayores generadoras de empleo son la textil y la de cemento.

Los niveles de producción agrícola son bajos como consecuencia de las condiciones topográficas y de calidad de los suelos. La actividad ganadera está centrada en el municipio del Socorro.

En general existen notables deficiencias en la calidad y cobertura de los servicios públicos, especialmente en los sectores semiurbanos y rurales. Los servicios de salud son relativamente satisfactorios debido a la existencia de hospitales regionales en San Gil y El Socorro y de hospitales locales en otros municipios.

Es de anotar que debido a que el proyecto Fonce limita el caudal de dilución del río Fonce frente a San Gil, será necesario construir una planta de tratamiento para las aguas negras de esta ciudad.

La zona de los proyectos dispone de una densa red de carreteras nacionales y departamentales, conectada con el centro del país y el litoral Atlántico a través de la troncal Oriental. Algunas vías, especialmente las que comunican a San Gil con Charalá y a El Socorro con Zapatoca, resultarán parcialmente afectadas por los desarrollos hidroeléctricos y requerirán de relocalizaciones y adecuaciones varias.

A excepción de San Gil y El Socorro, la región está severamente limitada en su infraestructura de comunicaciones en materia de teléfono y telégrafo. Existe por lo demás un adecuado cubrimiento de servicios bancarios.

En San Gil y El Socorro tienen asiento importantes entidades de orden nacional y regional como Incora, Dane, Ica, Electricadora de Santander, Emposan, Fedecafé, Coltabaco, etc.

Las circunstancias socioeconómicas que propiciarán los desarrollos hidroeléctricos hacen preveer que la zona considerada tendrá un desenvolvimiento altamente favorable a lo que sería en la ausencia de los proyectos. Su ubicación dentro del país y sus facilidades de comunicación con el resto del mismo, significarán comportamientos favorables para el incentivo de las actividades económicas básicas, que seguirán siendo la agricultura, y la ganadería. Ninguno de los proyectos disminuirá sensiblemente el área dedicada actualmente a estas actividades.

En virtud de lo dispuesto por la Ley 56 de 1981, el impacto de los proyectos so-



bre la economía regional será muy favorable por cuanto la inversión de los fondos previstos en dicha Ley se deberá destinar al mejoramiento de la infraestructura física y social de la región. Las necesidades prioritarias de los municipios afectados, detectadas por los estudios socioeconómicos se indican en el siguiente cuadro:

PROYECTO MUNICIPIO		ACUEDUCTO	ALCANTARILLADO	CARRETERAS	EDUCACION	ELECTRIFICACION	RECREACION	SERVICIOS SALUD	VIVIENDA
Fonce	Páramo		X			X			X
	San Gil				X		X		
	Valle de San José					X	X	X	
Cabrera	Cabrera		X		X		X		
	Palmar	X				X	X		
	Simacota				X		X	X	
	Socorro						X		X
Galán	Barichara	X				X	X		
	Galán		X	X					

4.5 ASPECTOS ECOLOGICOS Y AMBIENTALES

Dada la extensión limitada de los embalses, la incidencia de estos en el clima regional será mínima.

El efecto principal de los embalses sobre las corrientes radica en la interrupción que establecen al curso natural del ecosistema acuático; sinembargo actualmente este es de poca significación en los ríos Fonce y Suárez. Una vez construídos los proyectos será conveniente estudiar la posibilidad de establecer especies piscícolas adaptables a los embalses.

Durante la construcción de los proyectos se ocasionarán desmejoras en la calidad de las aguas por el aumento de materiales sólidos vertidos en los ríos, por lo cual sería preciso establecer restricciones en este aspecto durante el período constructivo. Como es normal en la implantación de embalses, la decomposición de materia orgánica ocasionará que las aguas del embalse aumenten el contenido de ácido sulfídrico y dismi-



nuyan el contenido de oxígeno disuelto, lo cual podría tener efecto sobre la vida acuática aguas abajo y requerirá medidas que permitan disminuir este impacto, como sería descapotar y retirar la biomasa del área que se inundará.

Los análisis de aguas indican que los parámetros de calidad tienen valores normales y de conservarse dentro de los mismos rangos no ocasionarán problemas en los embalses; las concentraciones de nitratos y fosfatos son altas en el río Fonce después de la población de San Gil y el ecosistema acuático es capaz de asimilar este tipo de compuestos mientras las aguas estén en movimiento, pero en aguas quietas, como los embalses de Cabrera y Galán, existirían riesgos de eutroficación si se mantienen o aumentan sus valores. La construcción de la mencionada planta de tratamiento de aguas negras en San Gil contribuirá en la solución de este problema.

La principal causa de morbilidad y mortalidad en la zona estudiada corresponde a enfermedades gastrointestinales originadas principalmente por deficientes condiciones de higiene. Se requerirá un control adecuado de los embalses de Cabrera y Galán para evitar aumentos en la frecuencia de aparición de algunas enfermedades tales como el dengue y la esquistosomiasis.

En la región media y alta de las cuencas se deberán preservar los bosques naturales existentes y llevar a cabo programas de revegetación, de instrucción en técnicas agrícolas y control de erosión, para proteger los suelos y controlar el aporte de sedimentos.

4.6 INFRAESTRUCTURA VIAL

La zona donde están ubicados los proyectos posee una infraestructura vial bastante densa por lo cual los requerimientos de vías de acceso son reducidos, especialmente para los proyectos Fonce y Cabrera.

El sitio de presa del proyecto Fonce se encuentra ubicado sobre la vía San Gil-Charalá; a su vez el portal de entrada del túnel de acceso a la almenara se encuentra muy cerca de la vía El Socorro-San Gil. Para este proyecto se requerirán únicamente 3.8 kilómetros de vías de acceso. Las obras principales y el embalse afectarán la vía San Gil-Charalá, lo cual implica la relocalización de 17.5 kilómetros de esta, la construcción de un puente de 200 metros de luz para dar acceso a la población del Valle de San José, la construcción de 10.2 kilómetros de otras vías a lo largo de las margenes de los ríos Mogoticos y Guare y 2 kilómetros de acceso a la población del Valle de San José desde el puente sobre el embalse.

El sitio de presa de Cabrera está ubicado sobre la vía Socorro-Galán; la misma vía pasa cerca al portal de salida del túnel de fuga. Se estima que se requerirán 4.5



kilómetros de vías de acceso, incluyendo los accesos a zonas de préstamo. El proyecto afecta parte de la vía El Socorro-Galán aguas arriba del sitio de presa, por lo cual es necesario construir 5.3 kilómetros de vías y un puente de 400 metros de luz sobre el río Suárez para relocalizar el tramo afectado. Igualmente se ha previsto la reconstrucción de 22 kilómetros de vías actualmente en servicio cuyas especificaciones es conveniente mejorar.

El proyecto Galán está ubicado aguas abajo del puente sobre la vía El Socorro-Galán; a partir de este sitio será necesario construir vías de acceso al proyecto. En total será necesario construir 8.8 kilómetros de vías de acceso a las obras y zonas de préstamo. Se requerirá también relocalizar 5 kilómetros de la vía El Socorro-Galán y reemplazar el puente sobre el río Suárez el cual tendrá una longitud de 130 metros. Adicionalmente se deberán reconstruir 21 kilómetros de vías existentes cuyas especificaciones son bajas.

El proyecto...

El proyecto...

En el proyecto...

Dado el...



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La hoya en estudio presenta la posibilidad de tres desarrollos hidroeléctricos, con un potencial instalable de 1660 Mw para una generación anual de 9,230 Gwh, con costos de instalación y generación bastante bajos siendo estos últimos menores de US¢ 2 por kilovatio-hora. Los proyectos, además están estratégicamente ubicados dentro de una zona del país donde la generación actual es eminentemente térmica.

La relación de energía firme a energía media varía de 0.53 en el proyecto Fonce a 0.65 en los proyectos Cabrera y Galán, la cual se considera alta en comparación con la magnitud de los embalses; es conveniente hacer notar lo alto de esta relación en el proyecto Galán a pesar de tratarse de un proyecto filo de agua, gracias al efecto regulador de los embalses de aguas arriba. La regulación ofrecida por los embalses de la hoya Fonce-Suárez contribuirá también a la afirmación de energía en el proyecto Sogamoso e incidirá en su dimensionamiento.

El hecho de que los proyectos Fonce, Cabrera y Galán estén ubicados en una región que cuenta con una red vial bastante densa constituye una gran ventaja pues minimiza la necesidad de vías de acceso para la iniciación de la construcción de las obras y acorta los períodos de ejecución de los proyectos.

Es importante resaltar que a pesar de que los desarrollos están ubicados dentro de una región donde tienen asiento numerosas poblaciones y está cruzada por importantes vías de comunicación, ellas no son afectadas en forma significativa ya que durante el estudio se ha puesto el mayor cuidado en armonizar el dimensionamiento y el diseño de los proyectos con las limitaciones impuestas por la infraestructura existente. Las carreteras afectadas pueden ser reubicadas sin causar variaciones significativas al esquema vial existente, sin aumentar considerablemente las distancias de recorrido y sin introducir interrupciones ni modificaciones en las actividades de intercambio comercial regional.

En el aspecto geotécnico se ha llegado a la conclusión de que las posibilidades de fugas en el embalse del Fonce son mínimas y que las condiciones de los estribos de esta presa son normales para el emplazamiento de las obras y la seguridad de las mismas y sus zonas de influencia. Las condiciones geotécnicas de las áreas afectadas por los proyectos Cabrera y Galán no presentan tampoco problemas especiales. Para la selección de los esquemas propuestos, las condiciones geológicas relativamente homogéneas en el área de estudio, han sido, naturalmente, de gran importancia. Los riesgos que implica la cercanía de la falla del Suárez y la alta sismicidad de la zona han sido considerados como aspectos esenciales para los análisis de estabilidad de las obras y su dimensionamiento.

Desde el punto de vista ecológico ambiental los proyectos no presentan implicaciones



serias, pero sí será necesario establecer algunos controles durante los períodos de construcción y operación para preservar los suelos, proteger la salubridad en las zonas vecinas a los embalses y la vida acuática aguas abajo de ellos.

Las anteriores consideraciones permiten recomendar la continuación de los estudios para llevar a nivel de factibilidad los proyectos comprendidos dentro de este desarrollo, a fin de que puedan ser considerados dentro de los próximos programas de expansión del sistema.

De continuar con el actual ritmo en los estudios, estos proyectos podrían entrar en operación entre los años 1991 y 1992 cuando los incrementos de potencia requeridos por el sistema serán del orden de 1,000 Mw anuales y los requerimientos de incremento de energía del orden de 5,000 Gwh/año, por lo cual, teniendo en cuenta las características de costos y la ventaja de no requerir prácticamente vías de acceso y otras obras previas, el desarrollo hidroeléctrico Fonce-Suárez puede convertirse en una alternativa bastante atractiva.

CUADROS



Faint, illegible text on the left page, possibly bleed-through from the reverse side.

CUADROS



LISTA DE CUADROS

1. Proyectos Fonce, Cabrera y Galán - Características Principales y Costos
2. Proyecto Fonce - Presupuesto
3. Proyecto Cabrera, Alternativa con Conducción - Presupuesto
4. Proyecto Cabrera, Alternativa Pie de Presa - Presupuesto
5. Proyecto Galán - Presupuesto
6. Proyecto Fonce - Características Básicas
7. Proyecto Cabrera, Alternativa con Conducción - Características Básicas
8. Proyecto Cabrera, Alternativa Pie de Presa - Características Básicas
9. Proyecto Galán - Características Básicas



CUADRO No.1

PROYECTOS FONCE - CABRERA Y GALAN
CARACTERISTICAS PRINCIPALES Y COSTOS

CARACTERISTICAS	PROYECTOS			
	FONCE	CABRERA Alt. Conduc.	CABRERA Alt. Pie Pr.	GALAN
HIDROLOGIA				
Area de la cuenca - km ²	2,058	9,741	9,741	10,004
Caudal medio - m ³ /s	81.2	298.4	298.4	303.9
EMBALSE				
Nivel máximo normal - m.s.n.m.	1,220	725	725	525
Volumen útil - 10 ⁶ m ³	145	100	40	-
Regulación - %	50	61	59	60
OBRAS				
Altura máxima de presa - m	102	120	120	72
Volumen de presa - 10 ⁶ m ³	3.8	6.5	6.5	3.2
Longitud de conducción - m	10,610	7,250	1,000	7,150
Potencia instalada - Mw	500	660	500	500
Caudal de diseño - m ³ /s	135	450	500	450
Caída media neta - m	440.3	176.7	118.4	134.7
ENERGIA				
Energía media - Gwh/año	2,680	3,695	2,520	2,855
Energía firme - Gwh/año	1,430	2,390	1,535	1,880
Factor de planta promedio	0.61	0.64	0.58	0.65
PERIODO DE CONSTRUCCION - AÑOS	5	5	4	5.5
COSTOS				
Costo total - 10 ⁶ US\$	328.9	494.7	325.3	386.3
Costo de potencia - US\$/Kw	658	750	651	773
Costo de energía media - US¢/Kwh	1.53	1.67	1.61	1.69



CUADRO No.2
 PROYECTO FONCE
 PRESUPUESTO

Costo en US\$ x 10³

Vías	10,730
Vías y Campamentos	15,302
Desviación	9,941
Presa	48,583
Estructura de toma	3,617
Vertedero	22,624
Conducción	87,654
Casa de Máquinas	8,054
Túneles de acceso y fuga	12,058
Equipo	39,481
COSTO DIRECTO	247,314
Imprevistos	46,305
Ingeniería y Administración	33,908
Adquisición de tierras	1,396
COSTO TOTAL	328,923
Costo Kw Instalado	US\$ 658
Costo Kwh Generado	US¢ 1,53



CUADRO No.3

PROYECTO CABRERA - ALTERNATIVA CON CONDUCCION
PRESUPUESTO

	<u>Costo en US\$ x 10³</u>
Vías y Campamento	10,720
Desviación	33,806
Presa	62,190
Estructura de toma	7,523
Vertedero	32,733
Conducción	134,564
Casa de Máquinas	17,464
Túneles de acceso y fuga	11,025
Equipo	62,341
	<hr/>
COSTO DIRECTO	372,366
Imprevistos	69,486
Ingeniería y Administración	50,928
Adquisición de Tierras	2,000
	<hr/>
COSTO TOTAL	<u>494,780</u>
Costo Kw Instalado	US\$ 750
Costo Kwh Generado	US¢ 1,67



CUADRO No.4

PROYECTO CABRERA - ALTERNATIVA PIE DE PRESA

PRESUPUESTO

	<u>Costo en US\$ x 10³</u>
Vías y Campamentos	10,110
Desviación	37,303
Presa	60,845
Estructura de Toma	7,523
Vertedero	32,733
Conducción	30,596
Casa de Máquinas	9,366
Conducto de Fuga	2,148
Equipo	<u>54,970</u>
COSTO DIRECTO	245,594
Imprevistos	44,721
Ingeniería y Administración	32,991
Adquisición de Tierras	<u>2,000</u>
COSTO TOTAL	<u><u>325,306</u></u>
Costo Kwh Instalado	US\$ 651
Costo Kwh Generado	US¢ 1.61

CUADRO No.5
PROYECTO GALAN
PRESUPUESTO

	<u>Costo en US\$ x 10³</u>
Vías y Campamentos	8,480
Desviación	26,908
Presa	28,397
Estructura de toma	8,962
Vertedero	29,385
Conducción	118,687
Casa de Máquinas	12,440
Túneles de acceso y fuga	6,440
Equipo	52,164
	<hr/>
COSTO DIRECTO	291,863
Imprevistos	54,200
Ingeniería y Administración	39,775
Adquisición de tierras	546
	<hr/>
COSTO TOTAL	<u>386,384</u>
Costo Kw Instalado	US\$ 773
Costo Kwh Generado	US¢ 1,69



CUADRO No.6

PROYECTO FONCE

CARACTERISTICAS BASICAS

Cuenca:	Río Fonce
Tipo:	Alta Caída
Operación:	Regulación

DATOS HIDROLOGICOS

Area cuenca:	2,058	Km ²
Precipitación media:	2,540	mm
Rendimiento:	39.5	l/s/km ²
Caudal medio:	81.2	m ³ /s
Caudal máximo:	81.2	m ³ /s
1:25 años:	900	m ³ /s
Creciente máxima probable	7,155	m ³ /s
Volumen de sedimentos:	39.2	10 ⁶ m ³ /75 años

EMBALSE

Nivel máximo normal:	1,220	m.s.n.m.
Nivel medio:	1,218.6	m.s.n.m.
Nivel mínimo:	1,190	m.s.n.m.
Area de embalse:	7.3	Km ²
Volumen útil:	145	10 ⁶ m ³
Volumen muerto:	50	10 ⁶ m ³
Volumen total:	195	10 ⁶ m ³
Regulación:	50	%

CARACTERISTICAS DE LAS OBRAS

PRESA

Localización:	Río Fonce, 550 metros aguas abajo de la confluencia del río Mogoticos, a la cota 1,123 m.s.n.m.	
Tipo:	Enrocado con cara de concreto	
Nivel de corona:	1,225	m.s.n.m.
Longitud de cresta:	600	m
Altura máxima:	102	m
Volumen:	3.8	10 ⁶ m ³



VERTEDERO

Tipo:	Superficial con compuertas
Caudal de diseño:	6,120 m ³ /s
Nivel de cresta:	1,204.5 m.s.n.m
No. de compuertas:	3
Dimensiones (b x h):	15.0x 15.5 m

DESVIACION

No. de túneles:	1
Longitud:	785 m
Dimensiones (b x h):	8.7 x 8.7 m
Caudal de diseño:	900 m ³ /s

CONDUCCION

No. de túneles:	1
Longitud:	10,610 m
Diámetro:	5.7 m

TUBERIA DE PRESION

Tipo:	Subterránea
No. de tuberías:	1
Longitud:	1,410 m
Diámetro:	4.5 m

CASA DE MAQUINAS

Localización:	Río Fonce, 6.5 Km. aguas arriba de la desembocadura del Fonce al Suárez, a la cota 725 m.s.n.m.
Tipo:	Subterránea
Potencia instalada:	500 Mw
Caudal de diseño:	135 m ³ /s
Caída media neta:	440.3 m
No. de unidades:	3
Tipo de turbina:	Francis de eje vertical

CONDUCTOS DE FUGA

Tipo:	Túnel
No. de conductos:	1



Longitud:	1,080	m
Dimensiones (b x h)	6.0 x 8.4	m

INFRAESTRUCTURA

Acceso al área del Proyecto:	Por la vía San Gil-Charalá	
Adquisición de tierras:	800	Ha.
Vías de acceso:	6	Km.
Relocalización de vías:	30	Km.

PERIODO DE CONSTRUCCION	5	Años
-------------------------	---	------

PARAMETROS ENERGETICOS

Potencia instalada:	500	Mw
Energía media:	2,680	Gwh/año
Energía firme:	1,430	Gwh/año

COSTOS

Costo total:	328.9	10 ⁶ US\$
Costo potencia	658	US\$/Kw
Costo de energía media:	1.53	US¢/Kwh



CUADRO No.7

PROYECTO CABRERA

ALTERNATIVA CON CONDUCCION

CARACTERISTICAS BASICAS

Cuenca: Río Suárez
Tipo: Alta Caída
Operación: Con Regulación

DATOS HIDROLOGICOS

Area Cuenca:	9,741	Km ²
Precipitación media:	2,075	mm
Rendimiento:	30.6	l/s/Km ²
Caudal medio:	298.4	m ³ /s
Caudal máximo:		
1:25 años	2,500	m ³ /s
Creciente máxima probable:	15,640	m ³ /s
Volumen de sedimentos:	36	10 ⁶ m ³ /75 años

EMBALSE

Nivel máximo normal:	725	m.s.n.m
Nivel medio:	724.3	m.s.n.m
Nivel mínimo:	713.3	m.s.n.m
Area del embalse:	9.8	Km ²
Volumen útil:	100	10 ⁶ m ³
Volumen muerto:	300	10 ⁶ m ³
Volumen total:	400	10 ⁶ m ³
Regulación:	61	%

CARACTERISTICAS DE LAS OBRAS

PRESA

Localización: Río Suárez, 2 Km. aguas abajo de la confluencia del río Fonce al río Suárez, a la cota 610 m.s.n.m.

Tipo: Enrocado con núcleo de arcilla

Nivel de corona:	730	m.s.n.m
Longitud de cresta:	480	m
Altura máxima:	120	m
Volumen:	6.5	10 ⁶ m ³



VERTEDERO

Tipo:	Superficial con compuertas	
Caudal de diseño:	14,300	m ³ /s
Nivel de cresta:	709	m.s.n.m
No. de compuertas:	6	
Dimensiones (b x h)	16 x 16	m

DESVIACION

No. de túneles:	2	
Longitud:	1,300	m
Diámetro:	9.5	m
Caudal de diseño:	2,500	m ³ /s

CONDUCCION

No. de túneles:	2	
Longitud:	7,300	m
Diámetro:	7.3	m

TUBERIA DE PRESION

Tipo:	Subterránea	
No. de tuberías:	4	
Longitud:	300	m
Diámetro:	5.10	m

CASA DE MAQUINAS

Localización:	Río Suárez, 7.5 Km. aguas abajo del sitio de la presa, a la cota 525 m.s. n.m.	
Tipo:	Subterránea	
Potencia instalada:	660	Mw
Caudal de diseño	450	m ³ /s
Caída media neta:	176.7	m
No. de unidades:	4	
Tipo de turbina:	Francis de eje vertical	

CONDUCTOS DE FUGA

Tipo:	Túnel	
No. de conductos:	2	
Longitud	300	m
Dimensiones (b x h)	7 x 10	m



INFRAESTRUCTURA

Acceso al área del Proyecto:	Por la vía Socorro-Zapotoca	
Adquisición de tierras:	1,050	Ha.
Relocalización de vías:	9	Km.
Vías de acceso:	7.5	Km.

PERIODO DE CONSTRUCCION	5	Años
-------------------------	---	------

PARAMETROS ENERGETICOS

Potencia instalada:	660	Mw
Energía media:	3,695	Gwh/año
Energía firme:	2,390	Gwh/año

COSTOS

Costo total:	494.7	10 ⁶ US\$
Costo de potencia:	750	US\$/Kw
Costo de energía media:	1.67	US¢/Kwh



CUADRO No.8

PROYECTO CABRERA

Alternativa Pie de Presa

CARACTERISTICAS BASICAS

Cuenca:	Río Suárez
Tipo:	Pie de Presa
Operación:	Con Regulación

DATOS HIDROLOGICOS

Area Cuenca:	9,741	Km ²
Precipitación media:	2,075	mm
Rendimiento:	30.6	l/s/Km ²
Caudal medio:	298.4	m ³ /s
Caudal máximo:		m ³ /s
1:25 años	2,500	m ³ /s
Creciente máxima probable:	15,640	m ³ /s
Volumen de sedimentos:	36	10 ⁶ m ³ /75 años

EMBALSE

Nivel máximo normal:	725	m.s.n.m.
Nivel medio:	724.8	m.s.n.m.
Nivel mínimo:	720.5	m.s.n.m.
Area del embalse:	9.8	Km ²
Volumen útil:	40	10 ⁶ m ³
Volumen muerto:	360	10 ⁶ m ³
Volumen total:	400	10 ⁶ m ³
Regulación:	59	%

CARACTERISTICAS DE LAS OBRAS

PRESA

Localización:	Río Suárez, 2 km. aguas abajo de la confluencia del río Fonce con el Suárez a la cota 610 m.s.n.m.	
Tipo:	Enrocado con núcleo de arcilla	
Nivel de corona:	730	m.s.n.m.
Longitud de cresta:	480	m
Altura máxima:	120	m
Volumen:	6.5	10 ⁶ m ³



VERTEDERO

Tipo:	Superficial con compuertas	
Caudal de diseño:	14,300	m ³ /s
Nivel de cresta:	709	m.s.n.m.
No. de compuertas:	6	
Dimensiones (b x h)	16 x 16	m

DESVIACION

No. de túneles:	2	
Longitud:	1,400	m
Diámetro:	9.5	m
Caudal de diseño:	2,500	m ³ /s

CONDUCCION

No. de túneles:	2	
Longitud:	1,080	m
Diámetro:	8.9 y 8.0	m

TUBERIA DE PRESION

Tipo:	Subterránea	
No. de tuberías:	4	
Longitud:	400	m
Diámetro:	5.4	m

CASA DE MAQUINAS

Localización:	Pie de presa, cota 600 m.s.n.m.	
Tipo:	Superficial	
Potencia instalada:	500	Mw
Caudal de diseño:	500	m ³ /s
Caída media neta:	118.4	m
No. de unidades:	4	
Tipo de turbina:	Francis de eje vertical	

CONDUCTOS DE FUGA

Tipo:	Canal	
No. de conductos:	1	
Longitud:	200	m



INFRAESTRUCTURA

Acceso al área del Proyecto:	Por la vía Socorro - Zapatoca
Adquisición de tierras:	1,050 Ha.
Relocalización de vías:	9 Km.
Vías de acceso:	5 Km.

PERIODO DE CONSTRUCCION 4 Años

PARAMETROS ENERGETICOS

Potencia instalada:	500 Mw
Energía media:	2,520 Gwh/año
Energía firme:	1,535 Gwh/año

COSTOS

Costo total:	325.3 10 ⁶ US\$
Costo de potencia:	651 US\$/Kw
Costo de energía media:	1.61 US¢/Kwh



CUADRO No. 9

PROYECTO GALAN

CARACTERISTICAS BASICAS

Cuenca:	Río Suárez
Tipo:	Alta Caída
Operación:	Filo de Agua

DATOS HIDROLOGICOS

Area Cuenca:	10,004	Km ²
Precipitación media:	2,055	mm
Rendimiento:	30.4	l/s/Km ²
Caudal medio:	303.9	m ³ /s
Caudal máximo:		
1:25 años	2,500	m ³ /s
Creciente máxima probable:	15,640	m ³ /s
Volumen de sedimentos:	11	10 ⁶ m ³ /75 años

PONDAJE

Nivel máximo normal:	525	m.s.n.m
Nivel mínimo:	520	m.s.n.m
Volumen total:	70	10 ⁶ m ³
Regulación:	60	%

CARACTERISTICAS DE LAS OBRAS

PRESA

Localización:	Río Suárez 5 Km, aguas abajo del puente que va a Galán, a la cota 451 m.s.n.m	
Tipo:	Enrocado con núcleo de arcilla	
Nivel de corona:	530	m.s.n.m
Longitud de cresta:	460	m
Altura máxima:	72	m
Volumen:	3.2	10 ⁶ m ³

VERTEDERO

Tipo:	Superficial con compuertas	
Caudal de diseño:	14,300	m ³ /s
Nivel de cresta:	509	m.s.n.m
No. de compuertas	5	



Dimensiones (b x h) 20 x 16 m

DESVIACION

No. de túneles: 2
Longitud: 1,200 m
Dimensiones (b x h) 9.0 x 9.0 m
Caudal de diseño: 2,500 m³/s

CONDUCCION

No. de túneles: 2
Longitud: 7,150 m
Diámetro: 7.3 m

TUBERIA DE PRESION

Tipo: Subterránea
No. de tuberías: 4
Longitud: 115 m
Diámetro: 5.4 m

CASA DE MAQUINAS

Localización: Río Suárez, 7.5 Km. aguas abajo del sitio de presa, a la cota 370 m.s.n.m.
Tipo: Subterránea
Potencia instalada: 500 Mw
Caudal de diseño: 450 m³/s
Caída media neta: 134.7 m
No. de unidades: 4
Tipo de turbina: Francis con eje vertical

CONDUCTOS DE FUGA

Tipo: Túnel
No. de conductos: 2
Longitud: 300 m
Dimensiones (b x h) 7 x 10 m

INFRAESTRUCTURA

Acceso al área del Proyecto: Por la vía Socorro-Zapotoca
Adquisición de tierras: 300 Ha.



Relocalización de vías:	6	Km.
Vías de acceso:	23	Km.

PERIODO DE CONSTRUCCION	5.5	Años
-------------------------	-----	------

PARAMETROS ENERGETICOS

Potencia instalada:	500	Mw
Energía media:	2,855	Gwh/año
Energía firme:	1,880	Gwh/año

COSTOS

Costo total:	386.3	10 ⁶ US\$
Costo de potencia:	773	US\$/Kw
Costo de energía media:	1.69	US¢ /Kwh



FIGURAS



LISTA DE FIGURAS

1. Proyecto Fonce - Programa de Construcción
2. Proyecto Cabrera, Alternativa con Conducción - Programa de Construcción
3. Proyecto Cabrera, Alternativa Pie de Presa - Programa de Construcción
4. Proyecto Galán - Programa de Construcción

PROYECTO FONCE
PROGRAMA DE CONSTRUCCION

ACTIVIDAD	AÑOS					
	1	2	3	4	5	6
VIAS DE ACCESO Y RELOCALIZACIONES						
DESVIACION						
PRESA Y OBRAS ANEXAS						
CONDUCCION						
CASA DE MAQUINAS						
TURBINAS Y GENERADORES. SUMINISTRO Y MONTAJE.						
LINEAS DE TRANSMISION Y PATIO DE CONEXIONES.						

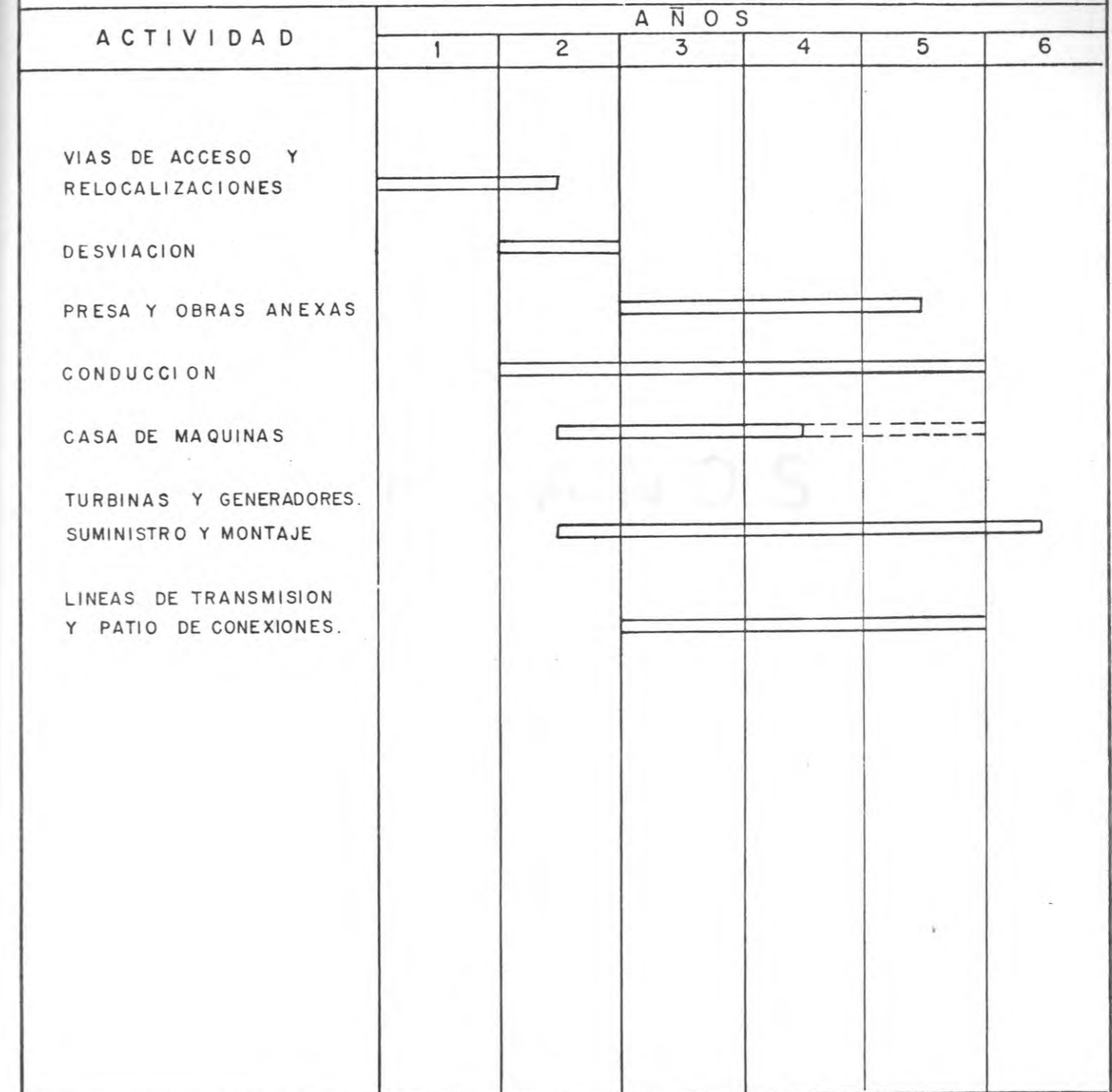
**PROYECTO CABRERA
ALTERNATIVA CON CONDUCCION
PROGRAMA DE CONSTRUCCION**

ACTIVIDAD	AÑOS					
	1	2	3	4	5	6
VIAS DE ACCESO Y RELOCALIZACIONES	—————					
DESVIACION	—————					
PRESA Y OBRAS ANEXAS		—————				
CONDUCCION	—————					
CASA DE MAQUINAS	—————					
TURBINAS Y GENERADORES. SUMINISTRO Y MONTAJE.		—————				
LINEAS DE TRANSMISION Y PATIO DE CONEXIONES.		—————				

PROYECTO CABRERA
ALTERNATIVA PIE DE PRESA
PROGRAMA DE CONSTRUCCION

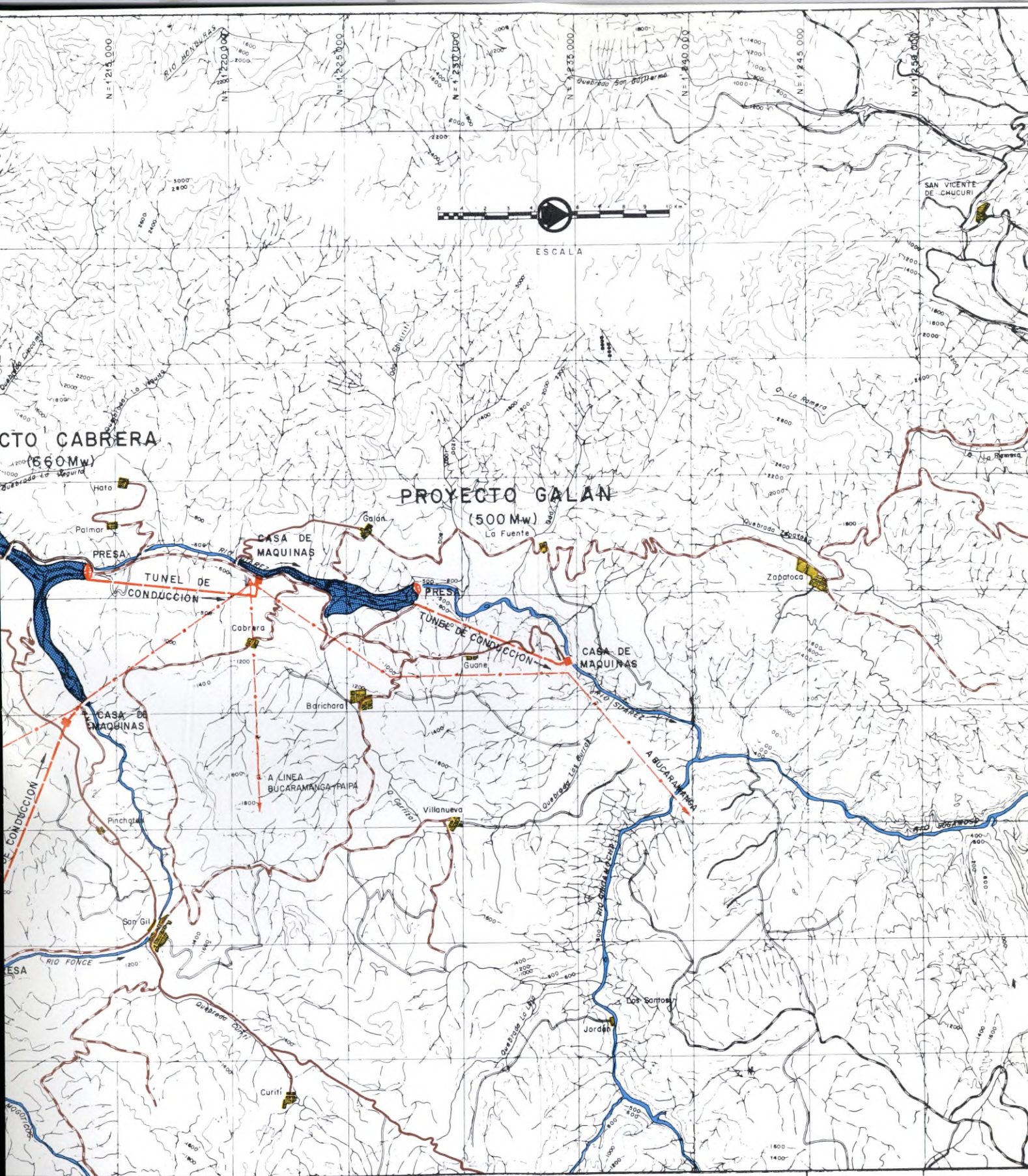
ACTIVIDAD	AÑOS					
	1	2	3	4	5	6
VIAS DE ACCESO Y RELOCALIZACIONES						
DESVIACION						
PRESA Y OBRAS ANEXAS						
CONDUCCION						
CASA DE MAQUINAS						
TURBINAS Y GENERADORES. SUMINISTRO Y MONTAJE.						
LINEAS DE TRANSMISION Y PATIO DE CONEXIONES.						

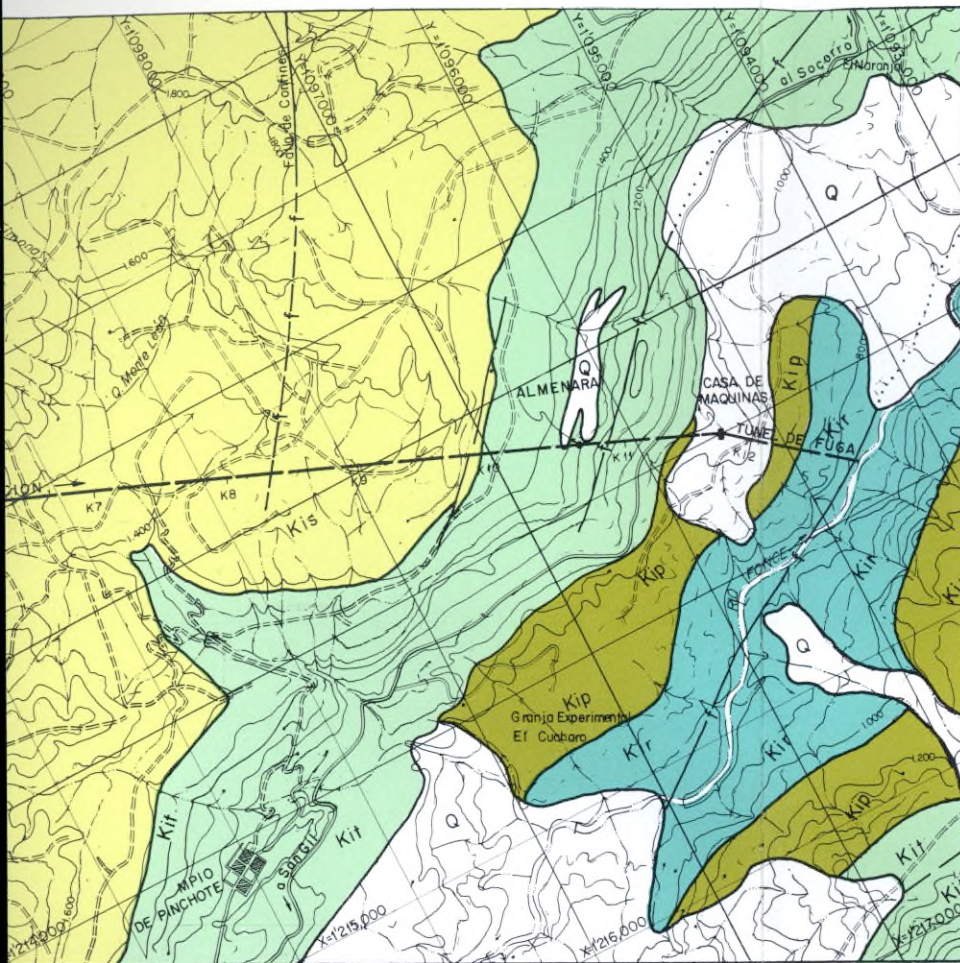
PROYECTO GALAN
PROGRAMA DE CONSTRUCCION





PLANOS





CARACTERISTICAS BASICAS

DATOS HIDROLOGICOS

Area de la cuenca 2,058 Km²
 Caudal medio 812 m³/s

EMBALSE

Nivel máximo/mínimo normales 1,220/1,190 m.s.n.m.
 Nivel medio 1,2186 m.s.n.m.
 Area del embalse 73 Km²
 Volúmen útil 145x10⁶ m³
 Volúmen total 195x10⁶ m³

PRESA

Tipo Enrocado con cara de concreto
 Nivel de corona 1,225 m.s.n.m.
 Altura máxima 102 m.
 Volúmen 3.8x10⁶ m³

VERTEDERO

Tipo Superficial con compuertas
 Caudal de diseño 6,120 m³/s
 Nivel de cresta 1,2045 m.s.
 No. de compuertas 3
 Dimensiones compuerta (bxh) 15.0x15.5 m.

DESVIACION

No. de túneles/dimensiones (bxh) 1/8.7x8.7 m.
 Longitud 785 m.
 Caudal de diseño 900 m³/s

CONDUCCION

No. de túneles / diámetro 1/5.70 m.
 Longitud 10,610 m.

TUBERIA DE PRESION

Tipo Subterránea
 No. de tuberías / diámetro 1/4.50 m.
 Longitud 1,400 m.

CASA DE MAQUINAS

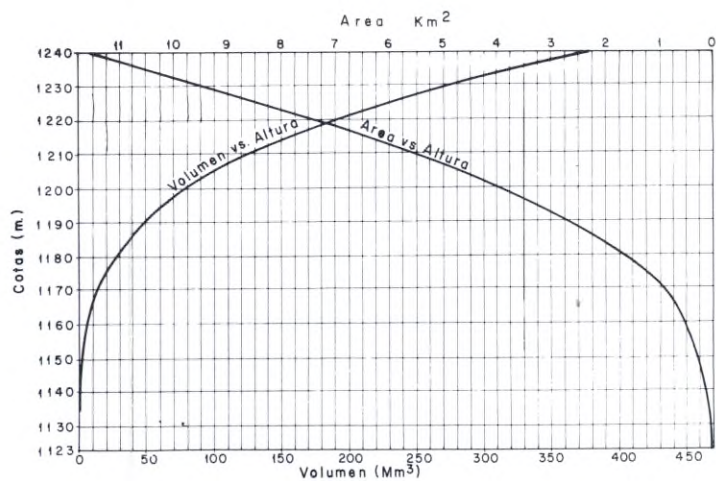
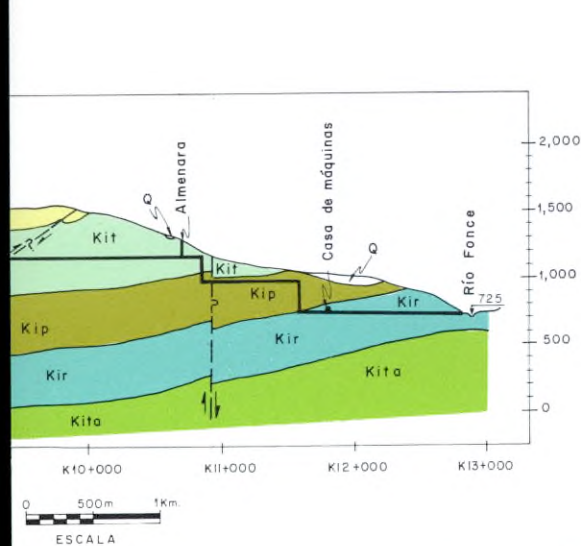
Tipo Subterránea
 Número de unidades 3x167 Mw
 Tipo de turbina: Francis de eje vertical
 Caudal de diseño 135 m³/s
 Caída media neta 440.3 m.
 Nivel de descarga 725 m.s.n.m.

FUGA

No. de túneles / dimensiones (bxh) 1/6 x 8.4 m.
 Longitud 1,080 m.

PARAMETROS ENERGETICOS

Potencia instalada 500 Mw.
 Energía media 2,680 Gwh/año
 Energía firme 1,430 Gwh/año



CURVAS VOLUMEN-ALTURA Y AREA-ALTURA

PROYECTO FONCE - SUAREZ

ESCALA

FECHA

Abril de 1982

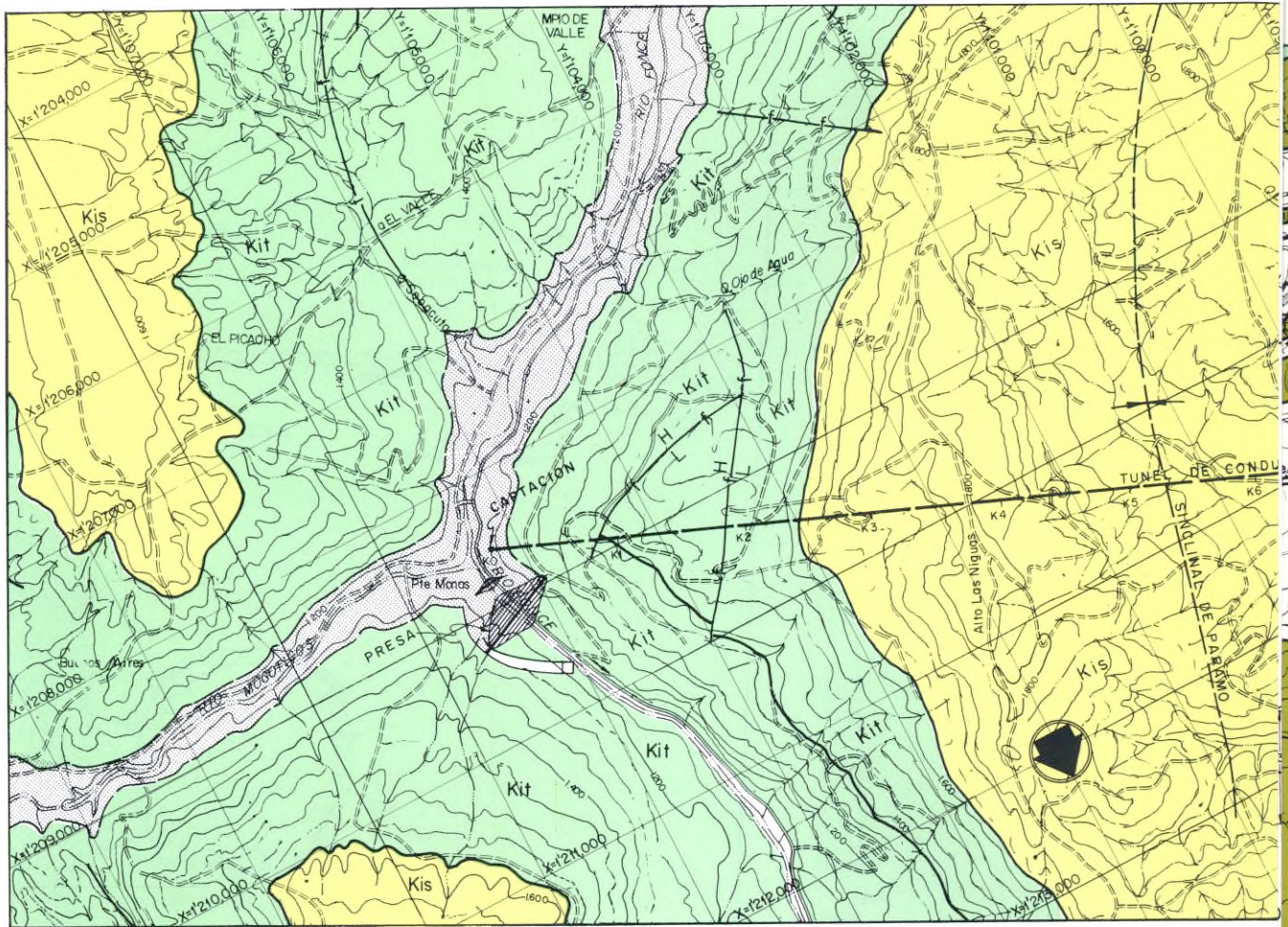
PROYECTO FONCE - ESQUEMA

REFERENCIA

TOR
AJGG

PL. No.

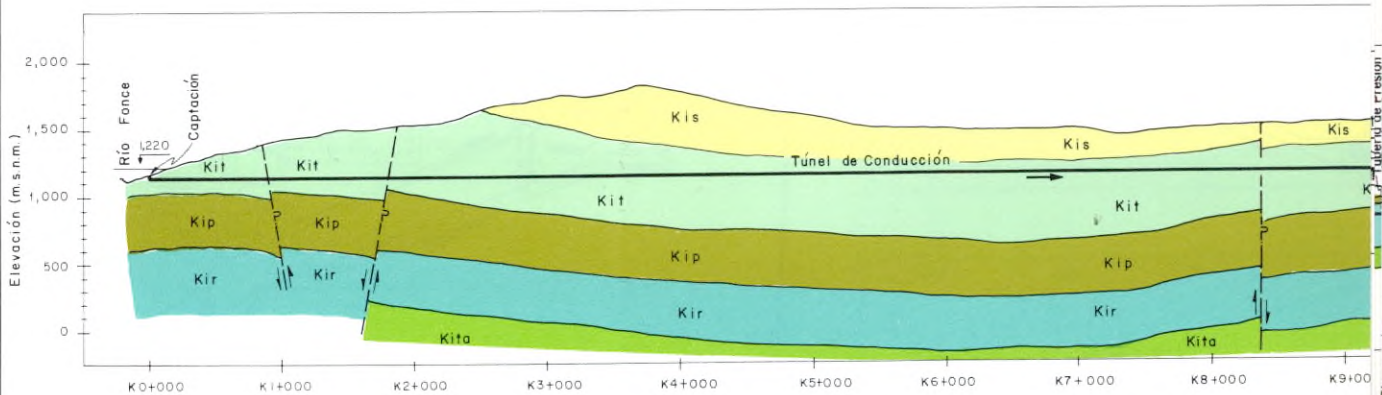
2



CONVENCIONES

Q Cuaternario	Kit Formación Tablazo. (Calizas y Areniscas)
Kis Formación Simifi. (Lutitas)	Kip Formación Paja (Lutitas)
Kita Formación Tambor (Areniscas)	Kir Formación Rosablanca (Calizas y Lutitas)

PLANTA GENERAL



PERFIL TUNEL DE CONDUCCION

NOTAS

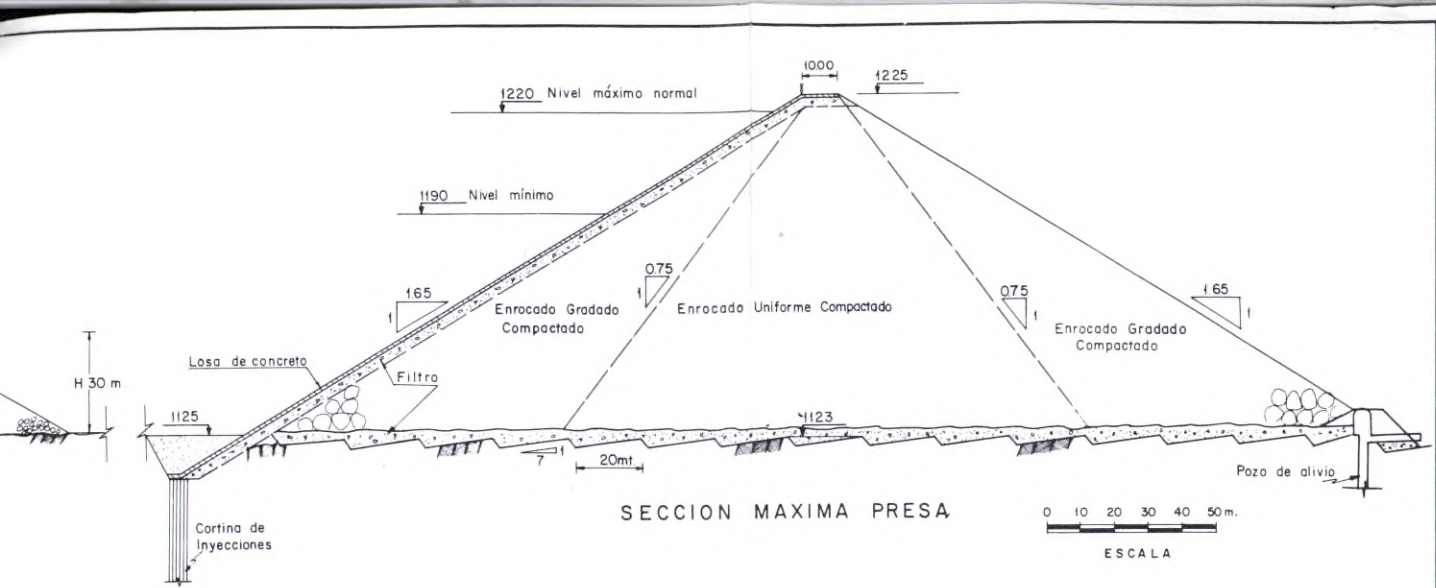
DISEÑO
GCC-TOR

REVISO
AJGG

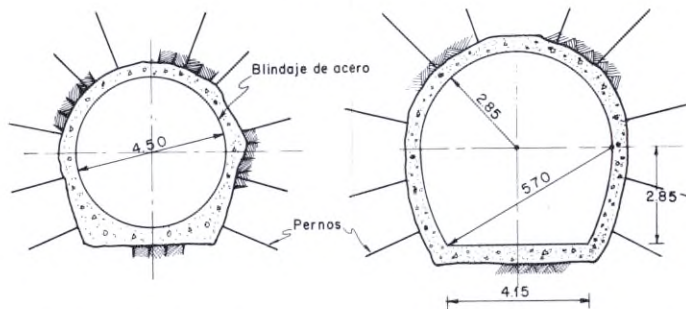
DIBUJO



INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA.
Ingenieros Consultores

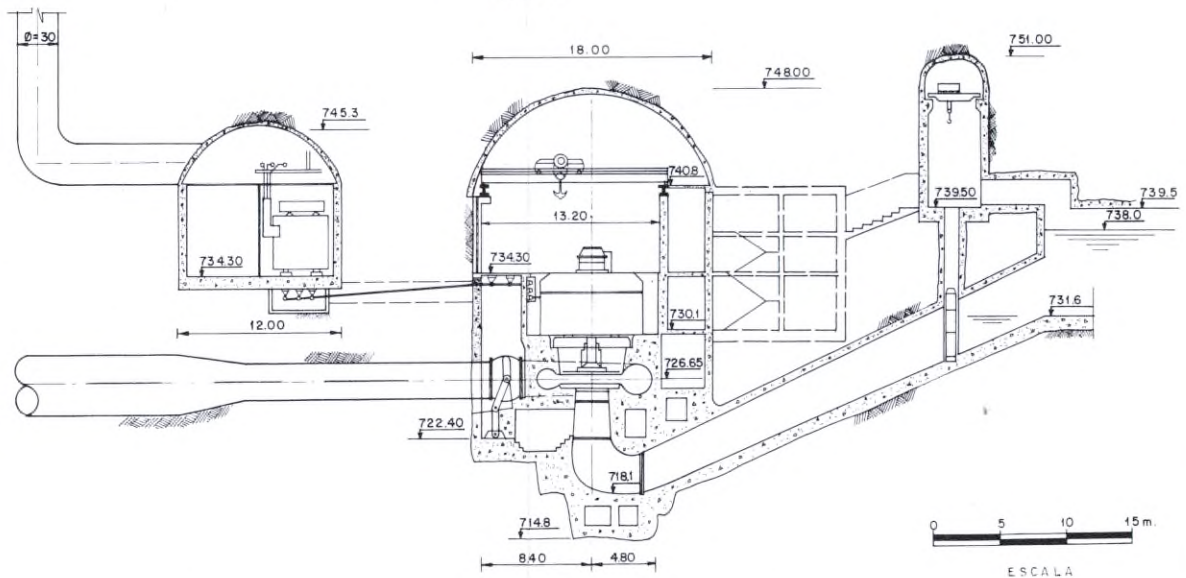


SECCIONES TÍPICAS

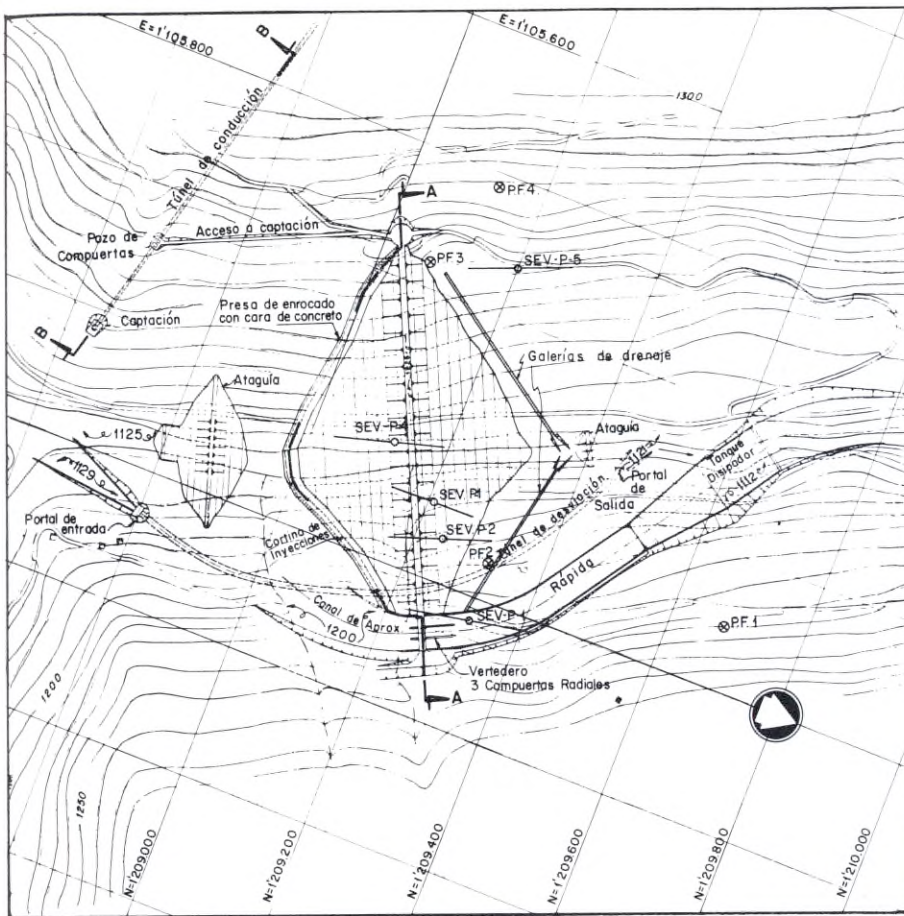


TUBERIA DE CARGA

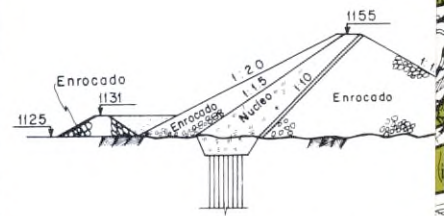
TUNEL DE CONDUCCION



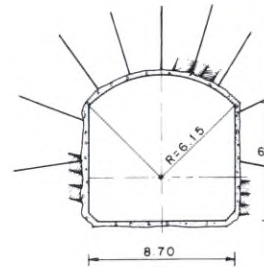
CASA DE MAQUINAS CORTE LONGITUDINAL



SEV - SONDEO ELECTRICO VERTICAL
 PC - PEFORACION CON TALADRO

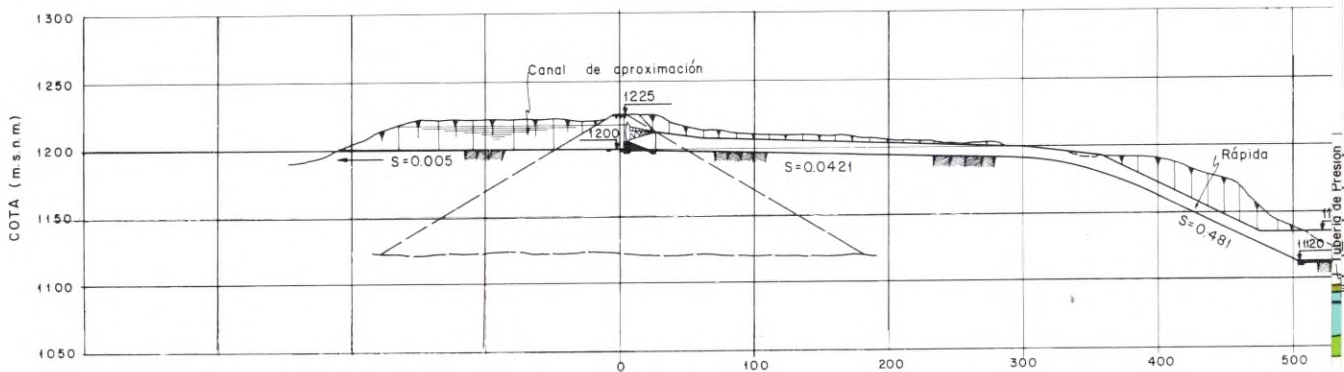


ATAGÜA



SECCION TIPICA
 TUNEL DE DESVIACION

PRESA Y OBRAS ANEXAS - PLANTA GENERAL



PERFIL POR EL EJE DEL VERTEDERO



ESCALA

NOTAS:

DISEÑO:
 REVISO:
 DIBUJO:



INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA.
 Ingenieros Consultores



CARACTERISTICAS BASICAS

DATOS HIDROLOGICOS

Area de la cuenca	9,741	Km ²
Caudal medio	298.4	m ³ /s

EMBALSE

Nivel máximo normal	725	m.s.n.m.
Nivel medio	724.3	m.s.n.m.
Area del embalse	9.8	Km ²
Volúmen útil	100x10 ⁶	m ³
Volúmen total	400x10 ⁶	m ³

PRESA

Tipo	Enrocado con núcleo de arcilla	
Nivel de corona	730	m.s.n.m.
Altura máxima	120	m
Volúmen	6.5x10 ⁶	m ³

VERTEDERO

Tipo	Superficial con compuertas	
Caudal de diseño	14300	m ³ /s
Nivel de cresta	709	m.s.n.m.
Nº de compuertas	6	
Dimensiones compuerta (bxh)	16x16	m.

DESVIACION

Nº de túneles / diámetro	2/9.5	m.
Longitud	1400	m.
Caudal de diseño	2,500	m ³ /s

CONDUCCION

Nº de túneles / diámetro	2/730	m.
Longitud	7,250	m.

TUBERIA DE PRESION

Tipo	Subterránea	
Nº de tuberías / diámetro	4/510	m.
Longitud	300	m.

CASA DE MAQUINAS

Tipo	Subterránea	
Nº de unidades	4/165	Mw
Tipo de turbina	Francis de eje vertical	
Caudal de diseño	450	m ³ /s
Caída media neta	176.7	m.

FUGA

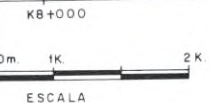
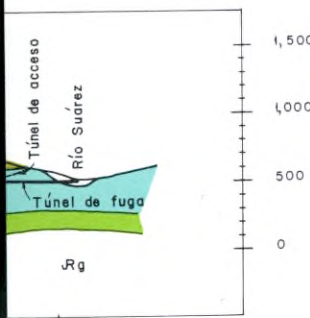
Nº de túneles / sección	2/7x10	m.
Longitud	330	m.

PARAMETROS ENERGETICOS

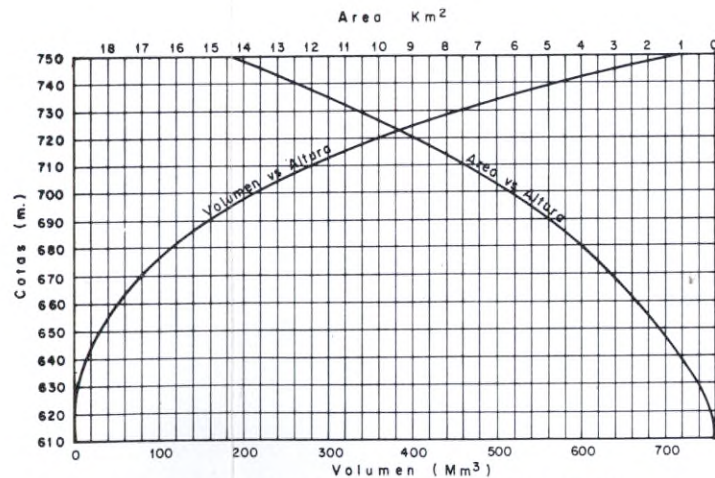
Potencia instalada	660	Mw.
Energía media	3,695	Gw h/año
Energía firme	2,390	Gw h/año



ESCALA



ESCALA



CURVAS VOLUMEN - ALTURA Y AREA ALTURA

PROYECTO FONCE - SUAREZ

ESCALA:

FECHA:
JULIO 1982

PROYECTO CABRERA ALTERNATIVA
CON CONDUCCION
ESQUEMA

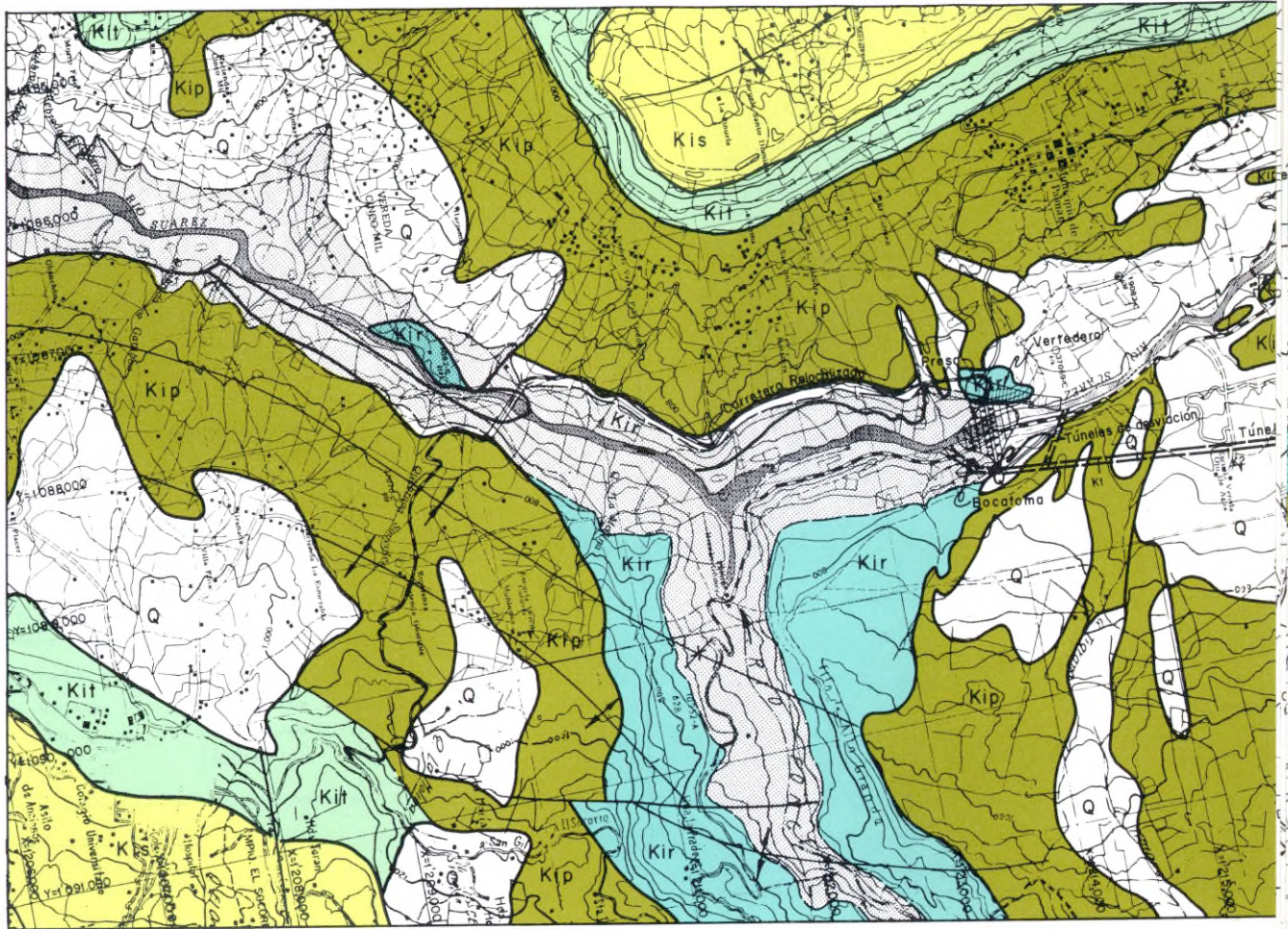
REFERENCIA:

PL. No.

4



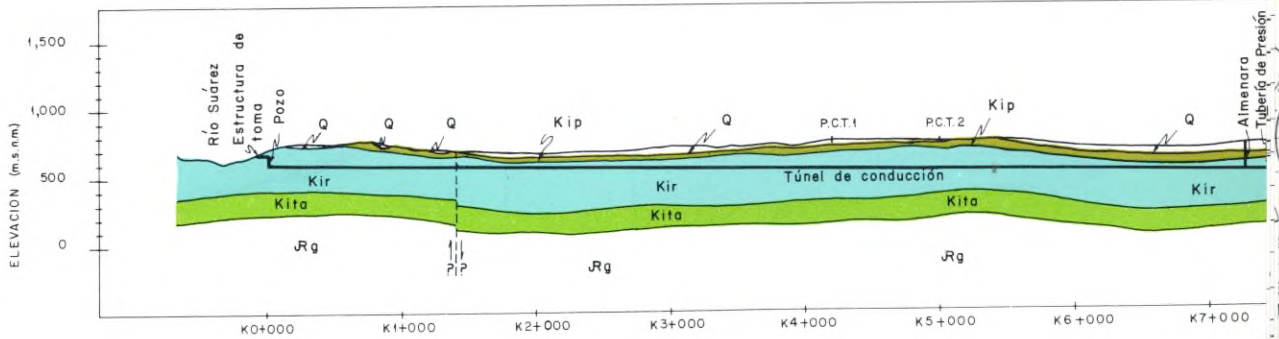
ISA Interconexión Eléctrica S.A.



CONVENCIONES

Q	Cuaternario	Kit	Formación Tablazo (Calizas y areniscas)
Kis	Formación Simití	Kip	Formación Paja (Lutitas)
Jrg	Formación Girón	Kir	Formación Rosablanca (Calizas y Lutitas)
Kita	Formación Tambor (Areniscas)		

PLANTA GENERAL



PERFIL TUNEL DE CONDUCCION



NOTAS

DISEÑO

REVISO

DIBUJO



INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA.
Ingenieros Consultores

CARACTERISTICAS BASICAS

DATOS HIDROLOGICOS

Area de la cuenca 9,741 Km²
Caudal medio 2984 m³/s

EMBALSE

Nivel máximo normal 725 m.s.n.m
Nivel medio 724.8 m.s.n.m
Area del embalse 9.8 Km²
Volumen útil 40x10⁶ m³
Volumen total 400x10⁶ m³

PRESA

Tipo Enrocado con núcleo de arcilla
Nivel de corona 730 m.s.n.m
Altura máxima 120 m
Volumen 6.5x10⁶ m³

VERTEDERO

Tipo Superficial con compuertas
Caudal de diseño 14,300 m³/s
Nivel de cresta 709 m.s.n.m
No. de compuertas 6
Dimensiones compuerta (b x h) 16 x 16 m

DESVIACION

No. de túneles/diámetro 2/9.5 m
Longitud 1400 m
Caudal de diseño 2,500 m³/s

CONDUCCION

No. de túneles/diámetro 2/8.0 m
Longitud 1,000 m

TUBERIA DE PRESION

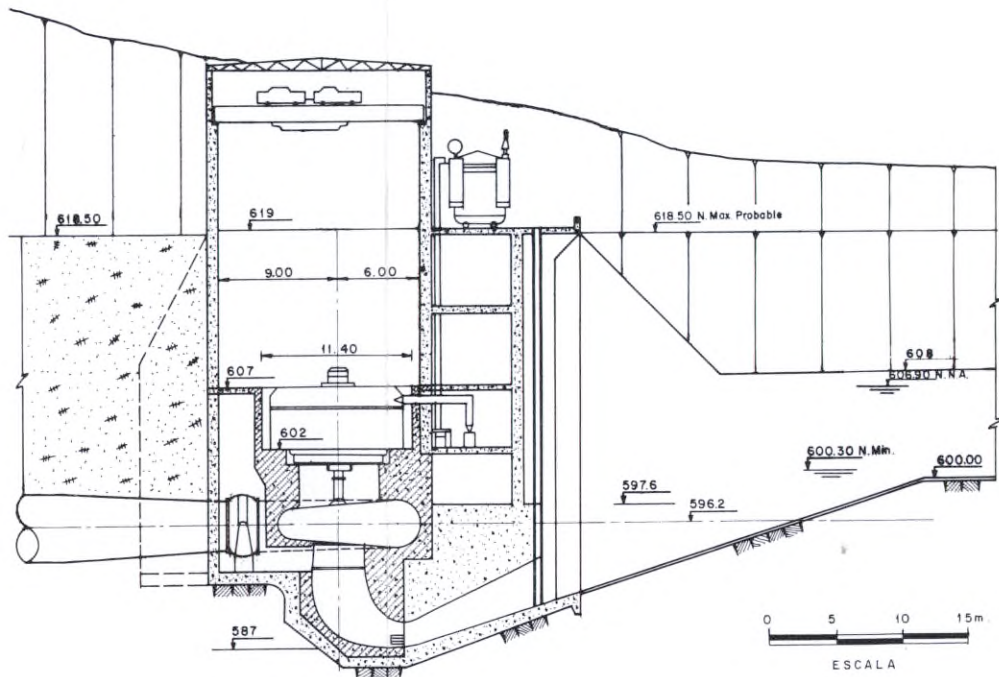
Tipo / Longitud Subterránea/400 m
No. de tuberías/diámetro 4/5.4 m

CASA DE MAQUINAS

Tipo Superficial
No. de unidades 4 x 125 Mw
Tipo de turbina Francis de eje vertical
Caudal de diseño 500 m³/s
Caída media neta 118.4 m

PARAMETROS ENERGETICOS

Potencia instalada 500 Mw
Energía media 2,520 GWh/año
Energía firme 1,535 GWh/año



CASA DE MAQUINAS - CORTE LONGITUDINAL

PROYECTO FONCE - SUAREZ

PROYECTO CABRERA
ALTERNATIVA PIE DE PRESA
ESQUEMA

ESCALA:

FECHA:
Abril de 1982

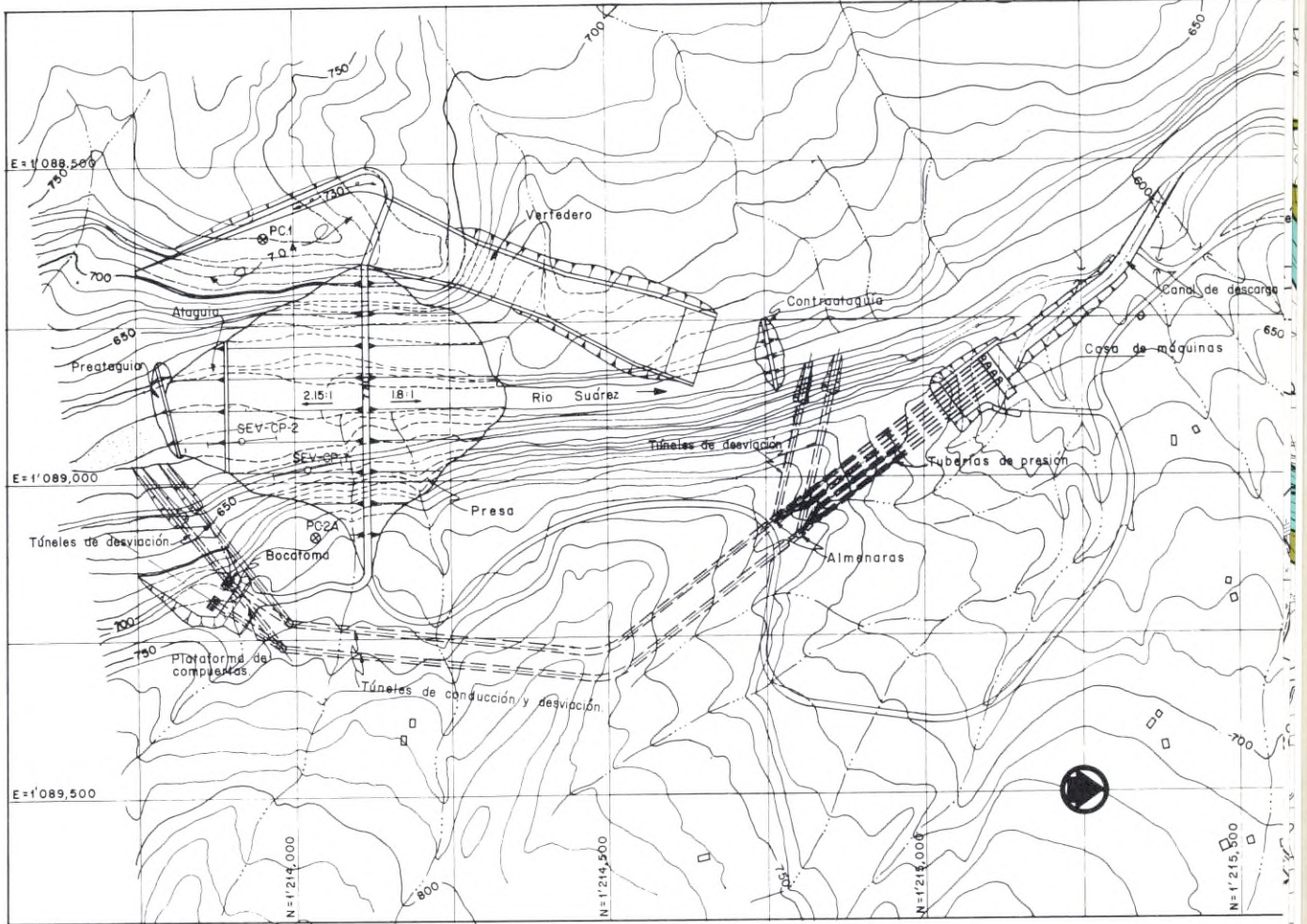
REFERENCIA:

PL. No.

5



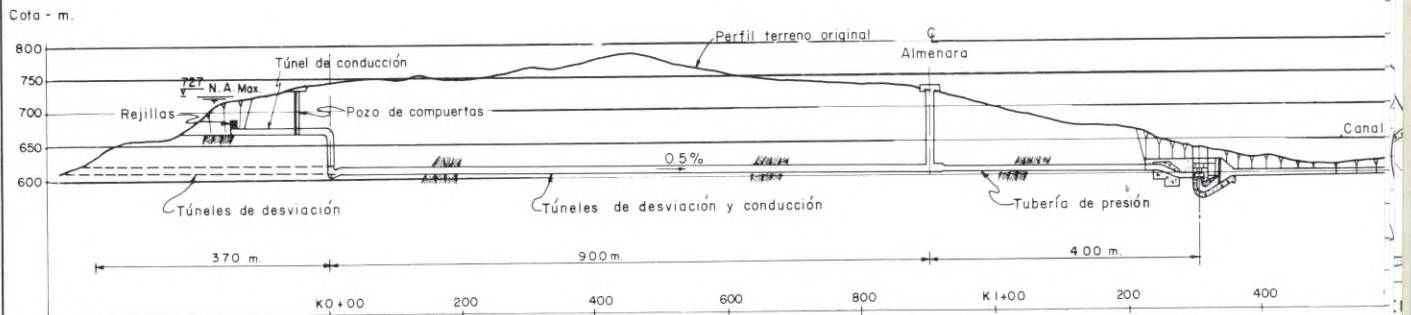
Interconexión Eléctrica S.A.



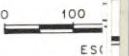
SEV - SONDED ELECTRICO VERTICAL
 PF - PERFORACION CON TALADRO



PLANTA GENERAL



CONDUCCION Y DESVIACION - PERFIL LONGITUDINAL



NOTAS:

1- La presa y obras anexas de la alternativa "pie de presa" son iguales para la alternativa con conducción. Los detalles de éstas obras se encuentran en el plano No 6

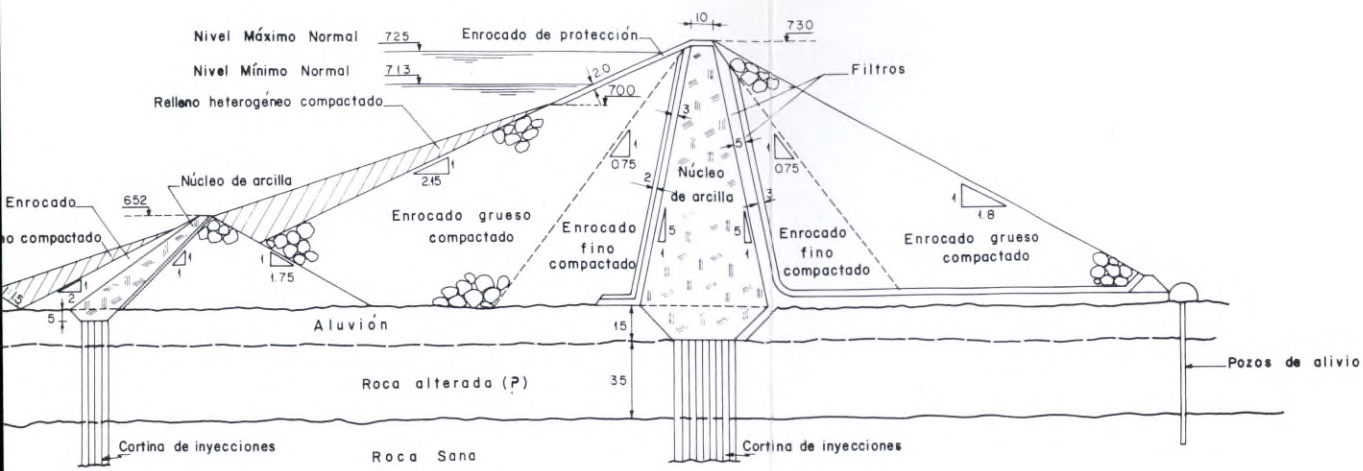
DISEÑO

REVISO

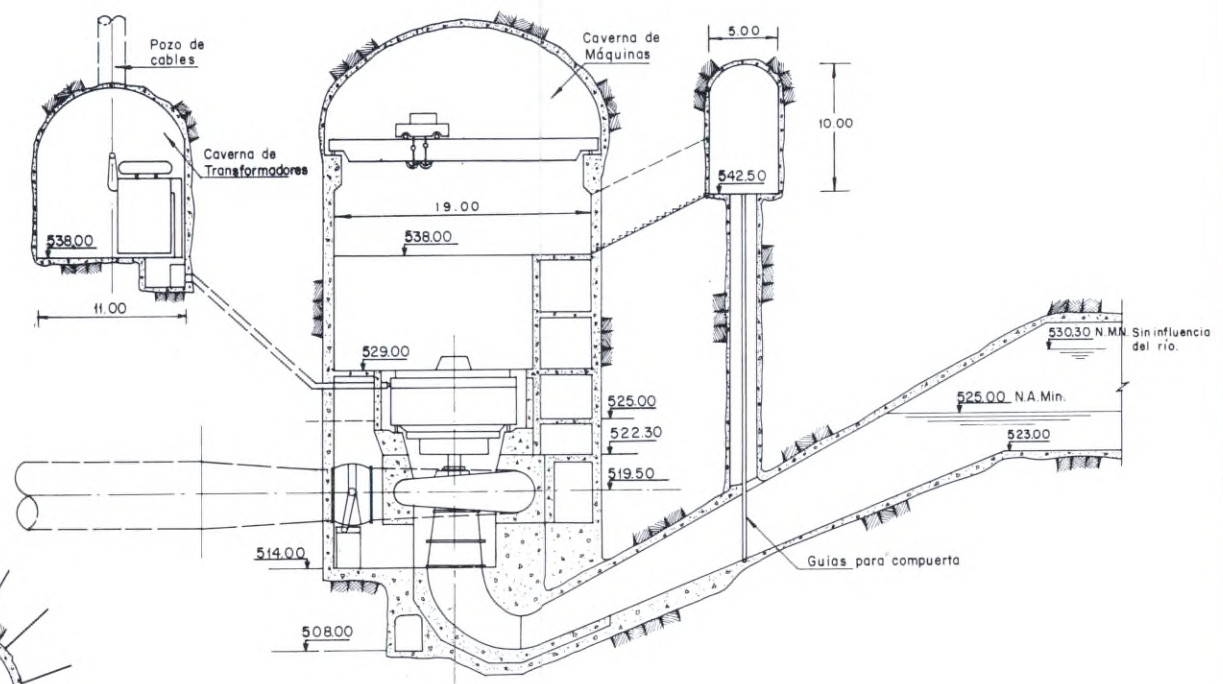
DIBUJO



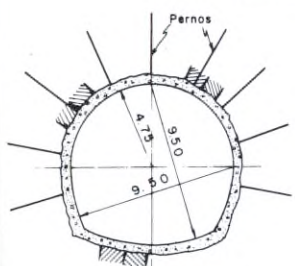
INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA.
 Ingenieros Consultores



SECCION MAXIMA PRESA



CASA DE MAQUINAS - CORTE LONGITUDINAL



TUNELES DE DESVIACION



Interconexión Eléctrica S.A.

PROYECTO FONCE - SUAREZ

PROYECTO CABRERA
 ALTERNATIVA CON CONDUCCION
 DETALLES

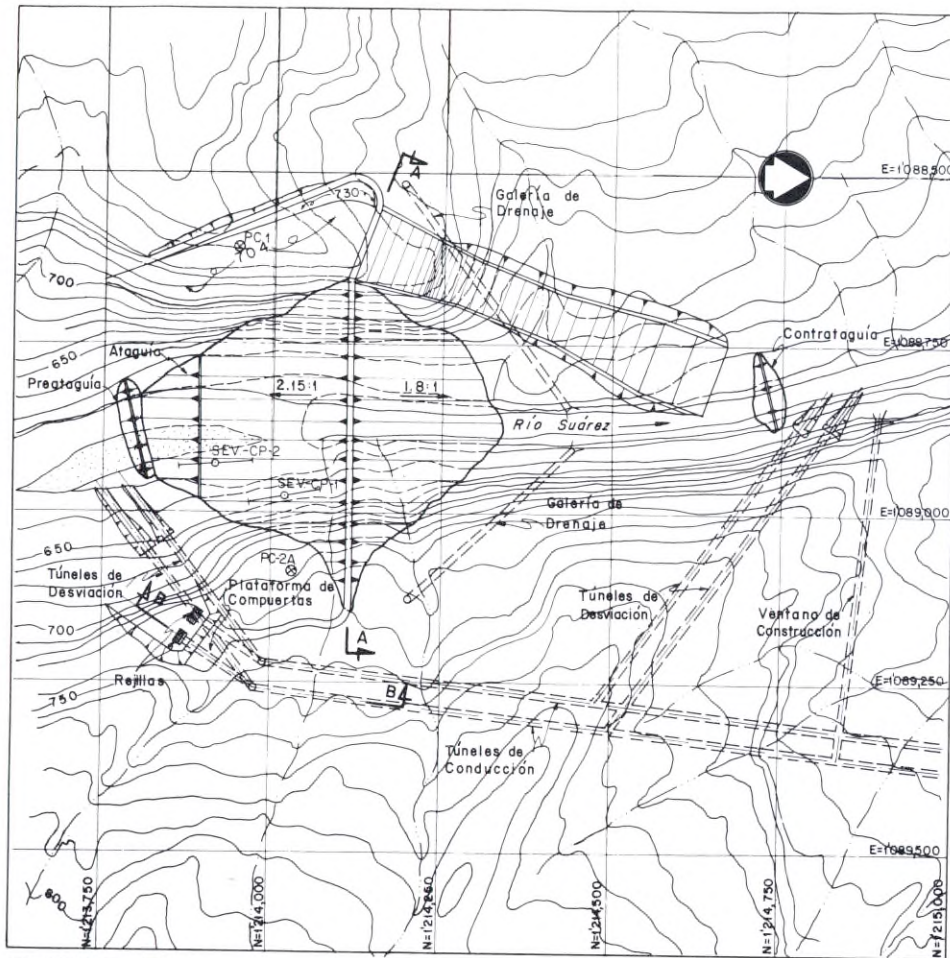
ESCALA:

FECHA:
 JULIO 1982

REFERENCIA:

PL. No.

6

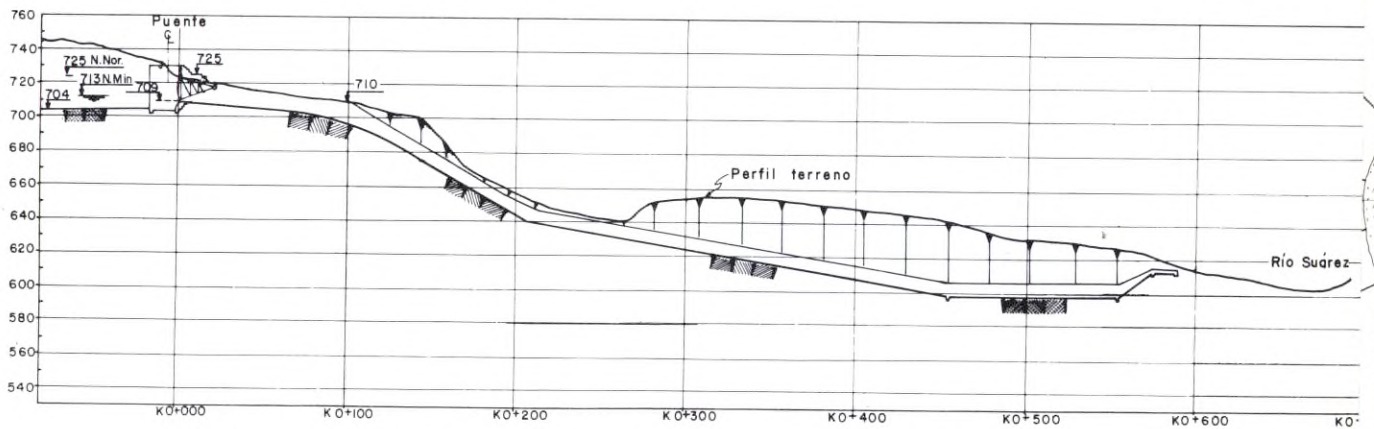


SEV - SONDEO ELECTRICO VERTICAL

PRESA Y OBRAS ANEXAS
PLANTA GENERAL



Cota (m)



VERTEDERO - PERFIL LONGITUDINAL

NOTAS:

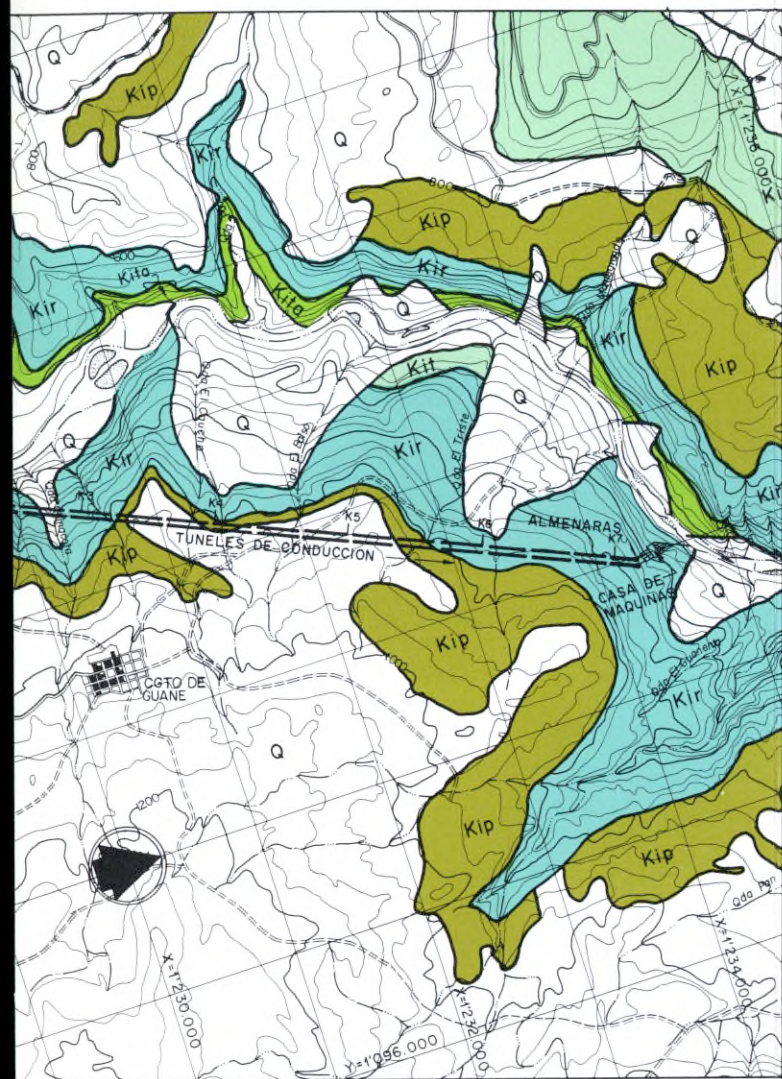
DISENO:

REVISO:

DIBUJO:



INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA.
Ingenieros Consultores



CARACTERISTICAS BASICAS

DATOS HIDROLOGICOS

Area de la cuenca 10,004 Km²
 Caudal medio 303.9 m³/s

PONDAJE

Nivel máximo normal 525 m.s.n.m.
 Volumen total 70 Mm³

PRESA

Tipo Enrocado con núcleo de arcilla
 Nivel de corona 530 m.s.n.m.
 Altura máxima 72 m.
 Volúmen 3.2 Mm³

VERTEDERO

Tipo Superficial con compuertas
 Caudal de diseño 14,300 m³/s
 Nivel de cresta 509 m.s.n.m.
 No de compuertas 5
 Dimensiones compuerta (bxh) 20 x 16 m.

DESVIACION

No de túneles/dimensiones (bxh) 2/90x90m.
 Longitud 1,200 m.
 Caudal de diseño 2,500 m³/s

CONDUCCION

No de túneles/diámetro 2/7.30 m.
 Longitud 7,150 m.

TUBERIA DE PRESION

Tipo Subterránea
 No de tuberías/diámetro 4/5.40 m.
 Longitud 115 m.

CASA DE MAQUINAS

Tipo Subterránea
 No de unidades 4/125 Mw.
 Tipo de turbina Francis de eje vertical
 Caudal de diseño 450 m³/s
 Caída media neta 134.7 m.

FUGA

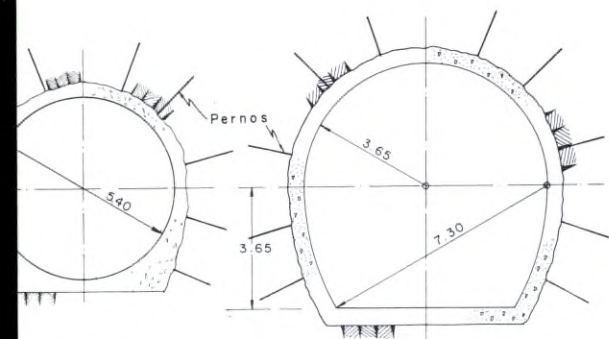
No de túneles/dimensiones (bxh) 2/7x10 m.
 Longitud 250 m.

PARAMETROS ENERGETICOS

Potencia instalada 500 Mw.
 Energía media 285.5 GwH/año
 Energía firme 1,880 GwH/año



ESCALA

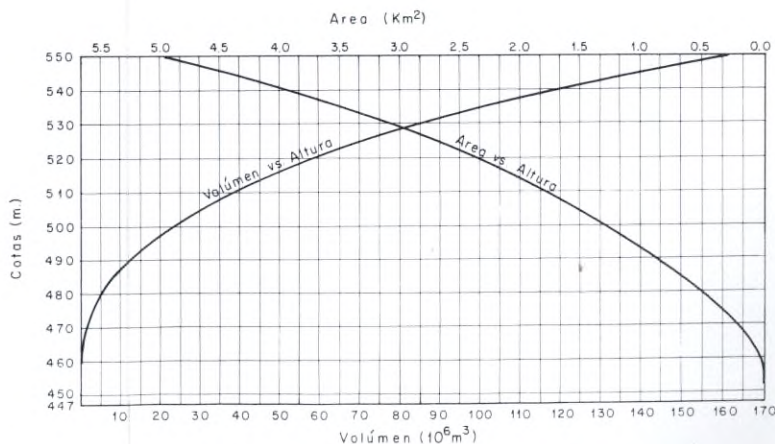


TUNEL DE CARGA
 SECCION TIPICA

TUNEL DE CONDUCCION
 SECCION TIPICA



ESCALA



CURVAS VOLUMEN-ALTURA Y AREA-ALTURA

PROYECTO FONCE - SUAREZ

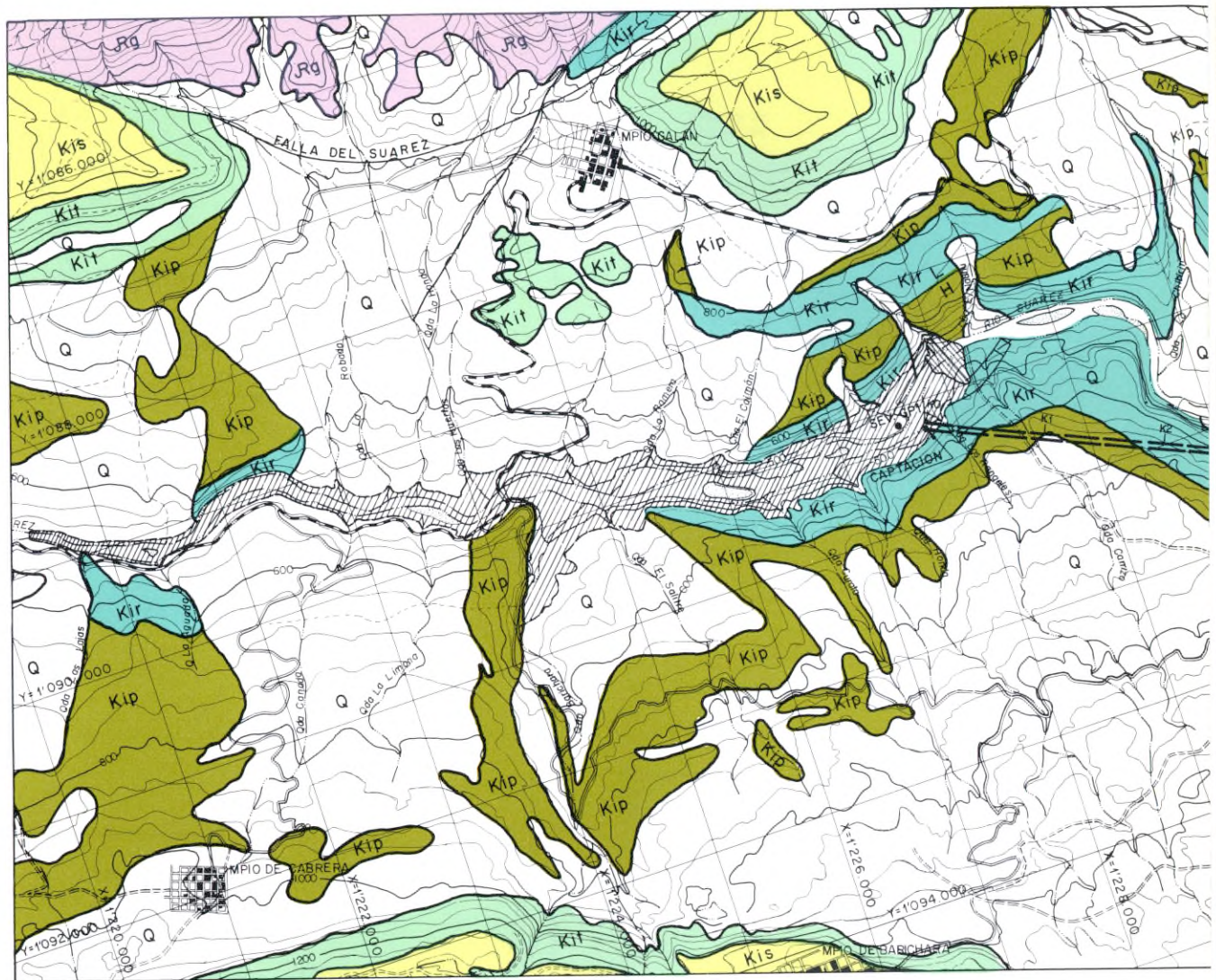
ESCALA

FECHA: JULIO 1982

PROYECTO GALAN - ESQUEMA

REFERENCIA

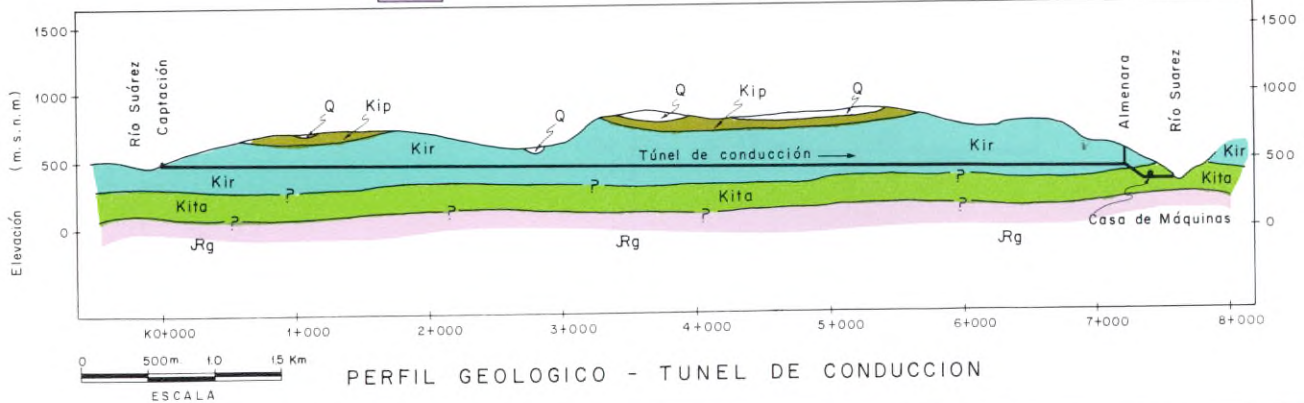
PL. No.



CONVENCIONES

- | | | | |
|------------|-------------------|-------------|----------------------|
| Q | Cuaternario | Kip | Formación Paja |
| Kis | Formación Simití | Kir | Formación Rosablanca |
| Kit | Formación Tablazo | Kita | Formación Tambor |
| Rg | Formación Girón | | |

PLANTA GENERAL



NOTAS:

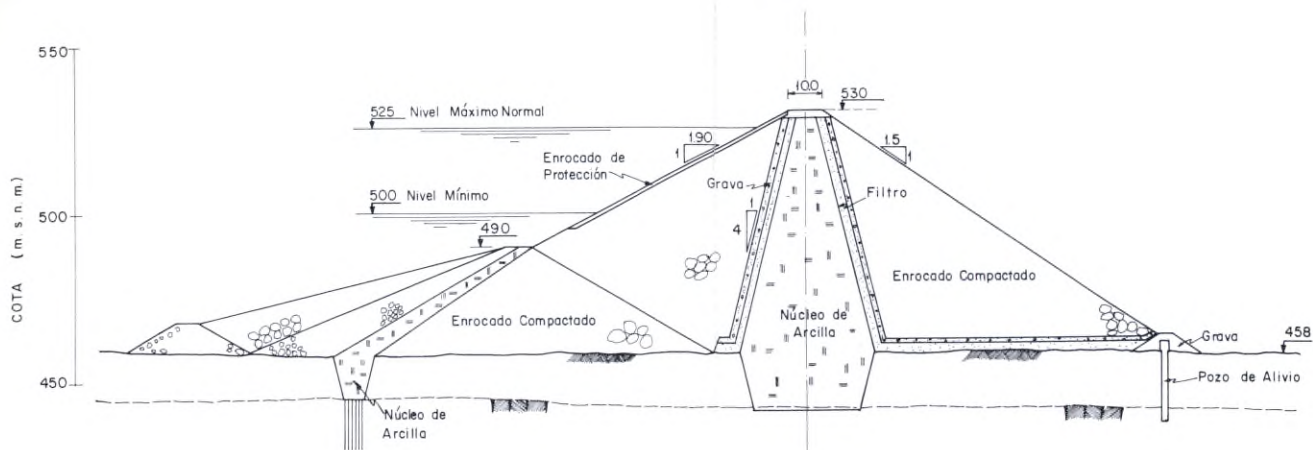
DISEÑO:

REVISÓ:

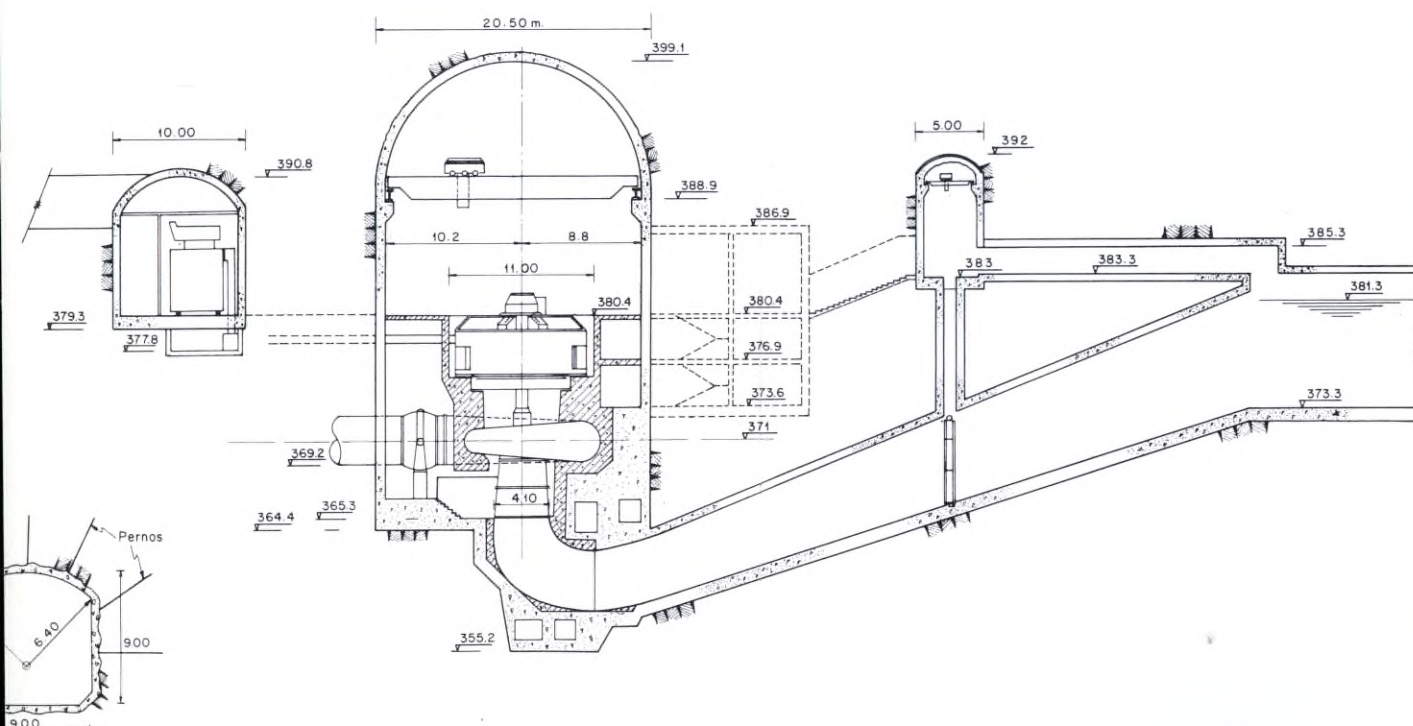
DIBUJO:



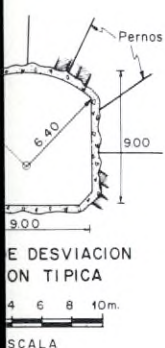
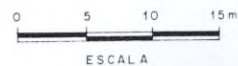
INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA.
Ingenieros Consultores



SECCION MAXIMA PRESA



CASA DE MAQUINAS - CORTE LONGITUDINAL



PROYECTO FONCE - SUAREZ

ESCALA:
INDICADAS.

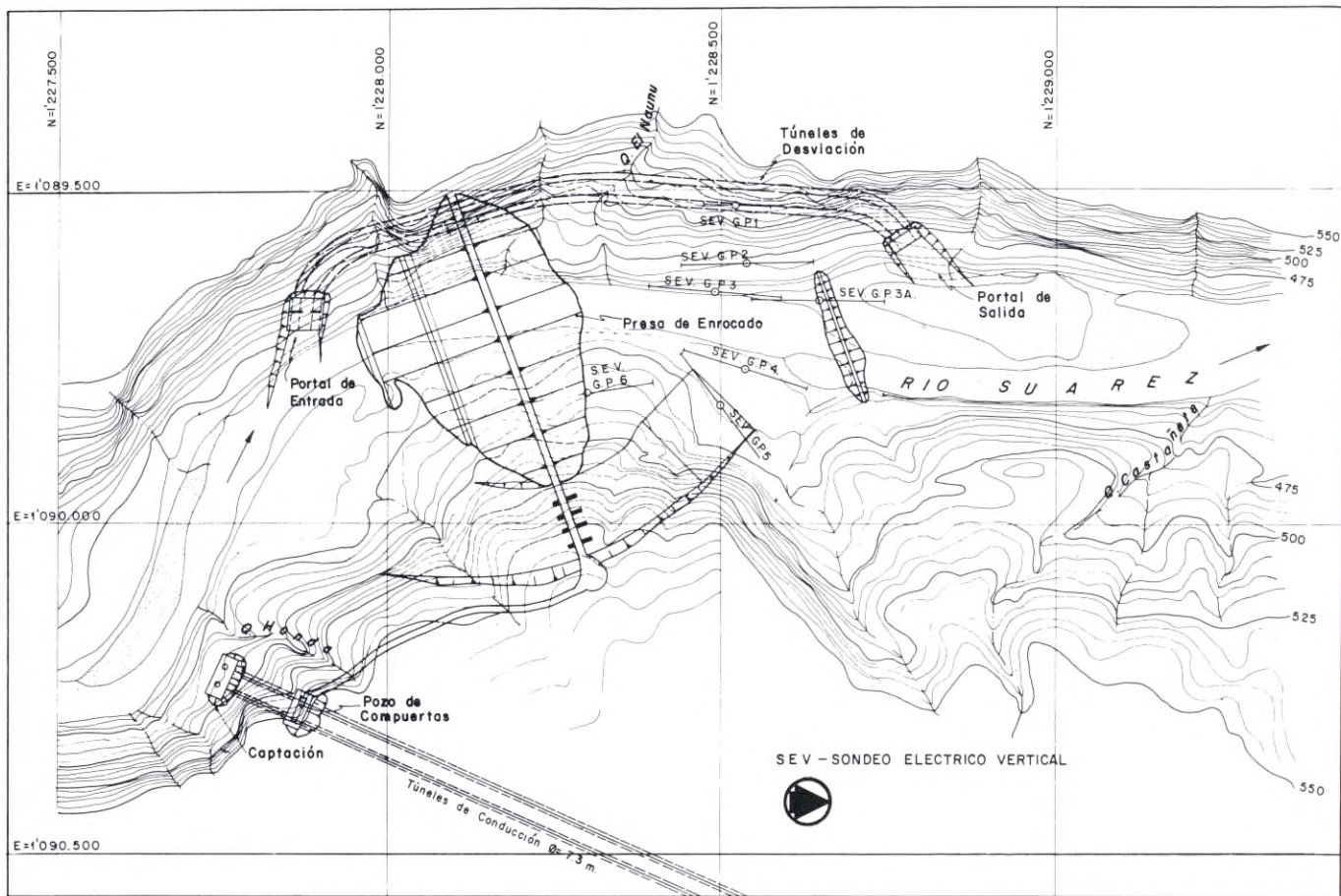
FECHA:
JULIO - 1982

PROYECTO GALAN - DETALLES

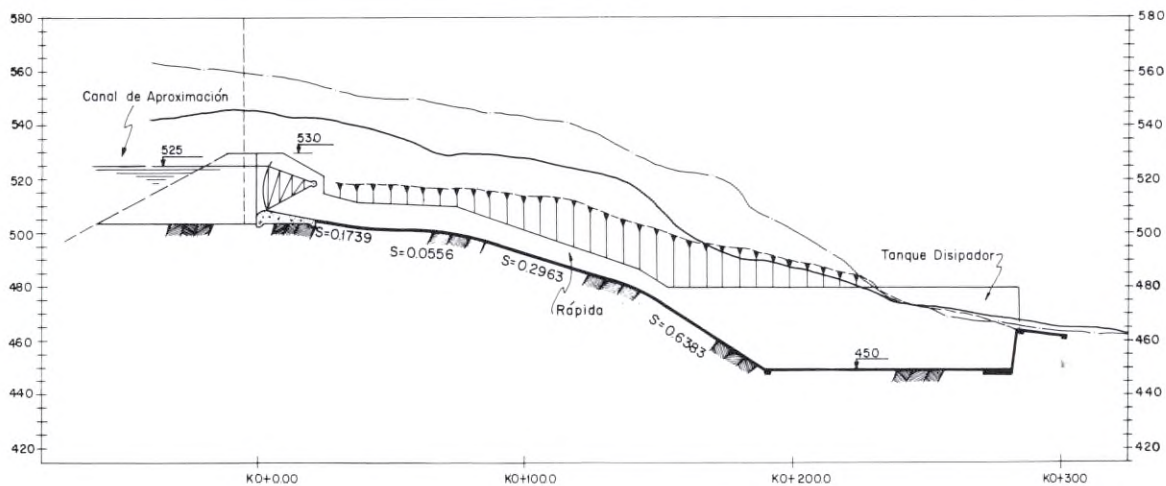
REFERENCIA:

PL. No.

8



PLANTA GENERAL



PERFIL POR EL EJE DEL VERTEDERO



NOTAS

DISEÑO

REVISO

DIBUJO



INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA.
Ingenieros Consultores

Aprovechamiento hidroeléctrico de los Ríos
Fonce y Suárez/estudio de
prefactibilidad/resumen/Interconexión Eléctrica
S.A.

333.914 I611a Ej.1

CATALOGADO POR: HELP FILE LTDA

FECHA

FECHA