

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



**Evaluación del Diseño de la Infraestructura de
la Central Hidroeléctrica Gera II**

TESIS

**Para optar el Título de
INGENIERO CIVIL**

Luis Angel Agapito Tito

Lima – Perú

2004

Digitalizado por:

**Consortio Digital del
Conocimiento MebLatam,
Hemisferio y Dalse**

DEDICATORIA

A mis queridos padres, Luis Alberto y Concepción, cuyo amor y ejemplo me ayudan siempre a tomar las mejores decisiones.

A mis hermanos, José, Luis Alberto y Cecilia, de quienes me siento muy orgulloso, ya que también reflejan el excelente trabajo realizado por mis padres.

A mi abuelita Victoria, a mi tía Eugenia y a mi tío Zenón, quien partió tempranamente de este mundo.

AGRADECIMIENTO

Mi sincero agradecimiento a la Empresa Prieto Ingenieros Consultores S.A. , representada por su Presidente del Directorio Ing. Luis Prieto Gómez; empresa que confió en mis habilidades y me dio la oportunidad de formar parte de su excelente plana de ingenieros.

Asimismo, debo hacer especial mención y reconocimiento al Ing. Aarón Pachari Ramos y al Ing. Fernando Flores del Castillo, quienes nunca dudaron en brindarme sus experiencias profesionales y además siempre estuvieron prestos en responder mis inquietudes; experiencias y inquietudes resueltas que me servirán para ejercer con mayor calidad mis labores profesionales.

Debo expresar también un especial agradecimiento a la Ing. Marisa Silva Dávila de quien recibí el asesoramiento para la realización de ésta Tesis.

EVALUACIÓN DEL DISEÑO DE LA INFRAESTRUCTURA DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA GERA II

ÍNDICE

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO 1

1. OBJETIVOS E INFORMACIÓN PRELIMINAR

1.1 Objetivos	1-1
1.2 Alcances	1-1
1.3 Información Preliminar del Proyecto	1-2
1.3.1 Reconocimiento del Área del Proyecto	1-2
1.3.2 Evaluación y Descripción de las Obras Civiles de la C.H Gera I existente	1-3
1.3.3 Principio de Funcionamiento de la Central Hidroeléctrica Gera II	1-6

CAPÍTULO 2

2. ESTUDIOS BÁSICOS

2.1 Estudio Topográfico	2-1
2.1.1 Objetivo	2-1
2.1.2 Criterios para el Trazo del Alineamiento de las Obras de Conducción	2-1
2.1.3 Nivelación y Control Planimétrico	2-2
2.1.4 Conclusiones	2-4
2.2 Estudio Hidrológico	2-4
2.2.1 Objetivo	2-4
2.2.2 Metodología de Análisis, parámetros fisiográficos y condiciones climatológicas	2-4
2.2.3 Evaluación de la Disponibilidad Hídrica del Río Gera, Evaluación Hidrológica del Río Mayo	2-7
2.2.4 Conclusiones	2-12
2.3 Estudio Geológico/ Geotécnico	2-13
2.3.1 Objetivo	2-13
2.3.2 Geología General	2-13
2.3.3 Sismicidad de la Región	2-16

2.3.4	Geología, Mecánica de Suelos y Geotecnia del Alineamiento	2-16
2.3.5	Interpretación de Ensayos de Mecánica de Suelos, Canteras	2-21
2.3.6	Estudio de Prospección Geofísica	2-26
2.3.7	Conclusiones	2-26
2.4	Estudio de Mercado Eléctrico	2-27
2.4.1	Demanda del Sistema Eléctrico de Tarapoto	2-27
2.4.2	Análisis de la Oferta	2-29
2.4.3	Balance Oferta- Demanda	2-29
2.4.4	Conclusiones	2-30
CAPÍTULO 3		
3.	EVALUACIÓN Y DISEÑO MEJORADO	
3.1	Obra de Toma	3-3
3.1.1	Generalidades	3-3
3.1.2	Estructuras principales de una Toma	3-3
3.1.3	Tipos de Toma	3-5
3.1.4	Diseño Hidráulico	3-6
3.1.5	Conclusiones	3-9
3.2	Obras de Conducción	3-10
3.2.1	Generalidades	3-10
3.2.2	Tipos de obras de conducción	3-11
3.2.3	Criterios hidráulicos de diseño	3-11
3.2.4	Diseño Hidráulico del Canal y Túnel	3-14
3.3	Cámara de Carga	3-19
3.3.1	Consideraciones generales	3-19
3.3.2	Partes de la Cámara de Carga	3-19
3.3.3	Aspectos constructivos y de funcionamiento generales	3-20
3.3.4	Diseño Hidráulico	3-22
3.4	Tubería de Presión	3-24
3.4.1	Generalidades	3-24
3.4.2	Datos Básicos para la Selección y el Diseño	3-25
3.4.3	Golpe de Ariete	3-25
3.4.4	Diámetro y Espesor de la Tubería	3-31
3.4.5	Cálculo de las Pérdidas de Carga en la Tubería	3-32
3.4.6	Anclajes y Apoyos	3-34
3.5	Casa de Máquinas	3-36
3.5.1	Generalidades	3-36
3.5.2	Criterios de Diseño	3-37
3.5.3	Dimensionamiento	3-38
3.5.4	Equipamiento Electromecánico	3-38

3.6 Canal de Descarga	3-41
3.6.1 Generalidades	3-41
3.6.2 Análisis Técnico-Económico de Alternativas	3-41
3.6.3 Diseño Hidráulico	3-42
3.7 Obras de Arte	3-44
3.7.1 Generalidades	3-44
3.7.2 Diseño de Canoas y Alcantarilla	3-45
 CAPÍTULO 4	
4. VALOR REFERENCIAL Y EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO	
4.1 Valor Referencial	4-1
4.1.1 Generalidades	4-1
4.1.2 Elementos del Presupuesto Base	4-1
4.1.3 Resumen del Presupuesto Base	4-3
4.2 Evaluación Económica	4-4
4.2.1 Generalidades	4-4
4.2.2 Premisas de Cálculo	4-5
4.2.3 Costos Considerados, beneficios a generar	4-6
4.2.4 Evaluación y Resultados de la Evaluación Económica	4-8
4.2.5 Análisis de Sensibilidad	4-8
4.2.6 Conclusiones de la Evaluación Económica	4-9
 CAPÍTULO 5	
5. EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL	
5.1 Metodología	5-2
5.2 Línea Base Ambiental	5-2
5.3 Identificación y Evaluación de Impactos	5-4
5.4 Plan de Manejo Ambiental	5-18
 CAPÍTULO 6	
6. PERFIL DEL PROYECTO DE UTILIZACIÓN DE AGUAS DE BOMBEO	
6.1 Generalidades	6-1
6.1.1 Diagnóstico de la Situación Actual	6-1
6.1.2 Objetivo del Perfil de Proyecto	6-1
6.1.3 Alternativa de Solución	6-1
6.1.4 Financiamiento	6-2

6.2 Planeamiento para el Abastecimiento de Agua Potable de la localidad "Las Delicias del Gera"	6-2
6.2.1 Estudio de la Fuente, Población y Demanda de Agua	6-4
6.2.2 Sistema de Abastecimiento de Agua	6-6

CAPÍTULO 7

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

- A. Cálculos, Cuadros, Tablas y Otros**
- B. Registro Fotográfico**
- C. Planos**

LISTA DE CUADROS

Cuadro Nº 1	Datos de Tubería de Presión (Gera I)
Cuadro Nº 2	Datos de Codos de la Tubería de Presión (Gera I)
Cuadro Nº 3	Persistencia de Caudales : Datos Hidrométricos
Cuadro Nº 4	Caudal de máximas Avenidas
Cuadro Nº 5	Características Hidráulicas Estimadas del Río Mayo
Cuadro Nº 6	Desnivel Estimado entre Aguas Actuales y Máximas
Cuadro Nº 7	Columna Estratigráfica
Cuadro Nº 8	Exploraciones Realizadas - Mecánica de Suelos
Cuadro Nº 9	Resultados de Laboratorio de Calicatas
Cuadro Nº 10	Parámetro Geotécnicos
Cuadro Nº 11	Cemento expuesto a sulfatos provenientes del agua
Cuadro Nº 12	Agua empleada para concreto / Norma ITINTEC 339.088 y Agua del Proyecto
Cuadro Nº 13	Agresividad del Suelo - Norma NTE- 060
Cuadro Nº 14	Expansión Probable de las Arcillas
Cuadro Nº 15	Datos de Canteras ubicadas en Nueva Cajamarca
Cuadro Nº 16	Datos de Canteras ubicadas a lo largo de la Carretera Tarapoto - Moyobamba
Cuadro Nº 17	Características de las Canteras seleccionadas
Cuadro Nº 18	Especificaciones Técnicas Referenciales para Concreto
Cuadro Nº 19	Demandas de Potencia del Sistema Eléctrico de Tarapoto en kW
Cuadro Nº 20	Demandas de Energía en MWh
Cuadro Nº 21	Despacho Anual de las C.H Gera en Horas de Punta en kW
Cuadro Nº 22	Despacho Anual de las C.H Gera en Horas de Demanda Máxima
Cuadro Nº 23	Canal de Descarga
Cuadro Nº 24	Resumen del Presupuesto Base de la C.H Gera II
Cuadro Nº 25	Inversiones Previstas
Cuadro Nº 26	Precios de Venta de Energía
Cuadro Nº 27	Indicadores Económicos
Cuadro Nº 28	Análisis de Sensibilidad
Cuadro Nº 29	Rangos de Puntaje en la Evaluación Cuantitativa
Cuadro Nº 30	Calidad de Agua del Río Gera

LISTA DE FIGURAS

Figura Nº 1	Cuencas de los Ríos Mayo y Gera
Figura Nº 2	Esquema de Desarrollo desde la Poza de Amortiguamiento a la Derivación
Figura Nº 3	Esquema General de una Bocatoma Tirolesa
Figura Nº 4	Sección Tipo Baúl
Figura Nº 5	Esquema del Sistema de Abastecimiento de Agua – Las Delicias del Gera
Figura Nº 6	Esquema de la Captación– Las Delicias del Gera

RESUMEN

OBJETIVO

El objetivo de la presente Tesis es la evaluación de los elementos hidráulicos principales de la central hidroeléctrica, y la utilización de las aguas turbinadas, planteando un perfil de proyecto de abastecimiento de agua en una localidad aledaña a la zona, así como la identificación de los posibles impactos ambientales y su respectivo plan de manejo ambiental.

ANTECEDENTES

La central hidroeléctrica Gera I de 6 MW y la central térmica Tarapoto de 2 x 6 MW trabajan interconectadas atendiendo la demanda del Sistema Interconectado Regional Tarapoto - SIR Tarapoto, conformado por los pequeños sistemas eléctricos de Moyobamba, Rioja, Tarapoto, Bellavista y Juanjuí, y la fábrica de Cementos Selva.

La CH Gera II, que funcionará con las aguas turbinadas de Gera I, va a permitir atender el crecimiento de la demanda de corto plazo, y/o sustituir parte de la generación térmica de Tarapoto.

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

La central hidroeléctrica de Gera II, tiene un esquema en cascada con la C.H. Gera I, de la cual utilizará las aguas turbinadas. Se ubica en el distrito de Jepelacio, provincia de Moyobamba, departamento y región de San Martín. La infraestructura proyectada se inicia aproximadamente a 46 m aguas abajo de la poza de descarga sobre el canal de descarga de la central hidroeléctrica Gera I, desarrollando el canal de aducción por la margen derecha del río Gera hasta el caserío "Las delicias del Gera", el cual se ubica en el kilómetro 518 de la carretera Tarapoto-Moyobamba a 98 km de la ciudad de Tarapoto. En esta zona se ubicará la casa de máquinas de la C.H. Gera II.

Los principales componentes de la CH Gera II son:

- Obra de Toma
- Obras de Conducción (canal, túnel)
- Cámara de Carga
- Tubería de Presión
- Casa de Máquinas

- Canal de Descarga
- Obras de Arte

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS BÁSICAS DEL PROYECTO

Las características técnicas básicas del proyecto son las siguientes:

➤ Salto Bruto:	43,25 m
➤ Salto Neto aproximado:	42,40 m
➤ Caudal de diseño:	5,27 m ³ /s
➤ Caudal promedio:	3,27 m ³ /s
➤ Longitud del Canal de Aducción: (incluye obra de toma y túnel)	1835,15 m
➤ Tipo de Turbina:	Francis-horizontal
➤ Número de Turbinas:	1
➤ Potencia estimada:	1950 kW
➤ Generador:	Síncrono/Brushless

INVERSIONES PREVISTAS

Las inversiones previstas para el presente proyecto, con datos actualizados a Abril del 2004, serán:

	COSTO (US\$)
Obras Civiles + Ingeniería de Detalle:	3 796 536,22
Obras Electromecánicas:	4 189 363,56
Costo Directo:	7 985 899,78

EVALUACIÓN ECONÓMICA

Se ha realizado la evaluación económica del proyecto, con datos actualizados a Abril del 2004, obteniéndose los siguientes indicadores económicos, los cuales muestran que el proyecto es altamente rentable, tal y como se verifica en el cuadro siguiente :

Indicadores Económicos

Tasa de descuento	12%
Valor Acual Neto (VAN) Millones US\$	3,186
Tasa Interna de Retorno (TIR)	29%
Relación Beneficio Costo (B/C)	3,27
Tiempo de Repago (años)	4,88

INTRODUCCIÓN

Presento a consideración de los miembros del jurado la tesis “ Evaluación del Diseño de la Infraestructura de la Central Hidroeléctrica Gera II “, para obtener el título profesional de Ingeniero Civil que otorga la Universidad Nacional de Ingeniería.

La C.H. Gera II estará ubicada en el distrito de Jepelacio, provincia de Moyobamba, departamento y Región de San Martín y utilizará las aguas turbinadas de la Central Hidroeléctrica Gera I, existente a la fecha.

Esta tesis esta dividida en 7 capítulos, los cuales comprenden lo siguiente:

Capítulo 1, comprende los objetivos, alcances y el reconocimiento del área del proyecto. También se presenta el *know how* de la central hidroeléctrica Gera I existente.

Capítulo 2, comprende todos los estudios básicos realizados para el desarrollo del presente proyecto, el cual se ha dividido en cuatro partes: Topografía, Hidrología, Geología / Geotecnia y Mercado Eléctrico.

Capítulo 3, comprende los cálculos de diseño realizados para el dimensionamiento de las diferentes estructuras.

Capítulo 4, comprende el valor referencial y la evaluación económica del proyecto, evaluando los diferentes indicadores económicos.

Capítulo 5, comprende la evaluación del impacto ambiental; evaluación que es muy importante para minimizar los posibles impactos negativos sobre el medio ambiente.

Capítulo 6, comprende el perfil de proyecto de utilización de las aguas turbinadas, tomada del canal de descarga, para el abastecimiento de agua potable en la localidad Delicias del Gera.

Capítulo 7, comprende las conclusiones por capítulo y las recomendaciones para optimizar el sistema de generación eléctrica.

Cabe mencionar que tuve la oportunidad de poder estar en el mismo lugar donde se proyectan las obras civiles y relacionarme directamente con la realidad de la zona y con más criterio y conocimiento poder realizar la presente Tesis de Grado.

CAPÍTULO 1

1. OBJETIVOS E INFORMACIÓN PRELIMINAR

1.1 OBJETIVOS

La presente Tesis "Evaluación del Diseño de la Infraestructura de la Central Hidroeléctrica Gera II" ha sido realizada para obtener el título profesional de Ingeniero Civil que otorga la Universidad Nacional de Ingeniería y tiene por objetivo la evaluación del diseño de los elementos hidráulicos principales de la central hidroeléctrica, con la finalidad de desarrollar un diseño mejorado aplicando consideraciones particulares y muy bien explicados por cada uno de ellos. Además se plantea optimizar el uso del recurso hídrico al plantear la utilización de las aguas turbinadas para un proyecto de abastecimiento de agua en una localidad aledaña a la zona. En este documento se plantea un perfil de este proyecto, así como la identificación de los posibles impactos ambientales y el plan de manejo ambiental correspondiente a la central hidroeléctrica.

La central estará ubicada en el distrito de Japelacio, provincia de Moyobamba, departamento y región de San Martín.

1.2 ALCANCES

Se presenta la evaluación del proyecto, que incluye el análisis de los estudios previos necesarios y el planteamiento de un diseño mejorado de las obras civiles de la Central Hidroeléctrica Gera II. Además el autor sustenta la necesidad de adicionar el requerimiento de la demanda industrial, no incluida en el estudio de demanda original. Como un contribución adicional el autor plantea optimizar el sistema al considerar la posibilidad de rebombeo del caudal turbinado para su posterior utilización en un proyecto de abastecimiento de agua potable, alcanzando el multipropósito. Este planteamiento se coordina con metas de programas de desarrollo económico social de la Región. Asimismo, por la importancia de preservar el medio ambiente de la zona, se ha identificado los posibles impactos ambientales y se presenta un plan de manejo ambiental.

1.3 INFORMACIÓN PRELIMINAR DEL PROYECTO

1.3.1 Reconocimiento del Área del Proyecto

- **Ubicación**

El área del proyecto se encuentra ubicada en el distrito de Jepelacio, provincia de Moyobamba, departamento y región de San Martín. La infraestructura proyectada se inicia en la poza de disipación de energía de la central hidroeléctrica Gera I, recorriendo en canal por la margen derecha del río Gera aguas abajo hasta el caserío “Las Delicias del Gera”, kilómetro 518 de la carretera Tarapoto-Moyobamba, a 98 km de la ciudad de Tarapoto, donde se ubicará la casa de máquinas. Como se observa en el Plano de Ubicación GEN-01 , la zona de estudio limita:

Norte	:	Río Gera
Sur Oeste	:	Central hidroeléctrica Gera I
Este	:	Carretera Moyobamba – Tarapoto
Oeste	:	Río Gera

- **Vías de Acceso**

Existen dos vías de acceso al área comprendida en el presente estudio y son las siguientes:

- Carretera afirmada de la vía Moyobamba–Jepelacio–CH Gera I, en un viaje que dura 45 minutos aproximadamente, el cual conduce a la zona de la obra de toma.
- Carretera asfaltada Moyobamba -Tarapoto, kilómetro 518, a la altura de la desembocadura del río Gera en el río Mayo, en un viaje que dura 15 minutos aproximadamente, el cual conduce a la zona de la casa de máquinas proyectada.

- **Condiciones Climatológicas**

La zona comprendida en el estudio se encuentra a una altitud de 800 a 860 msnm circunscrita en una zona montañosa, con un clima predominantemente sub-tropical.

Por encontrarse en zona de selva alta se tiene presencia de lluvias la mayor parte del año, y con cielo despejado se tienen temperaturas considerablemente altas, de 30 a 36° C. La precipitación media anual de la

zona es de 1 474,5 mm. No existe presencia de fuertes vientos y en ocasiones se produce nubosidad baja.

- **Fisiografía - Altitud del Área del Proyecto**

El área de estudio corresponde a la vertiente oriental de los Andes. Esta Cordillera Sub-Andina presenta una fisiografía regional, constituida por la cuenca del río Gera, afluente del río Mayo. Esta zona es una región montañosa cubierta de vegetación espesa, cuya expresión topográfica guarda relación con las formaciones rocosas que constituyen las estribaciones sub andinas con altitudes que alcanzan los 1 500 y 1 000 msnm. El proyecto se desarrolla entre 800 y 860 msnm.

- **Actividades Económicas y Sociales**

En las poblaciones de los pequeños sistemas eléctricos Moyobamba y Rioja, zonas de influencia del proyecto, se están desarrollando actividades con fines industriales y comerciales, como el caso de Cementos Selva. La mayor disponibilidad de generación hidroeléctrica en la región San Martín contribuirá a la expansión de las actividades productivas, creando más fuentes de empleo, para producir bienes con mayor valor agregado.

1.3.2 Evaluación y Descripción de las Obras Civiles de la C.H Gera I existente

- **Bocatoma y Presa**

La bocatoma consta de una presa móvil de tres vanos de 7,50m cada uno, cerrados por compuertas de regulación, la compuerta central tiene una clapeta en su parte superior para la limpieza de ramas y troncos flotantes en superficie.

Las características principales de la presa son las siguientes:

➤ Cota de coronación	:	1 025,80 msnm
➤ Ancho de Tajamares	:	1,60 m
➤ Cota de labio del Aliviadero	:	1 017,00 msnm
➤ Cota del cuenco Amortiguador	:	1012,00 msnm
➤ Longitud total	:	28,27 m

➤ Anchura : 28,70 m

La bocatoma se completa con la obra de toma que consta de la obra de toma propiamente dicha y de un canal doble de conexión con el desarenador.

Las características de cada uno son las siguientes:

Obra de toma:

➤ Cota de coronación : 1 025,80 msnm
➤ Anchura total : 6,50 m
➤ Cota de solera : 1 018,55 msnm
➤ Número de compuertas : 4
➤ Tamaño de cada compuerta : 1,20 x 1,55 m

Canal de conexión:

➤ Número de canales : 2
➤ Anchura de cada canal : 1,20 m
➤ Número de compuertas : 2
➤ Tamaño de cada compuerta : 1,20 x 1,55 m

- **Desarenador**

El desarenador consta de dos cámaras iguales de 44,60 m de longitud Intercomunicadas a la cota 1 020,45 msnm. En esta zona existe un vertedero a cada lado del desarenador de 30m de largo. Existen dos compuertas, de purga y limpieza, en la cota 1 016,53 msnm y la evacuación se realiza a través del canal de purga al río Gera. La profundidad del desarenador varia entre la cota 1 018,99 en el punto más alto y la 1 016,53 en el más bajo, con una anchura total máxima de un total de 15,20 m.

- **Canal de Aducción y Cámara de Carga**

El canal es de sección rectangular y tiene las siguientes características:

➤ Longitud total : 903,63 m
➤ Cota de coronación de cajeros : 1 020,60 msnm

- Ancho : 2,30 m
- Pendiente : 6x10 000
- Q diseño : 4,30 m³/s

La cámara de carga consta de 2 tramos. Uno de ellos tiene 60 m de longitud y contra pendiente del 6/10 000 y el otro de 50 m de longitud y pendiente de 5%, el primer tramo se descompone a su vez de 2 tramos de 30m. En el primero de ellos de ancho 2,30 m, existe un aliviadero de 30m longitud a la cota 1020,30 msnm. En el segundo de ellos se produce una transición desde 2,30 m de anchura hasta 4,00 m.

- **Tubería de Presión**

La tubería de presión consta de seis tramos de longitudes y diámetros:

Cuadro N° 01

Datos de Tubería de Presión

Tramo	Longitud (m)	Diámetro (m)
1	10 850	1,30
2	118 763	1,30
3	121 530	1,20
4	90 770	1,13
5	38 448	1,13
6	(doble) 22 983	0,80

Los codos existentes en la tubería son:

Cuadro N° 02

Datos de Codos de la Tubería de Presión

Codo	Diámetro (m)	Angulo (m)
1	1,30	42° 01' 14,16"
2	1,30	43° 48' 01,08"
3	1,20	11° 47' 26,88"
4	1,13	30° 00' 39,96"
5	1,13	30° 00' 00,00"
6	0,80	30° 00' 00,00"

Existen 05 anclajes de concreto armado; así mismo se han colocado 30 apoyos deslizantes de concreto, sobre los cuales juega la tubería de presión al variar su longitud por efectos de temperatura, los

mismos que son absorbidos por las juntas de dilatación colocadas antes y después de cada anclaje.

- **Casa de Máquinas**

El edificio de la casa de máquinas está formado por dos bloques independientes, separados por un pasadizo. En uno de los bloques de 29,00 x 9,20m de dimensiones en planta, se sitúan la sala de máquinas, depósito de aceite, patio de descarga, servicio y depósito. La estructura principal de dicho bloque está compuesta por pórticos empotrados en zapatas, y con una altura en la clave sobre el nivel del suelo de 11,00 m. En el otro bloque de menor altura, se sitúan la oficina, sala de celdas, sala de baterías y grupo Diesel y tiene 29,00x4,75m de dimensiones en planta. El primer bloque está recorrido por un puente grúa para 20 TN. La cubierta está formada por un techo aligerado, y cubierta de teja andina.

La geología de la zona de la casa de máquinas está definida por una terraza aluvial. Esta terraza está constituida por arena limosa y arcilla limosa con fragmentos de roca de diferente litología y granulometría, con cierta digitación de sedimentos coluviales en la parte sur, colindante con el pie del talud.

- **Almacén CH Gera I**

Es una construcción de 12,00 x 6,70 m con un área techada total de 121,39 m²; 2,35 m de altura, techado con calamina, muros de ladrillos caravista, pisos y columnas de concreto, ventanales con malla metálica y puertas de madera, provista de vereda de concreto en todo el perímetro, cuenta con tres compartimientos conformados por una sala (Hall), oficina, compartimiento para repuestos y equipos eléctricos gruesos, y otra para equipos eléctrico finos y electrónicos.

1.3.3 Principio de Funcionamiento de la Central Hidroeléctrica Gera II

Se ha evaluado la información de los caudales medios diarios del río Gera de los años 2000 al 2003, y se ha verificado caudal medios 4 veces al día, de tal forma de garantizar la coherencia del caudal medio diario, cuyos resultados se muestran en el Anexo A.1.1 "Caudales Diarios Históricos - Años 2000 - 2003", y asimismo en el Anexo A.1.2 se presenta

la "Determinación del Caudal de Diseño y de la Venta Anual de Energía", siendo los resultados los siguientes:

- Caudal / potencia de diseño: 5,27 m³/s / 1950 kW
- Factor de planta: 0,62
- Caudal Medio: 3,27 m³/s / 1213 kW
- Persistencia / días c/kW máx. 22 % / 78 días
- Caudal / pot. instalada: 5,27 m³/s / 1950 kW
- Energía anual: 10 591 MWh-año
- Venta de Energía: 810 M USS \$-año

Caudal de Diseño: La central hidroeléctrica existente Gera I de 2 x 3 MW viene operando con un caudal máximo de 5,27 m³/s, habiéndose efectuado mejoras en los grupos hidroeléctricos para superar los 4,3 m³/s del caudal de diseño. La C.H. Gera II trabajará con este mismo caudal.

Con el caudal de 5,27 m³/s se logra una persistencia del 22%, o sea que sólo 78 días al año se garantiza la potencia o caudal máximo, sin tomar en consideración el reservorio de regulación.

En el Anexo A.1.3 se presenta la relación de Reducción: Potencia vs Energía de la CH Gera II.

En el Anexo A.1.4 se muestra los valores mensuales de caudal y potencia generada.

El caudal de 5,27 m³/s, para una caída neta de 42,40m, representa una potencia estimada de 1950 kW.

Factor de Planta: Se ha obtenido una potencia promedio de 3,27 m³/s, lo que representa , un factor de planta de 0,62, pudiendo considerarse que la central opera como semi-base en época de avenida, y como punta en estiaje.

Persistencia y Días al año con Potencia Máxima: El caudal de 5,27 m³/s garantiza la potencia de diseño sólo 78 días al año, lo que equivale a una persistencia del 22%, valor que se considera muy bajo para el diseño de centrales (normalmente se define una persistencia sobre el 85%).

Potencia Garantizada: En la fase de diseño de la C.H. Gera I se consideró un reservorio de regulación horaria de 1,4 MMC de capacidad total. Debido a las inundaciones en 1989 se produjo una colmatación que redujo el volumen útil a 0,7 MMC.

Las estadísticas de caudal turbinado mostrado en el presente informe indican esta condición. Considerando que, luego que se logre recuperar la capacidad total del reservorio de regulación horaria existente, en época de estiaje la central debería operar principalmente en horas de punta, garantizando la potencia de diseño durante todo el año, debiendo desconectarse en horas fuera de punta donde no se disponga de agua. Con ello se logra evitar la cavitación de la turbina cuando se tienen caudales debajo del 50% del de diseño.

CAPÍTULO 2

2. ESTUDIOS BÁSICOS

2.1 ESTUDIO TOPOGRÁFICO

2.1.1 Objetivo

Realizar el levantamiento topográfico de las zonas donde se ubicarán las estructuras hidráulicas del proyecto, incluyendo planimetría a detalle de las zonas donde se ubicarán las principales estructuras: obra de toma, canal de aducción, obras de arte, tramo de túnel, cámara de carga, tubería de presión, casa de máquinas, canal de descarga en la localidad de Las Delicias de Gera, y otros. Además se hará la presentación de los perfiles del eje del canal, de la caída de la tubería de presión y del canal de descarga.

2.1.2 Criterios para el Trazo del Alineamiento de las Obras de Conducción

En la selección del alineamiento del canal se tomaron en cuenta los siguientes criterios:

- Evitar en lo posible excesivos movimientos de tierras, tanto en corte como en relleno porque implican mayores costos. En el caso de los rellenos estos pueden motivar asentamientos peligrosos.
- Dar una pendiente descendente constante, que permita una fácil construcción y mantenimiento del canal, evitando numerosos cambios o cambios bruscos de gradiente.
- Aprovechar las características topográficas de manera que el trazo del canal evite cruzar grandes desniveles o saltos, contrafuertes, depresiones, etc.
- Evitar cruzar zonas geológicas de poca estabilidad como fallas, derrumbes, etc.
- Tomar en cuenta los cursos de agua transversales al alineamiento, evaluando la posible estructura hidráulica que dará solución para el cruce del canal.

- Tomar en cuenta los agentes nocivos al funcionamiento futuro del canal, como presencia de suelos expansivos, aguas agresivas, etc. Para ello se complementa el criterio usado en campo con el recojo de muestras y su posterior análisis de laboratorio. Esto se expone en los estudios correspondientes.
- Se ha validado que en el recorrido del canal así como las áreas definidas para la casa de máquinas, cámara de carga y tubería de presión no existen vestigios arqueológicos en la superficie del terreno. Esta validación estuvo a cargo del INC de Moyobamba.

2.1.3 Nivelación y Control Planimétrico

- **Metodología Empleada en Campo y Gabinete**

Los trabajos de campo han comprendido las siguientes actividades: reconocimiento de toda la zona del proyecto, nivelación, control planimétrico y levantamientos topográficos a detalle de las áreas donde se implantarán las estructuras del proyecto.

Asimismo, para obtener el azimut de salida y llegada de la poligonal abierta correspondiente a la planimetría del alineamiento del canal, se utilizaron navegadores satelitales GPS de mano.

Trabajos Previos de Gabinete

A continuación se detallan los trabajos preliminares de gabinete que se efectúan antes de partir hacia los trabajos de campo:

Análisis y estudio de las cartas geográficas a escalas 1/25 000 y 1/100 000, ubicando las localidades de influencia del proyecto, y la ubicación aproximada de las estructuras de la C.H. Gera I con el fin de reconocer el terreno y topografía de la zona.

Estudio del Mapa Forestal y delimitación de las Zonas Protegidas por el Estado.

Análisis y estudio de las cartas geológicas y boletines técnicos de INGEMMET. Se han identificado las zonas inundables, suelos hidromórficos y geológicamente inestables.

Nivelación y Control Planimétrico

La cota de partida (PI-0) se obtuvo de los planos de la C.H. Gera I, teniendo una cota de 854,085 msnm en la poza de descarga. Luego, por nivelación diferencial se determinó la cota de los demás puntos de control topográfico. Cabe mencionar que se ha tomado en cuenta los hitos

colocados durante el estudio de prefactibilidad que han sido usados para el levantamiento topográfico. Además, se ha complementado con otros puntos de control topográfico a lo largo del canal de aducción y otros ubicados fuera del trazo del canal denominados PC los cuales se encuentran en lugares estratégicos para protegerlos de su probable destrucción, aún durante la etapa de construcción de las estructuras. Todos los puntos de control topográfico fueron remarcados y/o señalados en campo con pintura, siendo previamente materializados mediante hitos de concreto de 0,30 m de lado en la base, 0,20 m de lado en la parte superior y 0,30 m de profundidad, llevando un fierro de acero corrugado de ½" de diámetro, el cual sobresale aproximadamente de 1 a 5 cm de la superficie de concreto.

Para dar cota a todos los puntos de control de la poligonal se procedió a realizar una nivelación cerrada. En el Anexo A.2.1 se presentan los cálculos realizados para la compensación de la nivelación.

Para obtener las coordenadas UTM del punto de partida se utilizó un navegador de mano de precisión que se describe en el Anexo A.2.2 de equipos utilizados. La coordenada UTM en el sistema WGS84 del punto de partida es:

PI-0

Coordenada Norte: 9 324 235

Coordenada Este: 292 036

- **Resultados de Nivelación y Control Planimétrico**

La relación de vértices de la poligonal topográfica realizada en campo para los levantamientos del canal se muestra en el Anexo A.2.3.

El levantamiento topográfico efectuado, corresponde a las zonas donde se proyectan las estructuras siguientes:

- Obra de Toma en las inmediaciones de la Casa de máquinas de la C.H. Gera I (en un radio de 50 m).
- Canal de Aducción, obras de arte en cruces de quebrada (en una franja de 40 m de ancho promedio).
- Cámara de carga (levantamiento en un radio de 30 m).
- Tubería forzada y canal de demasías (en una franja de 50 m de ancho).

- Casa de máquinas (levantamiento en un radio de 50 m).
- Canal de descarga (30 m en ambas márgenes).
- Localidad Las Delicias del Gera.

2.1.4 Conclusiones

- A lo largo del alineamiento del canal de aducción, las pendientes de los terrenos varían de inclinadas (10°), empinadas (40° a 50°) y sub verticales (80°) en roca alterada y fracturada.
- Analizando la topografía se estimó por conveniente ubicar la descarga de las aguas turbinadas de la CH Gera II en la localidad Las Delicias del Gera, para aprovechar el nivel más bajo de descarga de la salida de la casa de máquinas con dirección al Río Mayo.

2.2 ESTUDIO HIDROLÓGICO

2.2.1 Objetivo

El objetivo del presente estudio es evaluar las características hidrológicas y climatológicas de la cuenca del río Gera, para fines de aprovechamiento hidroeléctrico, usando la información existente de la Estación Gera y de las aguas turbinadas de la CH Gera I. Así mismo, se realizará una evaluación hidrológica de la cuenca del río Mayo para la evacuación de las aguas turbinadas que conduce el canal de descarga hacia la margen derecha del mismo río.

2.2.2 Metodología de Análisis, parámetros fisiográficos y condiciones climatológicas

a) Metodología de Análisis

La metodología se basa en la evaluación de la información de los caudales turbinados medios diarios de la C.H. Gera I de los años 2000 al 2003. Se ha tomado valores de caudales 4 veces al día, de tal forma de garantizar la coherencia del caudal medio diario, como se indica en el numeral 1.3.3, ya que las aguas turbinadas de la C.H Gera I servirán como fuente de aprovechamiento para la C.H Gera II. Por lo tanto nuestra preocupación se enfocará en garantizar la disponibilidad hídrica del Río Gera, punto que será abordado en el numeral 2.2.3 .

b) Parámetros fisiográficos

La compleja función hidrológica de una cuenca depende de sus características físicas y climáticas que ejercen efectos determinantes en su comportamiento, dichas características influirán en el reparto de la escorrentía superficial a lo largo de los cursos de agua, siendo la responsable del comportamiento y magnitud de las avenidas que se presentan en la cuenca.

La cuenca de análisis es la misma que fue analizada en el estudio realizado para Gera I, de los cuales se obtuvieron los siguientes parámetros fisiográficos:

- **Área de la Cuenca (A)**

El área de la cuenca en la Estación de Aforo es: $A = 160 \text{ km}^2$.

- **Ancho Medio (W)**

Es el resultado de dividir el área de la cuenca, entre la longitud del curso más largo que contenga la misma. Su relación es:

$$W = \frac{A}{L} \quad , \text{ donde:}$$

W : Ancho medio de la cuenca en Km.

A : Área de la cuenca, 160 Km^2 .

L : Longitud del curso más largo: $24,4 \text{ Km}$

Reemplazando valores, obtenemos: $W = 6,56 \text{ Km}$

- **Factor de Forma (Ff)**

El comportamiento de la tendencia mayor o menor de las avenidas extraordinarias en la cuenca es representado por la relación entre el ancho medio de la cuenca y la longitud del curso de agua más largo. Los valores que se aproximen a la unidad reflejan la mayor tendencia de la cuenca a la presencia de avenidas extraordinarias de gran magnitud.

Su relación:

$$F_f = \frac{A}{L^2}$$

Donde:

A: Área de la cuenca, 160 Km²

L: Longitud del curso más largo, 24,4 Km.

Reemplazando:

Ff = 0,27, lo cual indica que no se trata de una cuenca con respuesta rápida a las avenidas.

- **Pendiente del Curso Principal (S)**

Es un factor que influye en la velocidad del escurrimiento superficial, determinando por lo tanto el tiempo que el agua de lluvia demora en escurrir en los lechos fluviales que forman la red de drenaje. Se determina considerando el desnivel entre el punto más alto del río (HA) y el más bajo (HB) dividido por la longitud de dicho tramo (L). Realizando cálculos se obtiene:

$$HA = 2\ 100\ \text{msnm}$$

$$HB = 826\ \text{msnm}$$

$$L = 24\ 400\ \text{m}$$

Entonces: **S = 5,22%**

- c) **Condiciones Climatológicas**

La zona comprendida en el estudio se encuentra a una altitud media de 854 msnm circunscrita en una zona montañosa, con un clima predominantemente sub-tropical, encontrándose influenciado por la altitud y por otros fenómenos meteorológicos regionales propios de la zona. No existe presencia de fuertes vientos y en ocasiones se produce nubosidad baja.

Por encontrarse en zona de selva alta se tiene presencia de lluvias la mayor parte del año, y con cielo despejado se tienen temperaturas considerablemente altas de 30 a 36° C.

El informe de hidrología que se incluyó en el estudio de Definitivo del Proyecto Hidroenergético de Gera I concluyó en un aspecto fundamental. Este consiste en que la precipitación media en la Estación Jepelacio representa directamente la precipitación media de la cuenca en

estudio y esto, todavía, en el lado de la seguridad ya que la citada estación se encuentra en la parte baja de la cuenca donde, de acuerdo a las isoyetas regionales se presentan los menores valores de precipitación.

El análisis consistió en comparar los valores de precipitación media esperada en la cuenca del Río Gera (P) con los valores de precipitación anual registradas en las estaciones de Jepelacio, Soritor, Rioja, Moyobamba y Roque. La estación de Shepte quedó descartada al no contar con registros completos para el año 1972. Se decidió entonces, seleccionar la estación de Jepelacio, de 19 años de registro, por ser la más cercana al área del estudio.

Consecuentemente la precipitación media anual para la cuenca del río Gera es 1474,5 mm (Ver Cuadro N° H1 del Anexo A.2.4).

2.2.3 Evaluación de la Disponibilidad Hídrica del Río Gera, Evaluación Hidrológica del Río Mayo

a) Evaluación de la Disponibilidad Hídrica del Río Gera

La central hidroeléctrica existente Gera I de 2 x 3 Mw viene operando como una Central de Punta, con un caudal máximo de 5,27 m³/s, habiéndose efectuado mejoras en los grupos hidroeléctricos para superar los 4,3 m³/s del caudal de diseño. Por este motivo se realiza una evaluación de la disponibilidad del recurso hídrico del río Gera. Para tal evaluación se hará uso de los caudales registrados en la estación Gera la cual toma valores de caudales turbinados de la C.H Gera I .

• Datos Hidrométricos Estación Gera

Tal como se mencionó en el numeral 1.3.3, se ha evaluado la información de los caudales turbinados medios diarios de los años 2000 al 2003, y se ha verificado caudales medios 4 veces al día, de tal forma de garantizar la coherencia del caudal medio diario, cuyos resultados se muestran en el Cuadro N°H2 del Anexo A.2.4. Luego de realizar el análisis se construyó la Curva de Persistencia la cual se muestra en el Anexo A.2.5, obteniéndose los siguientes resultados:

Cuadro N° 3
Persistencia de Caudales: Datos Hidrométricos

Persistencia (%)	Caudal (m ³ /s)
95,0	1,31
90,0	1,47
70,0	2,17
50,0	2,89
23,8	5,27

- **Análisis de Resultados**

Del cuadro de persistencia mostrado se puede concluir lo siguiente:
Para persistencias entre 90% y 95% el sistema hidráulico de la central estaría funcionando gran parte del tiempo para un caudal entre 1,31 a 1,47 m³/s. Se observa una apreciable variación del caudal para una persistencia del 50%. Sin embargo, como se dijo antes, la central hidroeléctrica existente Gera I viene operando como una Central de Punta, con un caudal máximo de 5,27 m³/s, cuyo mismo caudal se quiere aprovechar para la central hidroeléctrica Gera II. Esto significa que para ese caudal el sistema estaría funcionando con una persistencia promedio de 23%, o sea que en promedio de 80 a 85 días al año se garantiza la potencia o caudal máximo, sin tomar en consideración el reservorio de regulación existente.

b) Evaluación Hidrológica del Río Mayo

Se proyecta evacuar las aguas turbinadas de la CH Gera II hacia el río Mayo, a la altura de la localidad de Las Delicias de Gera, y el nivel de aguas máximas en épocas de avenidas determinará la ubicación del punto de desembocadura del canal de descarga sobre dicho río, motivo por el cual se presenta una evaluación al respecto. En la figura N°1 se muestran las cuencas del río Mayo y del río Gera y sus principales características. Se ha tomado como referencia los datos obtenidos de los siguientes estudios:

I. Estudio de la carretera Tarapoto-Rioja del Ministerio de Transportes y Comunicaciones:

Cuenca del Río Mayo (Estación Shanao):

- Caudal máximo medio anual: 633 m³/s
- Caudal mínimo medio anual: 240 m³/s

- Caudal máximo: 1760 m³/s (100 años de tiempo de retorno)

Cuenca del río Gera:

- Caudal máximo: 313 m³/s (100 años de tiempo de retorno)

II. Estudio Hidrológico de la Central Hidroeléctrica Gera I:

Ecuación asignada a la zona para avenidas dado por el Estudio Regional de Avenidas en los Ríos del Perú (ONERN 1979):

$$Q = 0,59 \text{ Log } T A^X \dots\dots\dots(1)$$

En donde:

Q : Descarga Máxima (m³/s)

T : Periodo de retorno (años)

A : Superficie de la cuenca (Km²)

X : Factor que depende de la zona (0,81)

• Estimado del Caudal Máximo

Para el estimado del caudal máximo en el punto de descarga en el río Mayo se ha utilizado la formulación dado en el estudio hidrológico de CH Gera I (1). El área de la cuenca del río Mayo será:

Área de la cuenca del río Mayo (Estación Shanao) = 8 272 Km²

Y Área de la cuenca del río Mayo (Punto de Descarga) = 7 402 Km²

Realizando una transposición de caudales en función de las áreas de las respectivas cuencas en diferentes puntos de control a lo largo del río Mayo se obtiene los siguientes resultados:

Caudal máximo(100años) – Estación Shanao: 1 760 m³/s

Caudal máximo(100años) – Punto de descarga: 1 607 m³/s

Para diferentes periodos de retorno se tiene:

Cuadro N° 4
Caudal de máximas Avenidas

Periodo de Retorno (Años)	Caudal (m ³ /s)
5	562
10	804
20	1 045
50	1 365
100	1 607

- **Estimado del Tirante Máximo**

Para el estimado del tirante máximo del río Mayo, en tiempos de avenidas, se ha tomado mediciones de las características hidráulicas, con el siguiente procedimiento siendo los resultados:

- Selección de un tramo representativo del cauce del río $L = 100$ m. A la altura donde se proyecta la descarga de las aguas turbinadas.
- Mediciones del ancho de río en ambos extremos $T1 = 67,4$ m, $T2 = 77$ m.
- Determinación de la velocidad superficial (V_s) por el método del flotador: $V_s = 2,16$ m/s.
- La velocidad media (V_m) del río se estima el 85% de la velocidad superficial, $V_m = 1,84$ m/s.
- Determinación de la pendiente de la superficie del agua (s) con las marcas que dejan éstas en épocas de avenidas:
 $s = \text{Diferencia de cotas} / L = (806,065 - 805,92) / 100 = 0,0015$
- La elección de un factor de rugosidad, n . Para ríos típicos de la selva se tiene un $n = 0,040$.

Con estos datos se determina el gasto por medio de la fórmula de Manning:

Cuadro N° 5
Características Hidráulicas Estimadas del Río Mayo

Condición	B (Base) m	Z (talud)	N	S	R (Radio Hidráulico) m	Y (Tirante estimado) m	T (Espejo de agua) m	V (Veloc. Media) m/s	A (Area) m ²	Q (Caudal estimado) m ³ /s
Actual	60	2	0,04	0,0015	2,61	2,89	71,6	1,84	190,6	350
Avenidas 20 años	110	2	0,04	0,0015	3,60	3,90	125,6	2,28	459,2	1 045
Avenidas 50 años	120	2	0,04	0,0015	4,00	4,34	137,4	2,44	558,7	1 365
Avenidas 100 años	120	2	0,04	0,0015	4,38	4,78	139,1	2,59	619,7	1 607

Es importante mencionar que el ancho del río Mayo es irregular variando desde 55m a 120m aproximadamente, y para las pruebas se ha seleccionado el tramo más aceptable encontrándose aguas arriba del punto de descarga. En el tramo seleccionado, en épocas normales, el ancho del río tiene un promedio de 65 a 75 m, sin embargo, en épocas de

avenidas el río levanta su tirante y en consecuencia inunda la margen izquierda, la cual se encuentra más bajo que la margen derecha causando que el espejo de agua aumente considerablemente. A unos 325 m aguas abajo el ancho normal del río es de 120 m en promedio.

El desnivel, entre el nivel de aguas actuales y el máximo, estimado a ocurrir es:

Cuadro N° 6
Desnivel Estimado entre Aguas Actuales y Máximas

Época	Y (tirante estimado, m)	Gota	Desnivel
Actual	2,89	804,244	-
Avenidas 20 años	3,90	805,254	1,01
Avenidas 50 años	4,34	805,694	1,45
Avenidas 100 años	4,78	806,134	1,89

Se ha comparado el desnivel hallado en campo entre el nivel de aguas actuales y las marcas de aguas máximas observadas, obteniéndose un valor de 1,68 m (habiéndose tomado también referencia de los pobladores de la zona), lo que es compatible con los cálculos efectuados.

• **Análisis de Resultados**

- Los resultados obtenidos de los caudales de avenidas para diferentes periodos de retorno son representativos si lo comparamos con los caudales registrados aguas abajo en la estación Shanao, considerando que en el punto de análisis éstos deben ser menores:

Estación Shanao (65 km aguas abajo de Las Delicias de Gera):

- Caudal máximo medio anual: 633 m³/s
- Caudal mínimo medio anual: 240 m³/s
- Caudal máximo: 1 760 m³/s (100 años de tiempo de retorno)

Punto de Descarga (Localidad de Las Delicias de Gera) :

- Caudal máximo: 562 m³/s (5 años de tiempo de retorno)
- Caudal máximo: 804 m³/s (10 años de tiempo de retorno)
- Caudal máximo: 1 045 m³/s (20 años de tiempo de retorno)
- Caudal máximo: 1 365 m³/s (50 años de tiempo de retorno)
- Caudal máximo: 1 607 m³/s (100 años de tiempo de retorno)

- Considerando un riesgo de falla de 64%, y que la vida útil de las obras civiles es de 50 años y del equipo electromecánico es de 30 años, se puede aceptar como periodo de retorno de diseño un valor de 50 años. Considerar que el nivel del agua del río se eleve hasta alcanzar la cota de salida del canal de descarga (rasante) sin sobrepasar la cota de inicio de canal, ni el nivel del tirante de agua del mismo, no significaría un peligro importante sobre la estructura del canal de descarga ni sobre el sistema de generación eléctrica de la central, si su ocurrencia fuera cada 50 años, por los siguientes motivos:
 - En el punto de descarga (cota de rasante 805,26 msnm), el nivel de agua del canal en operación máxima (806,96 msnm), estaría por encima del nivel de aguas máximas estimado del río Mayo (805,694 msnm para 50 años de retorno).
 - La cota de inicio de canal de descarga estaría en 805,67msnm aproximadamente, y la cota del piso terminado de la casa de máquinas en 808,60 msnm.
 - Se ha proyectado construir la protección contra la posible socavación en la margen derecha del río al pie del extremo del canal de descarga.

Estas consideraciones permitirán ganar más altura para la generación de mayor potencia, comparando con la alternativa de descargar las aguas en el río Gera.

2.2.4 Conclusiones

- Para una persistencia del 90% se obtendría un caudal de 1,47 m³/s. Sin embargo, la central hidroeléctrica existente Gera I viene operando como una central de punta, con un caudal máximo de 5,27 m³/s, cuyo caudal se quiere aprovechar para la central Gera II. Para dicho caudal se obtiene una persistencia promedio de 22%, es decir, sólo 78 días al año se garantiza la potencia o caudal de diseño, sin tomar en consideración el reservorio de regulación trabajando en la totalidad de su volumen útil.

- Se ha obtenido un factor de planta de 0,62, lo que representa un caudal promedio de 3,27 m³/s, pudiendo considerarse que la central opera como semi-base en época de avenida, y como punta en estiaje, similar a Gera I.
- Las características de la central son las siguientes:

Caudal / potencia de diseño:	5,27 m ³ /s / 1950 kW
Factor de planta:	0,62
Caudal Medio:	3,27 m ³ /s / 1213 kW
Persistencia / días c/kW máx.	22 % / 78 días
Caudal / pot. instalada:	5,27 m ³ /s / 1950 kW
Energía anual:	10 591 MWh-año
Venta de Energía:	810 M US \$-año

- Se ha elegido por conveniente evacuar las aguas turbinadas a la altura de la localidad de Las Delicias de Gera, en la margen derecha del río Mayo. La ventaja de evacuar las aguas en el río Mayo en lugar del río Gera es ganar un promedio de 2,0 m, lo que representa una ganancia de 100 kW de potencia aproximadamente.

2.3 ESTUDIO GEOLÓGICO / GEOTÉCNICO

2.3.1 Objetivo

Prevenir cualquier daño a las estructuras de la CH Gera II debido a fallas geológicas o inestabilidad de zonas ante la carga impuesta por aquellas. Igualmente, determinar los parámetros geotécnicos de capacidad portante que nos permitan calcular las dimensiones necesarias de las cimentaciones.

2.3.2 Geología General

- **Geomorfología**

Las unidades expuestas en la zona del proyecto están estrechamente controladas por las estructuras de los procesos tectónicos,

litología e intensidad de los procesos de geodinámica externa. Se diferencian dos unidades morfogénicas: Montañas longitudinales y Valles fluviales.

- **Montañas Longitudinales**

La faja sub andina tiene como rasgo característico la cadena montañosa longitudinal, que constituye las mayores elevaciones conformadas por un conjunto de cerros alineados con rumbo general NO – SE. Esta estructura corresponde parcialmente al anticlinal que en su flanco occidental está conformado por las unidades Sarayaquillo, Cushabatay, Aguas Calientes, y Juanjuí (en su flanco oriental). Esta estructura montañosa está limitada por los cursos de los ríos Gera y Mayo respectivamente.

- **Valles Fluviales**

Estas geoformas representan relieves negativos, de tamaño y aspecto variables, representado por los ríos Gera y Mayo; éste último integrante del río Huallaga por su margen izquierda. Estos son cursos seccionados por los flujos permanentes, cuya profundidad y amplitud son evolucionados de acuerdo a la litología y estructuras geológicas

➤ **Valle del río Mayo**

Hasta la confluencia del río Gera tiene un rumbo aproximado NO 45° SE. Aguas abajo flexiona con rumbo S 80° E. Es de curso sinuoso, sus flancos son pendientes moderadas hasta verticales; el lecho es estrecho y encajonado entre paredes rocosas. La zona de la C.H. Gera II es una pequeña extensión, con amplitud de hasta 200 m en la margen derecha del río.

➤ **Valle del río Gera**

Desde la zona de la C.H. Gera I hasta el lugar de las plantaciones de platanal (progresiva 1+560 aproximadamente) tiene un rumbo aproximado general SO 10° E. Luego flexiona hacia el Este, hasta confluir al río Mayo. El primer tramo tiene pendiente fuerte, sección transversal estrecha, encañonada y poco profunda; el segundo tramo es de pendiente suave. En general el curso del río Gera es sinuoso, con buena amplitud en su lecho izquierdo por sectores y limitado por cerros elevados con taludes empinados hasta verticales en su lecho derecho.

- **Estratigrafía**

De las unidades litoestratigráficas en la franja del canal proyectado para la Central Hidroeléctrica Gera II, son pocas las unidades expuestas con edades desde el Jurásico superior hasta el Cuaternario reciente.

Dentro de la secuencia sedimentaria se observa hasta cuatro hitos importantes, la primera entre las Formaciones Sarayaquillo y Cushabatay, la segunda entre ésta última y Aguas Calientes, la tercera entre Aguas Calientes y Juanjuí, y la cuarta entre esta última y los depósitos recientes.

A continuación se describe la litología de algunas de las unidades expuestas en orden de antigüedad.

Formación Sarayaquillo :La litología dominante es una sucesión de estratos consistentes de areniscas rojas, marrón rojizas y gris rojizas, intercalados de areniscas limolíticas y lodolitas.

Formación Cushabatay : La litología consiste de estratos de areniscas intercalados por limoarcillitas grises.

Formación Juanjuí: La litología de esta unidad es un conglomerado con matriz arenisca, mal seleccionada, con talud empinada.

Cuadro N° 7
Columna Estratigráfica
Río Gera margen derecha – Río Mayo margen derecha

Era	Sistema	Serie	Unidad	Símbolo	Trama	Litología
Cenozoico	Cuaternario	Holoceno	Depósito Fluvial	Qh – fl	o o o o o o o	Gravas y arenas
			Depósito Aluvial	Qh – al	o.o.o.o.o.o.o	Gravas y arenas
			Deposito Coluvio- Deluvial	Qh –o.de	0o-o0.0.o.o.o	Arcillas,gravas
	Neógeno	Pleistoceno	Formación Juanjuí	NQ - j	oooooooooo	C.D.
Plioceno		oooooooooo				
Mesozoico	Cretáceo	Inferior	Grupo Oriente: Formación Aguas Caliente	Ki – ac -----	Areniscas, limoarcillitas C.D.
			Formación Cushabatay	Ki – c	-----	Areniscas, limoarcillitas
	Jurásico	Superior	Formación Sarayaquillo	Js - s o-o-o-o-o-o	Areniscas, limolitas.

CD= Contacto discordante.

- **Geología Estructural**

La formación Sarayaquillo se expone con un anticlinal (cerro Pan de Azúcar) cuyos estratos en el sector Platanal tienen un rumbo general de norte a sur y buzamiento 60 – 80° SO, esta unidad no tiene definido el piso. El techo corresponde a la formación Cuschabatay en la zona del trazo del canal (primer tramo) en contacto discordante, luego esta última unidad tiene como techo a la formación Aguas Calientes también en contacto discordante.

A su vez, la formación Aguas Calientes tiene como techo la formación Juanjuí, en contacto discordante, que a su vez tiene como techo a depósitos recientes igualmente en contacto discordante.

2.3.3 Sismicidad de la Región

La zona del proyecto se encuentra ubicada próxima a un núcleo de alta actividad sísmica ubicada al norte de la ciudad de Moyobamba y que forma parte de la faja sísmica oriental.

De acuerdo a la carta de regionalización sísmica de 1963 la zona que nos ocupa se encontraría en las áreas de intensidad menor que VI en la escala modificada de Mercalli, pero por los sismos ocurridos en la última década estaría actualmente dentro de una zona de intensidad VII en la escala de Mercalli Modificado (MM).

Es interesante notar que la región sismotectónica norte centro peruano, presenta cuatro unidades morfoestructónicas bien diferenciadas. La región 4, que es donde se enmarca el Proyecto Gera se encuentra conformada por rocas sedimentarias del Mesozoico con marcada supraterciaria y controlada por el fallamiento regional. La actividad sísmica Oriental - Continental cuyos núcleos más activos son los que se encuentran al norte de la ciudad de Moyobamba y el que se encuentra desplazado hacia el Este.

2.3.4 Geología, Mecánica de Suelos y Geotecnia del Alineamiento

a) Geología

La ruta del canal proyectado para la Central Hidroeléctrica Gera II se ubica en la margen derecha del río Gera, desde la Central

Hidroeléctrica Gera I, en operación; hasta la margen derecha del río Mayo, luego de la confluencia con el río Gera, en la localidad Las Delicias del Gera.

La longitud total del canal es de 1723,15 m (longitud que no incluye el tramo de la obra de toma ni del túnel) y se desarrolla en superficies con pendientes inclinadas hasta subverticales, conformadas por suelos arcillosos, rocosos y gravosos, cubiertos por una vegetación densa propia de la región geográfica. Un pequeño tramo es también objeto de plantaciones de plátanos antes del túnel. En el cerro denominado Pan de Azúcar (progresiva 1+180) inicialmente se proyectó un túnel, ya que según la estructura geológica, esta geoforma viene a constituir un pequeño anticlinal.

El primer tramo 0+980 km está seccionado por varias quebradas superficiales y poco profundas, secas y con flujos de agua, que en periodos húmedos ingresan o incrementan de caudal. Estos cursos de drenaje primario disectan perpendicularmente, son pequeños valles juveniles y de corta longitud. Su desarrollo está en función de la humedad de la región pero la vegetación (con raíces profundas) lo impide.

De acuerdo al perfil longitudinal la ruta del canal oferta una morfología relativamente accidentada, con una superficie erosionada, cubierta de vegetación densa y carente de acceso vial. El terreno de cimentación es generalmente subhúmedo en periodo de estiaje y húmedo a parcialmente saturado en periodos de avenida.

Se tiene la ventaja de poseer accesos viales en los extremos, como la carretera afirmada a la C.H. Gera I (al inicio), y la carretera marginal (al final) del alineamiento del canal.

La estructura principal existente en la ruta del canal de aducción es el anticlinal pequeño comprendido entre las progresivas 0+982 al 1+180 y corresponden a la formación Sarayaquillo, conocido localmente como el cerro "Pan de Azúcar". El flanco sur de este anticlinal tiene un buzamiento subvertical de 80° S con estratos de areniscas, lutitas y limolitas intercalados. Un tramo es objeto de derrumbes, probablemente debido a la intensa meteorización y al impacto del río Gera en épocas de crecida que afecta la parte inferior.

La formación Juanjuí se presenta en la zona del túnel, cámara de carga y tubería de presión y yace en discordancia angular a la formación

Aguas Calientes. Está cubierto parcialmente por el Depósito Aluvial reciente desde la casa de máquinas hasta el cauce del río Mayo.

El Depósito Aluvial que se expone desde la casa de máquinas hasta el río Mayo está integrada de una mezcla de gravas angulosas de tamaño fino con arcilla, coloración marrón oscura. Su espesor no se ha determinado

b) Mecánica de Suelos

• **Exploraciones realizadas**

En la ruta del canal proyectado se han realizado exploraciones de los materiales de cimentación, con un total de 15 calicatas, las cuales varían de 1,5 a 2,9 m de profundidad, esto dependiendo de las características propias de cada terreno y la cantidad se debe a la importancia de la estructura que se cimentará en esa zona. Estas se han verificado con una inspección ocular, siendo positivos los resultados obtenidos en laboratorio.

A continuación se presenta las características de las calicatas:

Cuadro N° 8
Exploraciones Realizadas
Mecánica de Suelos

Denominación	Ubicación km	Profundidad m	N° muestras
C-1	0+015	1,50	03
C-2	0+210	1,60	03
C-3	0+315	s/d	s/d
C-4	0+465	1,50	02
C-5	0+635	1,80	02
C-6	0+870	2,10	01
C-7	0+935	2,10	02
C-8	1+095	s/d	s/d
C-9	1+272	2,0	03
C-10	1+500	2,10	03
C-11	1+800	2,30	08
C-12	1+845	2,90	03
C-13	C.Carga	s/d	s/d
C-14	C. Máquina	1,60	04
C-15	C.Máquina	2,10	03

s/d = sin dato

• **Ensayos realizados**

En todos los casos se han ejecutado ensayos generales como son:

- Análisis granulométrico

- Límites de consistencia
- Clasificación SUCS

• **Resultados obtenidos**

Los resultados obtenidos en los ensayos del laboratorio son como sigue:

Cuadro N° 9
Resultados de Laboratorio de las Calicatas

Calicatas	Muestras	Prof. (m)	Pasa malla N° 200 %	L.L.	LP.	L.C.	SUCS
C-1	M-1	0,12-0,50	13,6	2,1	16,0	13,7	GM-GC CL SC
	M-2	0,50-0,80	70,7	30,0	17,6	13,2	
	M-3	0,80-1,50	38,3	23,7	14,9	11,9	
C-2	M-1	0,30-1,10	35,9	28,5	15,7	14,3	SC CL CL
	M-2	1,10-1,60	76,9	32,2	17,7	16,0	
	M-3	1,60- más	78,5	34,2	18,3	15,7	
C-4	M-1	0,30-1,50	31,2	28,38	17,16	14,2	GC CL
	M-2	1,50- más	51,6	30,07	19,92	16,5	
C-5	M-1	0,35 – 0,90	38,80	18,60	N.P.	(*)	SM CL
	M-2	0,90 – 1,80	80,40	25,90	16,10	(*)	
C-6	M-1	0,65 – 2,10	72,00	42,10	21,40	(*)	CL
C-7	M-1	0,30-2,10	74,3	28,78	20,17	15,5	CL CL
	M-2	2,10 – más	69,8	28,49	16,88	11,2	
C-9	M-1	0,30 – 0,70	6,8	34,5	20,5	13,9	GP- GC CL GC
	M-2	0,70 – 2,00	53,9	28,4	16,9	14,2	
	M-3	2,0 – más	40,7	28,63	19,09	17,2	
C-10	M-1	0,0 – 0,30	12,7	32,0	22,4	15,1	GC GP – GC GP – GC
	M-2	0,30 – 1.0	7,6	34,8	21,7	18,4	
	M-3	1.0 – 2.10	8,6	29,5	19,2	15,1	
C-11	M-1	0,30 – 2,10	16,3	27,0	19,0	15,3	GC GC
	M-2	2,10 – 2,30	13,0	33,86	19,94	15,5	
C-12	M-1	0,0 – 1,10	28,6	40,0	22,5	18,1	GC GC GC
	M-2	1,10 – 2,20	16,0	25,0	22,0	16,8	
	M-2	2,20 – 2,90	23,8	29,54	16,67	14,7	
C-14	M-2	1,60 – 2,30	45,1	21,9	17,6	15,4	SM – SC SM CL
	M-3	2,30 – 3,00	12,5	17,5	N.P.	N.P.	
	Minalterada	1,40 – 1,60	66,3	23,7	16,46	12,54	
C-15	M-1	0,10 – 0,45	37,60	38,60	21,70	(*)	GC SC SC
	M-2	0,45 – 1,20	33,90	31,00	17,40		
	M-3	1,20 – 2,10	33,40	28,80	18,80		

(*) = No se solicitó

N.P. = No Plástico

c) Geotecnia

La litología de los materiales de cimentación descritas varía de depósitos Cuaternarios recientes, conglomerado del Terciario superior y estratos rocosas del Jurásico superior, con diversos grados de meteorización, fracturamiento y tectonismo ocurridos a través del tiempo, los cuales hacen que tengan cualidades de suelos y rocas alteradas.

• **Pendientes del Terreno**

Los tramos con Depósitos Coluvio – Deluviales tienen pendientes inclinadas a moderadas, desde 10° hasta 20°; el tramo de roca alterada presenta estratos con fuerte inclinación hacia el cauce del río Gera cuyo buzamiento máximo es de 80 °, y es inaccesible.

El tramo con conglomerados de la formación Juanjuí tiene pendientes moderadas a muy empinadas (40° a 50°), pero muestra una consistencia semicompacta. El tramo final desde la casa de máquina hacia la entrega al río Mayo es una planicie con pendiente llana de 1°.

• **Clasificación de los Materiales de Cimentación**

Los materiales yacentes con fines de excavación de las obras tienen la siguiente clasificación y se presentan con las longitudes y porcentajes del total mostrado:

- Materiales sueltos : 1523 m = 81 %
- Roca alterada / fracturada : 350 m = 19 %
- Total : 1873 m = 100 %

• **Parámetros Geotécnicos**

De acuerdo a los resultados de los ensayos obtenidos y la observación de los materiales de cimentación descritos existen dos tipos de materiales geotécnicos, los cuales se resumen en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 10
Parámetros Geotécnicos

CLASES	Resistencia compresión simple	Angulos de Fricción Interna	Cohesión
Clase V calidad suelo	$q_u > 1 \text{ kg/cm}^2$	$\phi_i > 30^\circ$	$C' = 0$
Clase III-IV calidad Roca alterada/fract.	$q_u = 5 \text{ kg/cm}^2 < q_u < 30 \text{ kg/cm}^2$	$25^\circ > \phi_i > 15^\circ$	$C = 2 \text{ kg/cm}^2 > C' > 1 \text{ kg/cm}^2$

2.3.5 Interpretación de los Ensayos de Mecánica de Suelos, Canteras

• Cálculo de la Capacidad Portante del Terreno

A continuación se presenta el resumen de los resultados obtenidos para los cálculos de capacidad portante. Estos valores de capacidad portante se han calculado según los ensayos de laboratorio

Resumen del Cálculo de la Capacidad Portante

Obra de Toma y Canal de Aducción (0+000 - 0+100)

Calicata Representativa: C1
Profundidad de Cimentación: > 2,0 m
Clasificación SUCS: SC
Angulo de Fricción Interna*: 25,00°
Cohesión*: 0,00 kg/cm²
Capacidad Portante (>2,0m): 1,03 kg/cm²

*Valores conservadores tomados según características de la muestra.

Canal de Aducción (0+100 - 0+325)

Calicata Representativa: C2
Profundidad de Cimentación: > 2,0 m
Clasificación SUCS: CL
Angulo de Fricción Interna*: 20,00°
Cohesión*: 0,15 kg/cm²
Capacidad Portante (>2,0m): 1,08 kg/cm²

*Valores conservadores tomados según características de la muestra.

Canal de Aducción (0+325 - 0+520)

Calicata Representativa: C4
Profundidad de Cimentación: > 2,0 m
Clasificación SUCS: CL
Angulo de Fricción Interna: 22,00°
Cohesión: 0,12 kg/cm²
Observación: Presencia de nivel freático
Capacidad Portante (>2,0m): 0,72 kg/cm²

Canal de Aducción (0+520 - 0+680)

Calicata Representativa: C5
Profundidad de Cimentación: > 2,0 m
Clasificación SUCS: CL
Angulo de Fricción Interna: 27,70°
Cohesión: 0,30 kg/cm²
Capacidad Portante (>2,0m): 2,53 kg/cm²

Canal de Aducción (0+680 - 0+1000)

Calicata Representativa: C7
Profundidad de Cimentación: > 2,0 m
Clasificación SUCS: CL
Angulo de Fricción Interna: 22,90°
Cohesión: 0,37 kg/cm²
Capacidad Portante (>2,0m): 1,83 kg/cm²

Canal de Aducción (1+000 - 1+220)

Calicata Representativa: C8
Observaciones: Tramo rocoso,
Clase de Suelo: III - IV
Capacidad Portante: > 5kg/cm²

Canal de Aducción (1+220 - 1+720)

Calicata Representativa: C9
Profundidad de Cimentación: > 2,0 m
Clasificación SUCS: GC
Angulo de Fricción Interna: 20,00°
Cohesión: 0,10 kg/cm²
Capacidad Portante (>2,0m): 0,89 kg/cm²

Canal de Aducción (1+800 - 1+870), Cámara de Carga y Tubería de Presión

Calicata Representativa: C11
Profundidad de Cimentación: > 2,0 m
Clasificación SUCS: GC
Angulo de Fricción Interna: 31,00°
Cohesión: 0,06 kg/cm²
Capacidad Portante (>2,0m): 1,44 kg/cm²

Casa de Máquinas

Calicata Representativa: C15
Profundidad de Cimentación: > 2,0 m
Clasificación SUCS: SC
Angulo de Fricción Interna: 27,90°
Cohesión: 0,52 kg/cm²
Capacidad Portante (>2,0m): 2,98 kg/cm²

• Análisis Físico Químico del Agua

Aguas Agresivas

En la progresiva 0+443, ubicación de la primera canoa proyectada, se tiene presencia de nivel freático y escorrentía permanente de agua superficial.

De los análisis de laboratorio se tiene que esta agua es salada y presenta una concentración de sulfatos (ión SO₄) de 204 ppm. De acuerdo a la

clasificación NTE – 060 tenemos el siguiente cuadro que clasifica la agresividad y da las recomendaciones de diseño correspondientes:

Cuadro N° 11
Cemento expuesto a sulfatos provenientes del agua

Agresividad	Sulfatos en agua (ppm)	Tipo cemento	A/C máxima por peso
Débil	0 – 150		
Moderada	150 – 1500	II (IP), (MS), IS, (MS)	0,50
Severa	1500 – 10000	V	0,45
Muy Severa	> 10000	V + puzolana	0,45

Por lo tanto, la agresividad del agua en este tramo comprendido entre las progresivas 0+420 y 0+480 se considera moderada y se recomienda el uso de cemento tipo II o cemento puzolánico.

Agua para Concreto

Las principales fuentes de agua para el concreto del proyecto serán el agua turbinada de la C.H. Gera I y el agua del río del mismo nombre que acompaña el desarrollo del canal de aducción.

Las aguas turbinadas son aguas limpias que han pasado por un proceso de decantación y asentamiento de limos para poder ser utilizadas por la turbina. Según los ensayos de laboratorio dicha agua presenta sólo **68,5 ppm** de sólidos en suspensión, lo cual es mucho menor que el límite permitido de agua para concreto de **1500 ppm**.

La calidad del agua del río Gera es similar a las aguas turbinadas en cuanto al contenido de sales y cloruros. Se tiene del estudio de la Carretera Tarapoto – Rioja las siguientes características:

Cuadro N° 12
Agua empleada para concreto / Norma ITINTEC 339.088 y Agua del Proyecto

Descripción	Máximo	Río Gera
Cloruros	1000 ppm	32 ppm
Sulfatos	600 ppm	44 ppm
PH	5,5< PH<8	6,8
Sólidos en Suspensión	5000 ppm	15 ppm

Se tiene entonces que el agua del río Gera es apta para su utilización en concreto.

- **Análisis Físico Químico de los Suelos**

Las conducciones dentro de un proyecto siguen alineamientos, que en algunos casos ocupan o se cimientan en suelos de características agresivas. De acuerdo a la norma NTE – 060 tenemos el siguiente cuadro de clasificación de agresividad del suelo:

Cuadro N° 13
Agresividad del Suelo – Norma NTE- 060

Agresividad	%peso de Suelo	Tipo cemento	A/C máxima por peso
Débil	0,00 – 0,10		
Moderada	0,10 – 0,20	II (IP), (MS), IS, (MS)	0,50
Severa	0,20 – 2,00	V	0,45
Muy Severa	> 2,00	V + puzolana	0,45

De los ensayos de laboratorio, se tiene que las muestras de suelo del alineamiento del canal tienen un % en peso de suelo de sustancias agresivas entre **0,02% y 0,05%**, por lo que **su agresividad es débil** y no será necesario utilizar un tipo especial de cemento o mezcla por suelos agresivos.

- **Evaluación de Arcillas Expansivas**

De los resultados de laboratorio se analiza a continuación la posibilidad de encontrar arcillas expansivas en las zonas donde se colocarán las estructuras del proyecto. En el cuadro N°14 se muestra la clasificación del grado de expansión según Holtz y Kovacs.

Cuadro N° 14
Expansión Probable de las Arcillas

Grado de Expansión	Expansión Probable (% cambio de volumen)	Contenido Coloidal (% < 1µm)	Índice de Plasticidad	Límite de Contracción
Muy Alto	>30	> 28	> 35	< 11
Alto	20 – 30	20 – 31	25 – 41	7 – 12
Medio	10 – 20	13 – 23	15 – 28	10 – 16
Bajo	< 15	< 15	< 18	> 15

Del cuadro N° 9, que muestra los resultados de los ensayos de laboratorio de las muestras de suelo tomadas en campo podemos concluir que el potencial de expansión de las arcillas es bajo.

- **Canteras**

Las canteras estarán ubicadas en Nueva Cajamarca. En el cuadro N°15 se indica la ubicación de depósitos de materiales, calidad de los mismos y otros.

Cuadro N° 15
Datos de Canteras ubicadas en Nueva Cajamarca

Cantera	Ubicación	Material	Observaciones
Ucrania	A 22 Km de Rioja en dirección a Nueva Cajamarca	Hormigón fluvial, redondeado	Propiedad del Consejo Municipal de Rioja.
Plantanayacu	A 22,1 Km de Rioja	Hormigón fluvial, redondeado	Propiedad del Consejo Municipal de Rioja.
Naranjillo	A 38,5 Km de Rioja en dirección a Río Nieva	Hormigón fluvial, redondeado	

Todas las canteras son de origen coluvial explotables durante los meses de estiaje con retroexcavadora y volquetes. Están constituidas por gravas sub-redondeadas con arena y finos no plásticos. También se describe algunas de las canteras a lo largo de la carretera Tarapoto – Moyobamba en el cuadro N° 16.

Cuadro N° 16
Datos de Canteras ubicadas a lo largo de la Carretera Tarapoto-Moyobamba

Cantera	Ubicación	Acceso	Explotación	Material	Forma	Uso
Pacaysapa	Km 73,4 de Tarapoto, lado derecho	250 m	Retroexcavadora y volquetes	Hormigón de río	Redondeado a sub-redondeado	Relleno
Jerillo (Río Mayo)	Km 94,6 de Tarapoto, lado derecho	2200 m	Retroexcavadora y volquetes. Requiere zarandeo y chancado	Hormigón de río	Redondeado a sub-redondeado	Piedra mediana y grande, Concreto
Gera 1 (Río Mayo)	Km 97,9 de Tarapoto, lado derecho	200 m	Retroexcavadora y volquetes.	Hormigón de río	Redondeado a sub-redondeado	Relleno, Piedra mediana, piedra grande, concreto
Gera 2 (Río Mayo)	Km 98,6 de Tarapoto, lado derecho	100 m	Retroexcavadora y volquetes	Hormigón de río	Redondeado a sub-redondeado	Relleno, Piedra mediana, piedra grande, concreto

De las canteras ubicadas en el lecho del río se recomienda extraer y apilar los materiales durante la época de estiaje para asegurar el abastecimiento regular durante el tiempo de avenidas.

En el cuadro N°17 se muestran las características de las canteras seleccionadas.

Cuadro N° 17
Características de las Canteras seleccionadas

Canteras	Granulometría						Abrasión (%)	Durabilidad con Sulfato de Sodio (%)		Peso Unitario (Kg/m ³)		Usos	Potencia (m ³)
	2" %	¾" %	N° 4 %	N° 10 %	N° 40 %	N° 200 %		Arena Guesa	Arena Fina	Arena Guesa	Arena Fina		
Jerillo	100	74	49	40	29	7	40	4,7	6,2	1,68	1,63	CA,BA,B,SB,C	105000
Gera 1	100	75	30	26	18	12	56	4,9	6,0	1,67	1,61	R,PM,PG	170000
Gera 2	100	76	42	32	24	10	55	4,8	6,2	1,68	1,62	R,PM,PG	72000
Naranjillo	100	53	35	30	23	15	14	-	-	-	-	SB	10000
Ucrania	95	63	28	17	6	2	20	4,7	2,3	1,61	1,48	C	50000

C: Concreto, CA: Carpeta Asfáltica, BA: Base B: Base Granular, SB: Sub Base, R: Relleno, PM: Piedra Mediana, PG: Piedra Grande

En el Cuadro N°18 se tienen los valores permisibles de agregados para concreto.

Cuadro N° 18
Especificaciones Técnicas Referenciales para Concreto

Ensayo	Especificaciones Concreto
Material Más Fino que la malla N°200 A. Fino (%)	3
Durabilidad con Sulfato de Sodio A. Grueso (%)	12
Durabilidad con Sulfato de Sodio A. Fino (%)	10
Ensayo de Abrasión – Máquina de Los Angeles (%)	50
Sales Solubles Totales (%)	1,0

Se observa de los cuadros N° 17 y N° 18 que la cantera más apropiada en el aspecto técnico de las propiedades de sus materiales es la cantera Ucrania, en la margen derecha del río Aucayacu. Sin embargo, debido a la distancia, es posible que la cantera Jerillo resulte económicamente más favorable para el contratista a pesar que su material tendría que ser previamente lavado pues excede el límite permisible de material más fino que la malla N° 200.

2.3.6 Estudio de Prospección Geofísica del Área del Túnel

Se ha visto por conveniente realizar un estudio de prospección geofísica en la zona del túnel de manera complementaria a los estudios geológicos y geotécnicos, con el fin de determinar con un mayor nivel de precisión las características del basamento rocoso y del tipo de roca que se encontrará en el túnel. Se concluye que el cambio brusco de la morfología presente en la zona, indicaría la presencia de una estructura de fallamiento o una zona de contacto; por ello, se recomendó cambiar la ubicación del túnel hacia dentro del cerro, para balancear las pobres condiciones geomecánicas de la roca que atravesaría el túnel.

2.3.7 Conclusión

- Con fines de excavación y determinación de costos el material de cimentación se clasifica como sigue; Material Suelto: 81% y Roca alterada / fracturada: 19%.
- La posibilidad de existencia de arcillas expansivas en el trazo del canal es bajo.
- Se descarta la presencia de suelos agresivos en el trazo del canal.
- Se utilizará cemento Tipo II resistente a los sulfatos entre las progresivas 0+420 y 0+480, por encontrarse nivel freático de aguas ligeramente agresivas. En el resto del trazo del canal no se presenta esta característica.
- Las aguas turbinadas de la CH Gera I y las aguas del cauce del río Gera son aptas para concreto. Sin embargo deberá hacerse ensayos del contenido de sólidos en suspensión en las aguas del río Gera según la época de construcción de la central, pues en época de avenida aumenta la cantidad de éstos y debe asegurarse no exceder el límite permisible en ningún momento.
- Las estructuras tendrán un diseño sismorresistente, tomando en cuenta los parámetros sísmicos de la zona según el Código Nacional de Estructuras.
- La cantera Ucrania cumple con las especificaciones de agregado para concreto, sin embargo por la distancia y dependiendo de los costos de operación, el contratista determinará según las condiciones de obra y de los ensayos de laboratorio aquí mostrados, si cualquiera de las otras canteras es más favorable para su tratamiento y explotación.

- Debido a las condiciones de los estratos rocosos, en los tramos del km 1+060 al 1+150 y km 1+315 al 1+470, el diseño del canal será como conducto cubierto y con un colchón de tierra para amortiguar el impacto de los bloques rocosos que puedan deslizarse.
- El uso de explosivos debe llevarse con máxima precaución para evitar una remoción masiva durante la etapa de construcción.

2.4 ESTUDIO DE MERCADO ELÉCTRICO

El objetivo de mejorar las condiciones de vida de una región sin servicio de energía se basa en el aprovechamiento de sus recursos hídricos, el cual debe superar el consumo energético esperado de la región al final del periodo de análisis seleccionado.

Para identificar la potencia requerida por la comunidad se realiza un censo de personas y de consumo de energía con otras fuentes. De esta forma se estima el consumo energético de la población y luego se determina si con el recurso hidroenergético la región dispone de una potencia superior a su demanda máxima.

Por lo tanto este estudio de mercado eléctrico tiene por objetivo cuantificar la demanda de potencia y energía eléctrica que abastecerá la Central Hidroeléctrica Gera I con 6 MW y Gera II con 2MW, dando un total de 8 MW al Sistema Eléctrico de Tarapoto.

2.4.1 Demanda del Sistema Eléctrico de Tarapoto

Para la proyección de la demanda de potencia y energía del Sistema Eléctrico de Tarapoto se ha tomado como referencia los datos de Electro Oriente de Erogación del 2003 de las subestaciones de Gera, Moyobamba, Tarapoto, Bellavista y Rioja.

- **Demanda de Potencia**

La demanda de potencia se ha proyectado para un horizonte de 20 años (2 004-2 024), con las siguientes tasas de crecimiento:

- Tasa de crecimiento de cargas rurales : 2,7 %
- Tarapoto, Moyobamba, Bellavista y Rioja : 3,2 %

Se ha considerado que en horas de punta la carga especial de Cementos Selva trabaja al 80 % de su demanda máxima, manteniendo la misma demanda en forma vegetativa hasta el año 20. En el siguiente

cuadro se presenta el resumen de la proyección de la demanda máxima de potencia

Cuadro N° 19

Demandas de Potencia del Sistema Eléctrico de Tarapoto en kW

Subestaciones	Cargas	Tasa Crec.	2004	2014	2024
Gera	Jepelacio	2,7%	169	221	288
Moyobamba	Yantaló	2,7%	37	48	62
	Moyobamba	3,2%	2 334	3 198	4 383
	Total de S.E.		2 371	3 246	4 445
Rioja	Yorongos	2,7%	63	82	108
	Rioja	3,2%	1 021	1 399	1 917
	San Fernando	2,7%	1 082	1 412	1 843
	Soritor	2,7%	523	683	891
	Cem. Pacasmayo		2 368	2 368	2 368
	Total de S.E.		5 057	5 944	7 127
Bellavista	Bellavista	3,2%	1 400	1 918	2 629
	Juanjui	2,7%	1 250	1 632	2 130
	PSE Bellav.	2,7%	350	457	596
	Total de S.E.		3 000	4 007	5 355
Tarapoto	Tarapoto	3,2%	9 000	12 332	16 898
TOTAL SISTEMA			19 597	25 750	34 113

• **Demanda de Energía**

Para la proyección de la demanda de energía se utilizará los factores de carga (Fc) calculados en barras de las subestaciones Gera, Moyobamba, Tarapoto, Rioja y Bellavista, los mismos que junto a la proyección de la demanda de energía se presenta en resumen en el cuadro siguiente:

Cuadro N° 20

Demandas de Energía en MWh

Subestación	Cargas	Fc	2004	2014	2024
Gera	Jepelacio	0,36	526	687	896
Moyobamba	Yantaló	0,49	158	206	269
	Moyobamba	0,51	10 411	14 265	19 547
	Total de S.E.		10 569	14 471	19 816
Rioja	Yorongos	0,29	162	212	276
	Rioja	0,48	4 317	5 915	8 105
	San Fernando	0,55	5 174	6 754	8 816
	Soritor	0,42	1 931	2 520	3 289
	Cem. Pacasmayo	0,83	17 144	17 144	17 144
	Total de S.E.		28 728	32 545	37 630
Bellavista	Bellavista	0,35	4 292	5 882	8 059
	Juanjui	0,35	3 833	5 002	6 530
	PSE Bellav.	0,35	1 073	1 401	1 828
	Total de S.E.		9 198	12 285	16 417
Tarapoto	Tarapoto	0,55	43 362	59 416	81 415
TOTAL SISTEMA			92 383	119 404	156 175

2.4.2 Análisis de la Oferta

La oferta para el sistema eléctrico de Tarapoto estará garantizada con energía y potencia proveniente de la Central Térmica de Tarapoto de 12 MW, La C.H. Gera I - 6 MW y la nueva C.H. Gera II - 2 MW, en el cuadro siguiente se presenta en resumen el despacho anual de las C.H. Gera

Cuadro N° 21

Despacho Anual de las C.H. Gera en Horas de Punta en kW

Época del Año	DESCRIPCIÓN	Potencia (kW)		
		2004	2014	2024
AVENIDA Diciembre- Abril	Oferta C.H. Gera I (kW)	6 300	6 300	6 300
	Oferta C.H. Gera II (kW)	1 950	1 950	1 950
	Total Generación	8 250	8 250	8 250
ESTIAJE Mayo- Noviembre	Oferta C.H. Gera I (kW)	3 150	3 150	3 150
	Oferta C.H. Gera II (kW)	1 950	1 950	1 950
	Total Generación	5 100	5 100	5 100
Promedio ponderado de potencia entregada por las C.H. Gera (kW)				
	Potencia entregada por la C.H. Gera I	4 463	4 463	4 463
	Potencia entregada por la C.H. Gera II	1 950	1 950	1 950

2.4.3 Balance Oferta Demanda

La demanda del sistema eléctrico de Tarapoto (19,6 MW) estará garantizada por la Central Térmica de Tarapoto (12 MW) y las C.H. Gera (8 MW), y cuyo balance oferta demanda para los horas de máxima demanda se presenta en resumen en el cuadro siguiente:

Cuadro N° 22

Despacho Anual de las C.H. Gera en Horas de Demanda Máxima

DESCRIPCIÓN	2004	2014	2024
Demanda del Sistema Eléctrico de Tarapoto (kW)	19 597	25 750	34 113
Total Generación Hidráulica (kW)	6 413	6 413	6 413
C.H. Gera	33%	25%	19%
Total Generación Térmica (kW)	13 184	19 338	27 700
C.T Térmica de Tarapoto	67%	75%	81%

2.4.4 Conclusión

- Los puntos de entrega de potencia y energía son las C.H. Gera 8MW y la C.T. Tarapoto 12 MW, cuyas inyecciones de potencia al Sistema Interconectado de San Martín representan el 19% y 81% respectivamente en horas de punta para el 2024.
- En el cuadro N°22, se aprecia que ante el incremento de la demanda, se ha previsto un incremento concordante de grupos térmicos.

CAPÍTULO 3

3. EVALUACIÓN Y DISEÑO MEJORADO

Existen diversos tipos de esquemas de pequeñas centrales hidráulicas (de 500 a 5000 kW) que se pueden adaptar a la zona del proyecto, pero será el esquema técnico económico más factible aquel que permita un menor costo de las estructuras a definirse y en la dimensión necesaria para cumplir con las exigencias del proyecto.

La central hidroeléctrica Gera II, tiene un esquema en cascada con la C.H. Gera I, de la cual utilizará las aguas turbinadas. La infraestructura proyectada se inicia aproximadamente a 46 m aguas abajo de la poza de descarga sobre el canal de descarga de la central hidroeléctrica Gera I, desarrollando el canal de aducción por la margen derecha del río Gera hasta el caserío "Las Delicias del Gera", el cual se ubica en el kilómetro 518 de la carretera Tarapoto-Moyobamba. En esta zona se ubicará la casa de máquinas de la C.H. Gera II.

Los principales componentes de la CH Gera II son:

- Obra de Toma
- Obras de Conducción (canal, túnel)
- Cámara de Carga
- Tubería de Presión
- Casa de Máquinas
- Canal de Descarga
- Obras de Arte

En el plano GEN-02, se indica el esquema general del Proyecto y en los planos del Anexo C, se indican los planos detallados de cada estructura.

Además, para el diseño de todos estos componentes se debe tener en cuenta una serie de factores esenciales que se explica a continuación.

- **Sedimento**

El agua del río acarrea pequeñas partículas de material duro y abrasivo, que pueden ocasionar daños considerables a la turbina así como

un rápido desgaste si no se las extrae antes de que el agua ingrese a la tubería de presión. Los sedimentos, además, pueden producir el bloqueo de la toma en caso de que el barraje y el ingreso al canal no se ubiquen correctamente.

- **Caudal adecuado**

El caudal del río varía durante el año, pero la central deberá estar diseñada para captar un caudal constante. Por lo que, la toma deberá en lo posible derivar un caudal adecuado hacia el canal ya sea que el río tenga mucho o muy poco caudal de agua. La función del barraje es asegurar que el nivel de agua requerido para la captación del caudal de diseño se mantenga aún en época de estiaje. La función principal de la estructura de la toma del canal es regular el caudal dentro de los límites razonables cuando el río tiene mucho caudal. Posteriormente los aliviaderos controlan o regulan la cantidad de agua en el canal, evitando la sobrecarga en estos y por ende los daños que se pueden producir.

- **Avenidas**

Las avenidas requieren de especial atención, ya que éstas acarrearán gran cantidad de material e incluso hacen que grandes piedras rueden a lo largo del lecho del río, por lo que en su conjunto pueden dañar el barraje de derivación, la estructura de la toma del canal y los muros de encauzamiento, si no se diseñan cuidadosamente.

- **Turbulencia**

Otro aspecto especial que requiere atención es el efecto de la turbulencia en el flujo del agua. En todas las secciones de conducción de agua, incluyendo el canal y la bocatoma, cambios bruscos en la dirección del agua crearán turbulencia que erosionarán las estructuras, ocasionando pérdidas de energía y acarreo de sedimentos en el flujo de agua.

- **Pérdidas de Energía**

Dado que la potencia generada por la turbina depende en gran medida de la presión del agua a la entrada de esta, es claro que el canal no debe perder energía indebidamente, y que la tubería de presión deberá

ser dimensionada de manera que las pérdidas por fricción no reduzcan la energía disponible en las turbinas excesivamente.

- **Golpes de Ariete**

Son las sobrepresiones o depresiones que se generan cuando el flujo del agua en la tubería se detiene bruscamente (por ejemplo cierre de la válvula de presión). Por lo que la tubería deberá ser suficientemente fuerte como para no romperse cuando esto suceda. Además, tales presiones harán que la tubería se mueva, ocasionando daños en los anclajes si estos no son suficientemente fuertes.

En este capítulo se desarrollará el procedimiento a seguir para los diseños de las distintas obras hidráulicas que se han planteado, siendo estas las que se ajustan a las condiciones del terreno.

3.1 OBRA DE TOMA

Es una estructura que permite garantizar la captación de una cantidad regulada de agua, desde la fuente hídrica y derivarla al canal de acceso, en lo posible libre de materiales sólidos y flotantes.

3.1.1 Generalidades

Con el objeto de acortar la longitud del canal de aducción y obras complementarias se aprovechará el canal de descarga existente.

Dicho canal de descarga se inicia en la poza amortiguadora de las aguas turbinadas de la CH Gera I, en la cota 851,50 msnm, haciendo su recorrido con una pendiente de 0,5 %. A los 46 m de dicha poza amortiguadora se encuentra la obra de transición en curva (ver plano TOM -01), que permitirá derivar las aguas turbinadas hacia el canal de aducción de la CH Gera II .

3.1.2 Estructuras principales de una Toma

Existen varios factores que definen el tipo de bocatoma (toma), entre los cuales podemos citar: el régimen del río, el transporte de sólidos, el caudal de la captación, las características del lecho del río, su sección transversal.

Los elementos principales son los siguientes:

- **Muros o Diques de Encauzamiento**

Su objeto es encauzar el río, proteger los terrenos ribereños aguas arriba de la toma y evitar desbordamientos como consecuencia de la instalación del barrage.

- **Presas Derivadora**

Cortina, azud o barrage es una presa construida transversalmente al río con el objeto de levantar el tirante y facilitar el ingreso del agua.

- **Canal de Limpia**

Esta estructura tiene la finalidad de eliminar los sólidos que se depositen delante de la ventana de captación

- **Bocal de Toma**

Es la estructura ubicada en una de las márgenes del río, aguas arriba de la presa derivadora y tiene la finalidad de captar las aguas: consta de un vertedero u orificio de captación con rejillas y compuertas de regulación.

En la fig. N° 2 se muestra el esquema de desarrollo de la derivación de la C.H. Gera II y los puntos señalados son los siguientes:

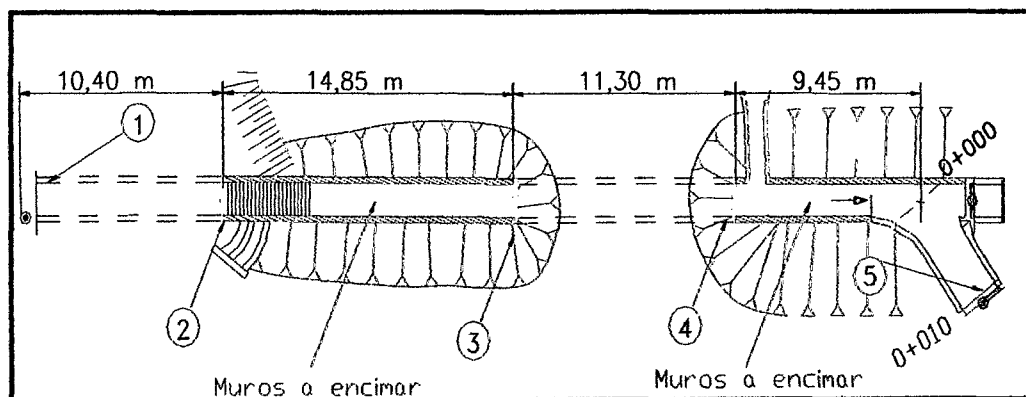


Figura N° 2

1. Punto de Inicio desde la Poza Amortiguadora de Gera I.
2. Salida del Primer Puente.
3. Entrada al Segundo Puente.
4. Salida del Segundo Puente.
5. Derivación (compuerta N°2, ver plano TOM-02)

En la **presente tesis** el sistema de toma particular consistirá de :

- **Muros Encauzamiento** : los cuales están representados por los muros del canal de descarga de Gera I, los cuales deberán de ser encimados para soportar la sobre-elevación, debido al cambio de pendiente que se presenta en el punto de desviación.
- **Elemento Derivador:** en este caso, se coloca una compuerta de izaje manual, que facilita la desviación total del agua hacia Gera II .
- **Bocal de Toma:** se trata de una toma lateral que deriva el caudal de Gera I en su totalidad; se desarrolla en una transición curva para empalmarse con el canal de aducción de Gera II y en este empalme se coloca una compuerta para controlar el flujo de agua en futuras obras de limpieza o cuando se desee que la CH Gera II cese de generar energía, en ese momento se deberá abrir la compuerta descrita en el párrafo anterior.

3.1.3 Tipos de Toma

Para el diseño de una Toma, llamado también "Bocatoma", se considera aspectos topográficos, tipo de material de arrastre, objeto de la captación, etc. y de acuerdo a estos factores se pueden eliminar algunas partes de la captación descritas anteriormente y también se pueden clasificar en:

- **Bocatoma Directa**

Capta el agua mediante un canal lateral, no requiere barraje.

- **Bocatoma Mixta**

Para captar el agua, se cierra o encauza el río, usando un barraje que es un vertedero transversal al río, este barraje puede ser fijo o móvil.

- Fijo: cuando usa elementos rígidos, por ejemplo barraje de concreto.
- Móvil: cuando se usa compuertas metálicas o de madera, según la presión que ejerce la columna de agua.

- **Bocatoma Móvil**

Tiene vertedero bajo y cuenta con compuertas para elevar nivel.

- **Bocatoma Tirolesa**

Consiste, tal como se indica en la fig. N° 3, de una rejilla fina de fondo ubicada horizontalmente, o con pequeña inclinación, sobre una

galería hecha en el cuerpo del barraje y que se conecta con el canal. Son llamadas caucasicas y no se recomiendan en ríos con gran arrastre de sedimentos.

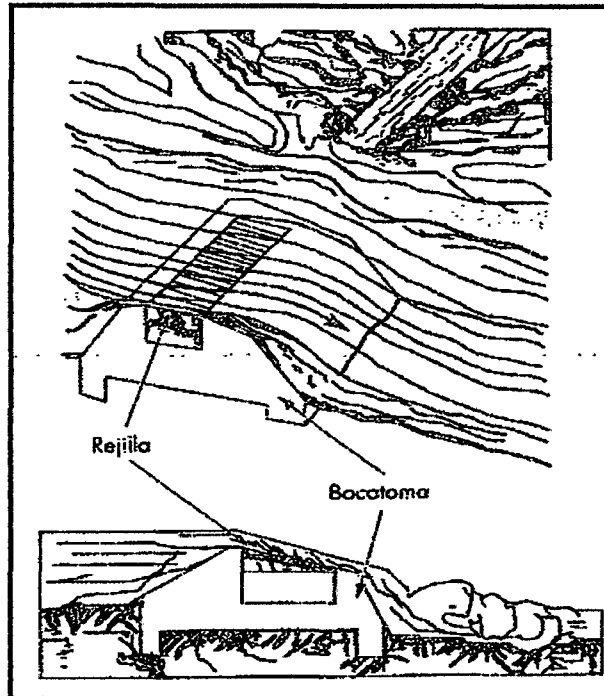


Figura N° 3: Esquema General de una Bocatoma Tirolesa

Por lo descrito anteriormente se concluye que el tipo de *toma directa* es el que mejor se ajusta a las características de nuestro sistema, ya que no se necesita de un barraje, sino solo de una compuerta que obstruya el paso del flujo.

En el plano TOM-02 se observa la estructura de toma.

3.1.4 Diseño Hidráulico

- **Cálculo de Pérdida de Carga en la Toma**

El estudio de las pérdidas de carga es muy importante en la hidráulica, ya que el conocimiento de ellas nos permite calcular niveles de energía. En este caso para calcular las pérdidas en la toma se considera las pérdidas por expansión, por curvatura y por fricción.

La pendiente del canal de descarga de la C.H. Gera I es 5/1000.

De acuerdo a la fig. N° 2 se realiza los siguientes análisis.

➤ Cálculo entre la salida del 2° Puente y la Derivación

– Pérdida por Expansión

Según el “Manual de Diseño Hidráulico de Canales y Obra de Arte “ del Ing° Elmer García Rico, se calcula como sigue:

$$\Delta h = k \cdot \frac{(V_4^2 - V_5^2)}{2g}$$

donde: k varía de 0,2 – 0,5 V_i : velocidad media en el punto “i”

g : gravedad = 9,81m/s² Δh : pérdida de carga

Para este proyecto se ha considerado y tenido en cuenta que el caudal es 5,27m³/s y las dimensiones del canal en los puntos (1,2,3 y 4) son 1,4x1,7 m y en el punto (5) 2,0x2,0 m (base x altura) .

reemplazando: $k=0,44$ $V_4= 2,22$ m/s $V_5= 1,55$ m/s

se tiene:

$$\Delta h = 0,057 \text{ m}$$

– Pérdida por Curvatura

Según Hugnes y Safford :

$$\Delta h = \frac{1}{2} \cdot \frac{(V_4^2 - V_5^2)}{2g}$$

se tiene: $\Delta h = 0,0648 \text{ m}$

– Pérdida por Fricción

Donde: s_{canal} : pendiente de la rasante del canal (%)

d : distancia entre puntos “i” (m)

$$\Delta h = s_{canal} \cdot d_i$$

se tiene: $\Delta h = 0,5\% \times 9,45 + 0,1\% \times 10 = 0,0573$

de los resultados conseguidos:

$$\Delta h_{4-5} = 0,057 + 0,0648 + 0,0573 = 0,17911 \text{ m.}$$

➤ Cálculo entre la entrada y salida del 2° Puente

Como se verá posteriormente, el tirante en el punto (4) es menor a 1,7 m , lo cual nos indica que este tramo también trabaja a pelo libre.

- Pérdida por Fricción

$$\Delta h = s_{canal} \cdot d$$

se tiene: $\Delta h_{3-4} = 0,5\% \times 11,30 = 0,0565$ m.

> Cálculo entre la salida del 1° Puente y la entrada del 2° Puente

- Pérdida por Fricción

$$\Delta h = s_{canal} \cdot d$$

se tiene: $\Delta h_{2-3} = 0,5\% \times 14,85 = 0,0743$ m.

> Cálculo entre la entrada y salida del 1° Puente

- Pérdida por Fricción

$$\Delta h = s_{canal} \cdot d$$

se tiene: $\Delta h_{1-2} = 0,5\% \times 10,40 = 0,0520$ m.

De los resultados obtenidos por cada tramo obtenemos la pérdida total
igual = $\Delta h_{4-5} + \Delta h_{3-4} + \Delta h_{2-3} + \Delta h_{1-2} = 0,1791 + 0,0565 + 0,0743 + 0,0520$
 $= 0,3618$ m.

• **Cálculo de la Altura a Encimar**

El encimado de los muros del canal de descarga (aprox. 46m) se hace necesario por el cambio de pendiente que se presenta en la derivación, de 0,5% (canal de descarga de Gera I) a 0,1% (canal de aducción de Gera II), lo cual produce una sobre elevación, donde el tirante del canal de aducción de Gera II (1,7m) prevalece, por lo tanto se requiere incrementar la altura del muro.

Para este cálculo aplicaremos la ley de la energía por tramos y consideraremos el cálculo de las pérdidas del numeral anterior.

> Cálculo entre la salida del 2° Puente y la Derivación

$$z_4 + \frac{V_4^2}{2g} + y_4 = z_5 + \frac{V_5^2}{2g} + y_5 + \Delta h_{4-5}$$

donde : z_i : Altura de posición en el punto "i"

y_i : Tirante del canal en el punto "i"

$V_i^2/2g$: Altura de velocidad

Δh_{ij} : Pérdida de energía entre el punto "i" y "j"

reemplazando: $Q = 5,27 \text{ m}^3/\text{s}$

$z_4 = 851,317 \text{ m}$	$y_5 = 1,70 \text{ m}$	$V_5 = 1,55 \text{ m/s}$
$z_5 = 851,260 \text{ m}$	$\Delta h_{4-5} = 0,179 \text{ m}$	$V_4 = \frac{Q}{b_4 y_4}$

se tiene: $y_4 = 1,6925 \text{ m}$

> Cálculo entre la entrada y salida del 2° Punte

$$z_3 + \frac{V_3^2}{2g} + y_3 = z_4 + \frac{V_4^2}{2g} + y_4 + \Delta h_{3-4}$$

reemplazando :

$z_3 = 851,374 \text{ m}$	$y_4 = 1,6925 \text{ m}$	$V_4 = 2,22 \text{ m/s}$
$z_4 = 851,317 \text{ m}$	$\Delta h_{3-4} = 0,056 \text{ m}$	$V_3 = \frac{Q}{b_3 y_3}$

se tiene: $y_3 = 1,6926 \text{ m}$

> Cálculo entre la entrada y salida del 1° Punte

$$z_1 + \frac{V_1^2}{2g} + y_1 = z_2 + \frac{V_2^2}{2g} + y_2 + \Delta h_{1-2}$$

reemplazando :

$z_1 = 851,500 \text{ m}$	$y_2 = 1,6661 \text{ m}$	$V_2 \approx V_3$
$z_2 = 851,448 \text{ m}$	$\Delta h_{1-2} = 0,052 \text{ m}$	$V_1 = \frac{Q}{b_1 y_1}$

se tiene: $y_1 = 1,666 \text{ m}$

De los resultados conseguidos: observamos que en la salida del 2° puente su tirante $y_4 = 1,692 \text{ m}$ es menor de 1,7 m (altura total actual del canal de descarga), entonces trabaja en canal libre, pero en el tramo 2-3 (canal abierto) se necesitará una altura de encimado (H) igual a :

$$H = 1,7 - y_4 + 0,30 = 0,3075 \text{ m} \therefore H \approx 0,30 \text{ m.}$$

3.1.5 Conclusiones

El objeto es acortar la longitud del canal de aducción aprovechando el canal de descarga de Gera I, por lo tanto la obra de captación consta de una toma lateral en curva que se inicia a 46 m de la poza de

amortiguamiento de Gera I; además se tiene que encimar las paredes del canal de descarga existente para controlar los efectos del cambio de pendiente de 0,5% (Canal de descarga) a 0,1% (transición en curva hacia el canal de aducción de Gera II).

3.2 OBRAS DE CONDUCCIÓN

3.2.1 Generalidades

El caudal captado que será aprovechado para generar energía eléctrica será conducida hacia la cámara de carga a través de unos tramos en canal de aducción y otro en túnel:

- **Canal de Aducción**

Un canal de aducción de 1723,15 m de longitud neta y de sección rectangular.

En los planos CAN-01,02,03,04 se muestran las obras de conducción y sus características.

Dicho canal de aducción será de concreto armado, con una pendiente de 1/1000, además se desarrolla en corte y a media ladera y debido a la topografía de zonas específicas se optó por dividirlo en 3 tipos cuyos desarrollos se ubican entre las siguientes progresivas:

Tipos	Progresivas
1	0+007- 0+060 /1+683,80 -1+691,67 1+796,67 - 1+806,92
2	0+060-1+060 /1+150 -1+315 1+470 -1+683,80 / 1+806,92 -1+835,15
3	1+060-1+150/1+315-1+470

Sobre dicho canal se emplazan obras de arte tales como: cunetas, buzones, canoas, puentes peatonales y alcantarilla.

- **Túnel**

Se ha previsto la construcción de un tramo de túnel en terreno compuesto por rocas fracturadas y/o meteorizadas. Será revestido con concreto, con una longitud de 105 m en las progresivas 1+691,67 a 1+796,67, de sección tipo baúl, para una sección de canal de 1,9 m de ancho y 1,9 de altura y una pendiente de 0,002.

3.2.2 Tipos de Obras de Conducción

Las obras de conducción, abarcan generalmente dos grupos de obras, a saber:

- **Las obras de conducción propiamente dicho**, como canales, tuberías y túneles.

La decisión sobre el tipo de conducción depende principalmente de la geomorfología del terreno a cruzar y del caudal a transportar. En la construcción de pequeñas centrales hidroeléctricas la conducción más frecuentemente usada, y , muchas veces la más económica, es el canal. En todos los conductos deberán lograrse velocidades mayores de 1m/s para evitar sedimentaciones de sólidos arrastrados.

- **Las obras de arte en el sistema de conducción**, como acueductos, sifones y conductos elevados.

Bajo este término se comprenden todas las obras necesarias para el cruce de la conducción a través de obstáculos como quebradas, valles, zonas de escurrimiento superficial de aguas, zonas pobladas, etc.

3.2.3 Criterios Hidráulicos de Diseño

a) Canal de Aducción

- **Sección del Canal**

La sección transversal de un canal, en general, puede adoptar prácticamente cualquier forma geométrica entre las cuales tenemos: rectangular, trapezoidal, triangular, circular, de herradura, etc. Para el caso de pequeñas centrales hidroeléctricas las más usadas son las dos primeras, porque son prácticas y de fácil construcción, y más económicas respecto a los otros.

Existen diversas consideraciones que influyen en la elección de la forma del canal, tales como: estabilidad de taludes, evaporación, transporte de sedimentos, permeabilidad, trabajos en la construcción, etc.

La topografía y la geología del terreno, sobre el cual se va desarrollar el canal, son superficies con pendientes inclinadas hasta subverticales y se tiene en algunas zonas roca con fuerte pendiente, motivo por el cual, se ha considerado 3 tipos de sección rectangular ya que esto reduciría enormemente el movimiento de tierras en comparación con la sección trapezoidal, a la vez que un lado del canal no estaría apoyado sobre el terreno.

- **Trazo del Canal**

El criterio que influye en el trazado de un canal y de la selección de una u otra posibilidad es el de conseguir la mayor eficiencia y seguridad de las obras con el menor costo. El trabajo de trazado es similar al que se realiza para carreteras con la principal diferencia de que la pendiente longitudinal del canal debe ser siempre positiva (bajando en dirección del movimiento del agua).

El inicio del trazado del canal se hizo desde el punto de toma de las aguas y desde aquí se trazó una línea de gradiente hacia la cámara de carga, manteniendo siempre una pendiente constante de 0,1%, y evitando en lo posible excesivos movimientos de tierra, tanto en corte como en relleno, prefiriéndose en corte ya que, en el caso de los rellenos éstos pueden motivar asentamientos peligrosos.

- **Caudal Derivado**

Para Centrales Hidroeléctricas, el caudal de diseño que permite obtener la potencia en kilowatt (kW) requerida, se determina de acuerdo a la demanda de energía eléctrica, estudiada en el punto 2.4.1 del capítulo II. De acuerdo a lo analizado en el punto 2.4.2: *Análisis de la Oferta*, se tiene que el canal de conducción deberá ser diseñado para un caudal de **5,27 m³/s**, para cubrir la demanda total en un horizonte de 20 años, generando 1950 kW a través de un solo grupo.

- **Pendiente del Canal**

Es uno de los factores más importantes para el diseño. Su elección depende de la topografía y del aprovechamiento económico que se deriva de la conducción del agua, permitiendo dominar las cotas para determinar una buena ubicación de las estructuras que se desarrollan en los extremos y dentro del canal.

Sin embargo, la pendiente seleccionada debe sustentar una velocidad de agua tal que las dimensiones de la caja y de la plataforma del canal produzcan el menor movimiento de tierra, así como no provocar erosión ni sedimentación en el canal. Según las condiciones a cumplir y presentadas en el terreno se optó por una pendiente de 1 ‰.

- **Revestimiento del Canal**

El revestimiento del canal lo constituye una capa de material que se agrega sobre el terreno recortado con la forma de diseño, que sirve como

superficie de contacto con el agua de modo de controlar las pérdidas por filtración, el valor del coeficiente de resistencia del flujo, así como la estabilidad del canal. El tipo de revestimiento puede ser de diferentes materiales como mampostería de piedra, concreto, asfalto, madera, etc.

De acuerdo a las características del terreno se ha planteado un revestimiento de concreto por los siguientes motivos:

- Se trata de una sección rectangular
- Un lado del canal no estará apoyado sobre el terreno y en algunos casos totalmente descubierto.
- Permitirá un coeficiente de resistencia del flujo mínimo, disminuyendo la sección del canal

b) Túnel

• Sección del Túnel

La forma de la sección de túnel debe ser tal que su área permita la circulación del caudal máximo y resista las presiones, las cuales determinarán la forma de su sección.

Los túneles pueden tener forma circular, de herradura o de baúl. La forma circular garantiza el área óptima, pero es de difícil construcción; la forma de baúl es más sencilla de construir, por tal motivo se opta por esta forma de tipo baúl ya que garantiza la facilidad de su construcción.

• Caudal Derivado

La función del túnel es permitir el paso del caudal máximo de 5.27 m³/s procurando en todo momento tener la menor pérdida de carga.

• Pendiente del Túnel

Para conseguir una apreciable economía se ha cambiado la pendiente a 2‰, consiguiendo así reducir las dimensiones del túnel.

• Revestimiento del Túnel

El revestimiento tiene la función de absorber solamente una pequeña fracción de las cargas producidas por el reajuste dinámico, cuando es alterado el estado de equilibrio del macizo. Según Krochin, "el espesor se escoge de gráficos especiales o se toma directamente un doceavo del diámetro y en todo caso el mínimo espesor aceptable es de 15 cm para roca y 20 cm para tierra"; por lo tanto al tener una roca fracturada y/o meteorizada

y $1.9/12 = 0.16\text{m}$, le corresponderá **0.20 m** de espesor de concreto simple $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

3.2.4 Diseño Hidráulico del Canal y Túnel

a) Diseño Hidráulico del Canal

El diseño hidráulico trata principalmente del cálculo del máximo tirante normal que es el que corresponde para una máxima descarga en el canal con una pendiente en el fondo, sección transversal y rugosidad de las paredes definidas. El cálculo de canales se efectúa considerando que se trata de un flujo permanente y uniforme, y es el que se ha establecido con la **fórmula de Manning**, en la forma:

$$V = \frac{R^{2/3} S^{1/2}}{n}$$

Ecuación conocida en Europa con el nombre de **Strickler**, es de amplio uso en América y en el Perú en particular. Con los parámetros establecidos anteriormente, para un canal de sección rectangular y revestido de concreto, tenemos que:

$V = Q/A$: velocidad media (m/s)

Q : caudal (m^3/s) = 5.27

A : área mojada (m^2)

$R = A/P$: radio hidráulico (m)

P : perímetro mojado (m)

S : gradiente hidráulica (pendiente del fondo del canal) = 0.001

n : coeficiente de rugosidad de Manning para el canal: varía entre 0.014 y 0.016, tomaremos un promedio de 0.015 .

• **Tirante del Canal**

La elección del tirante del canal tiene gran influencia en la eficiencia de la conducción y en el costo de las obras, pues guarda una relación directa con la base. Para tal efecto, basado en la ecuación de Manning, los parámetros establecidos y apoyado en el programa **Hcanales**, se presenta las siguientes tablas:

➤ *Canal Tipo I* : Canal Tapado

Canal Tipo II : Canal Abierto

B (m)	2.5	2.2	2	1.8	1.5
Y (m)	1.34	1.53	1.70	1.92	2.42
R (m)	0.646	0.64	0.63	0.61	0.572
P (m)	5.18	5.26	5.40	5.65	6.33

Las dimensiones más ventajosas para distintas formas de canales se determina teniendo en cuenta que el caudal es tanto mayor cuando mayor sea el radio hidráulico o cuando menor sea el perímetro, siendo así se pensaría tomar $B = 2.5\text{m}$ y $Y = 1.34\text{m}$, pero esto nos llevaría a un enorme movimiento de tierras. En nuestro caso, con canal en media ladera y corte, se buscará que el tirante y la base tengan una proporcionalidad igual a la unidad con el objeto que sea estable y el movimiento de tierra sea el menor posible. Por lo tanto se toma como $B = 2\text{ m}$ y $Y = 1.70\text{m}$.


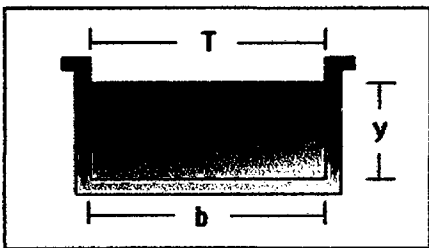
Lugar:	JEPELACIO-MOYOBAMBA	Proyecto:	C.H.GERA II	Calculadora
Tramo:	Canal Aduc. tipo I, II	Revestimiento:	CONCRETO	
Datos:				
Caudal (Q):	5.27	m ³ /s		
Ancho de solera (b):	2	m		
Talud (Z):	0			
Rugosidad (n):	0.015			
Pendiente (S):	0.001	m/m		
Resultados:				
Tirante normal (y):	1.7012	m	Perímetro (p):	5.4023 m
Área hidráulica (A):	3.4023	m ²	Radio hidráulico (R):	0.6298 m
Espejo de agua (T):	2.0000	m	Velocidad (v):	1.5490 m/s
Número de Froude (F):	0.3792		Energía específica (E):	1.8234 m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Subcrítico			

➤ **Canal tipo III : Canal Tapado**

Utilizando los mismos criterios anteriores pero con la salvedad que este tipo de canal recorrerá tramos con fuerte pendiente y de conformado por rocas fracturadas en su mayoría se tendrá que tener que considerar una menor base para un menor movimiento

de tierras por lo tanto se presenta el siguiente cuadro teniendo como resultados $B = 1.8\text{m}$ y $Y = 1.90\text{ m}$.

B (m)	2.5	2	1.8	1.6	1.5
Y (m)	1.34	1.70	1.90	2.22	2.42
R (m)	0.65	0.63	0.61	0.59	0.57
P (m)	5.18	5.40	5.65	6.05	6.33

Lugar: <input type="text" value="JEPELACIO-MOYOBAMBA"/>	Proyecto: <input type="text" value="C.H.GERA II"/>		
Tramo: <input type="text" value="Canal Aduc. tipo III"/>	Revestimiento: <input type="text" value="CONCRETO"/>		
Datos:			
Caudal (Q): <input type="text" value="5.27"/>	<input type="text" value="m3/s"/>		
Ancho de solera (b): <input type="text" value="1.8"/>	<input type="text" value="m"/>		
Talud (Z): <input type="text" value="0"/>			
Rugosidad (n): <input type="text" value="0.015"/>			
Pendiente (S): <input type="text" value="0.001"/>	<input type="text" value="m/m"/>		
Resultados:			
Tirante normal (y): <input type="text" value="1.9241"/>	<input type="text" value="m"/>	Perímetro (p): <input type="text" value="5.6483"/>	<input type="text" value="m"/>
Área hidráulica (A): <input type="text" value="3.4634"/>	<input type="text" value="m2"/>	Radio hidráulico (R): <input type="text" value="0.6132"/>	<input type="text" value="m"/>
Espejo de agua (T): <input type="text" value="1.8000"/>	<input type="text" value="m"/>	Velocidad (v): <input type="text" value="1.5216"/>	<input type="text" value="m/s"/>
Número de Froude (F): <input type="text" value="0.3502"/>		Energía específica (E): <input type="text" value="2.0421"/>	<input type="text" value="m-Kg/Kg"/>
Tipo de flujo: <input type="text" value="Subcrítico"/>			

- **Velocidades Permisibles**

La velocidad promedio del flujo del agua en los 3 tipos de canal será de 1.53 m/s, valor que se encuentra dentro de los límites permisibles referenciales de 0.70 m/s para evitar sedimentación en el fondo del canal, y 2 m/s para evitar problemas de erosión o flujo supercrítico, para el caso de concreto.

- **Efectos de Sobre elevación en Curvas**

El cambio del alineamiento en el trazo de un canal provoca una sobre elevación del tirante, en la parte externa de la superficie del agua, por efecto de las fuerzas centrífugas. Asumiendo que la velocidad a través

de la sección transversal es uniforme, podemos decir que esta sobre elevación (y) es:

$$y = \frac{V^2 \cdot B}{g \cdot R} * 100 \quad \text{Donde :}$$

y : sobre elevación (cm)

B : base del canal = 2.00 m

R : radio de curvatura al eje

g : gravedad = 9.81 m/s²

Considerando un radio de curvatura mínimo de 8.5 m, el cual nos permite ajustarnos a la topografía del terreno, tenemos una sobre elevación de casi 5.5 cm.

- **Borde Libre**

Es una altura adicional al tirante para evitar desbordamientos por los incrementos imprevistos, en canales revestidos el borde libre es considerado la quinta parte del tirante ($Y_{\text{tipo I, II}} / 5 = 0.34$, $Y_{\text{tipo III}} / 5 = 0.38$), pero para nuestro caso consideraremos 0.30 para los 3 tipos de canales, por motivo de economía.

De los resultados conseguidos, sumando:

Canal Tipo I, II = tirante + borde libre = 1.7+0.30 = 2 m obtenemos el alto del canal.

Canal Tipo III = tirante + borde libre = 1.9+0.30 = 2.2 m obtenemos el alto del canal.

En ambos casos no se considera la altura por efecto de las curvas porque la mayoría de radios son mayores a 20 m, y su altura de sobre elevación sería de 2cm, altura que sería suficientemente controlada por el borde libre estimado.

b) Diseño Hidráulico del Túnel

El cálculo directo es engorroso y es más cómodo utilizar tablas.

En este caso de la sección tipo baúl llamamos :

r : radio de la bóveda (m)

d : tirante de agua (m)

b = 2r, ancho de la sección (m)

i : pendiente del túnel = 0.002

s : espacio de aire (m)

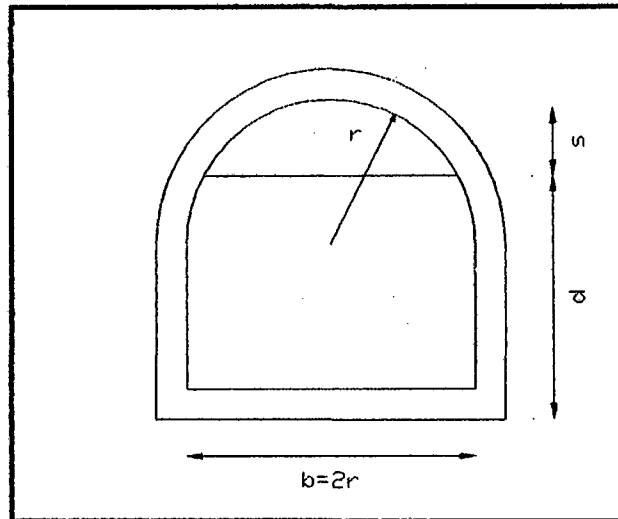


Figura N° 4 : Sección Tipo Baúl

Tratándose de un túnel que trabaja a gravedad, el tirante no debe pasar del 85 % de la altura total sin que el espacio de aire sea menor a 0.4 m .

- > Cálculo del coeficiente K_q :

$$Q = K_q \times i^{\frac{1}{2}}$$

donde: Q : caudal de diseño = 5.27 m³/s i = 0.002

reemplazando: $K_q = 117.84$

- > Cálculo del radio de la bóveda y el ancho de la sección :

Tomando una relación $d/r = 1.5$ para la cual, de acuerdo a la tabla del Anexo A.3.1 y n : coeficiente de rugosidad = 0.015 :

$$\frac{K_q \cdot n}{r^{\frac{8}{3}}} = 2.10$$

entonces: $r^{\frac{8}{3}} = \frac{117.84 \times 0.015}{2.10} = 0.84$

$$r = 0.937 \text{ m y } b \approx 1.90 \text{ m}$$

- > Cálculo del Tirante :

De la relación $d/r = 1.5 \therefore d = 1.40 \text{ m}$

Verificando el espacio de aire $S = 2r-d = 2 \times 0.937 - 1.40 \approx 0.50 > 0.40\text{m}$ ok!!!

3.3 CÁMARA DE CARGA

La Cámara de carga, se inicia en la progresiva 1+ 835,15; punto donde concluye el canal de aducción. Su ubicación se ha adecuado a la configuración topográfica del terreno disponible y se encuentra implantado sobre terrenos aluviales y/o coluviales con taludes de fuerte pendiente del orden de hasta 45°.

3.3.1 Consideraciones Generales

La cámara de carga es una estructura hidráulica construida al final del canal de conducción y donde se inicia la tubería de presión. Tiene las siguientes finalidades:

- Crea un volumen de reserva de agua que permite satisfacer las necesidades de las turbinas durante los aumentos bruscos de demanda.
- Eliminar los sedimentos que aún pudiera llevar el agua, impidiendo la entrada de los materiales sólidos de arrastre y flotantes a la tubería de presión.
- Impedir la turbulencia por fluctuaciones del nivel de agua, para ello se diseña una transición de entrada.
- Servir como disipador de los cambios de presión producidos por el golpe de ariete. Para ello se le da una mayor profundidad al final de cámara de carga.
- Regular la entrada del agua a la tubería, eliminando los excesos en las horas en las que el caudal de agua consumida por las turbinas es inferior al caudal de diseño.
- Mantener sobre la tubería una altura de agua suficiente para evitar la entrada de aire.

3.3.2 Partes de la Cámara de Carga

- Transición de Entrada : Estructura empleada para cambios de dirección o de forma de la sección transversal con el fin de disminuir las pérdidas de energía y eliminar las oscilaciones o turbulencias.
- Tanque de Regulación : La conexión de una turbina significa un aumento brusco de caudal para la central y una depresión en la superficie de agua

que se propaga en forma de onda negativa desde el tanque de presión a aguas arriba. Se procura, por lo tanto, darle al tanque de presión una superficie lo suficientemente grande para reducir la magnitud de la onda y para que tenga un volumen que pueda servir a la tubería de presión hasta que el flujo se adapte a las nuevas condiciones.

Además, este tanque servirá para que en él se coloque una canaleta colectora de sólidos y se depositen las partículas que aún pudiese llevar el agua.

- Aliviadero de Excedencias: Es un vertedero ubicado generalmente, en forma lateral a la cámara de carga, para devolver el agua hacia el río, sin poner en riesgo las estructuras de la central.
- Cámara de Presión: Es la estructura donde se inicia la tubería de presión, y para evitar la entrada de sólidos se coloca un vertedero sumergido a la entrada. Para que no ingresen cuerpos flotantes a la tubería se coloca una rejilla construida con barrotes metálicos.

Es recomendable que la embocadura, entrada a la tubería, tenga una forma abocinada llamado *cono de admisión*, puesto que en él se produce una contracción de la vena líquida, que ayudaría evitar turbulencias y en consecuencia mayores pérdidas de carga.

3.3.3 Aspectos Constructivos y de Funcionamiento Generales

- > El canal de aducción debe unirse al tanque a través de una transición gradual y el fondo del tanque debe tener pendiente hacia el umbral de la tubería.
- > Si se tiene la entrada del canal a la cámara de carga del tipo simétrico, ha de ser tan suave como sea posible a fin de que el agua se distribuya ó expanda por toda la solera, asegurando de esta manera la eficiencia de la limpia.
- > Como instalaciones de descarga se emplean vertederos laterales o si no hay espacio, válvulas automáticas, compuertas, etc., todos los cuales se sitúan junto a la descarga de fondo de la cámara de carga o encima de la misma. Este vertedor de excedencias debe ser capaz de desalojar el gasto máximo rechazado por la turbina (o turbinas) alimentadas.

Tienen generalmente forma de cimacio, se deben ubicar preferentemente antes del tramo de ingreso a la tubería, a un lado

de la estructura, dependiendo esto de las condiciones topográficas y geológicas del lugar, así como de la ubicación de una quebrada o río que asegure la recepción del agua excedente sin poner en peligro estructuras vecinas. La salida del agua tiene lugar junto con la descarga de fondo con sedimentos lavados, ambas se evacúan a través del canal de una rápida o caída, o en forma de balsas escalonadas, en cuyo extremo final, para las rápidas especialmente, se dispone de una estructura para anular la energía cinética del agua, llamados colchones de disipación de energía.

- Para que se reduzca al mínimo la interrupción del servicio por limpiezas, ha de darse forma adecuada a la solera (superficie de fondo) de la cámara de carga. La purga puede hacerse continuamente durante el funcionamiento de la central o con intermitencias al bajar el nivel de agua en la cámara hasta el límite permisible.
- La cámara de carga no ha de tener pendiente transversal porque el agua de limpia correrá entonces por la parte más baja y arrastrará los depósitos de sedimentos sólo por un lado, de suerte que la purga resultará casi ineficaz.
- La entrada de materiales en suspensión a la tubería se impide mediante la disposición de una rejilla. En las P.C.H's estas rejillas se disponen en forma de marcos con un peso adecuado al equipo de transporte y de montaje.

El espesor mínimo (dimensión mínima transversal al flujo) no debe ser menor de 9.5 mm para considerar efectos de corrosión, para este caso se toma un espesor de 12 mm y un espaciado entre rejillas de 50mm.

En el caso de P.C.H's es preferible limitar los valores de velocidades a: 1.0 a 1.3 m/s

- En las P.C.H's situadas al final de canales muy largos en las cuales hay que tener en cuenta posibles oscilaciones violentas de la carga, es conveniente disponer la cámara de carga como embalse de regulación para picos de carga, tal como se hizo en la C.H. Laramente, en Ayacucho .
- Cuando el canal es corto se fija la altura de paredes de manera que no rebase su cresta la ola de la onda traslacional.

3.3.4 Diseño Hidráulico

- **Cálculo de la Embocadura en la Cámara de Carga**

Para impedir la contracción de la vena líquida de agua, hay que dar una embocadura al ingreso de la tubería, en forma abocinada, aumentando en su origen en un 20% a 100%, cuidando que la velocidad de entrada no exceda de 1.5 m/s, ya que el abocinamiento puede elevarlo en 0.97, por lo que la sección deber ser:

$$S = \frac{Q}{0.97 \times 1.50}$$

Además:

$$S = \pi \cdot \frac{D_e^2}{4}$$

Donde : S : Sección de la embocadura

D_e: Diámetro de embocadura

Q : Caudal (5.27 m³/s)

reemplazando: **D_e = 2.15 ≈ 2.5 m**

Verificando el porcentaje de aumento de diámetro con respecto al diámetro de la tubería de presión.

Sabemos que:

$$\% = \left(\frac{D_e}{D} - 1 \right) \times 100 \geq 20\%$$

Donde: D : Diámetro de la Tubería de Presión

reemplazando: $\left(\frac{2.5}{1.3} - 1 \right) \times 100 = 92\% > 20\%$ **Correcto !!!**

- **Volumen de la Cámara de Carga**

La siguiente fórmula nos da el volumen necesario máximo que la cámara de carga debe tener por encima del nivel mínimo aceptable de agua:

$$V = \frac{0,693 \cdot A V_0^2}{S \cdot g}$$

Donde: A : Área mojada del canal de conducción = 3.4 m²

V₀ : Velocidad media del canal de conducción = 1.5 m/s

S : Pendiente de fondo del canal = 0.001

g : Aceleración de la gravedad

Reemplazando: **V = 540 m³**

Este volumen correspondería a un tiempo de:

$$540/5.27 = 102 \text{ segundos}$$

Con este valor de volumen de agua se buscará las medidas adecuadas para dimensionar la cámara de carga, así como para que tenga una superficie tal que permita emplazarse sobre un terreno estable y evitar excesivos movimientos de tierras, siendo las siguientes medidas:

Tanque de regulación: longitud = 31.7 m, ancho = 4.0 m, altura neta = 4.0 m

Cámara de presión: longitud = 3.0 m, ancho = 3.0 m

- **Transición de Entrada**

De acuerdo al Bureau of Reclamation la longitud mínima de transición necesaria para empalmar el canal de conducción con la cámara de carga viene dado por la relación:

$$L = \frac{(A - B)}{2 * \text{Tg}12.5^\circ}$$

Donde: A: Ancho de la cámara de carga = 4.00 m

B: Ancho del canal = 2.00 m

Obtenemos: L = 4.5 m. En el diseño para tener un cambio de sección en forma gradual y minimizar las pérdidas se considero una longitud de **8.00 m**.

- **Aliviadero de Excedencias**

La fórmula general de los vertederos es la siguiente:

$$Q = \frac{2}{3} K.u \sqrt{2.g.L.h^{3/2}}$$

Donde:

Q : Caudal en el canal (5.27 m³/s).

K : Coeficiente para vertedero lateral (0.95)

u : Coeficiente de gasto, depende de la forma y altura del vertedero (0.72)

L : Ancho del vertedero (m)

h : Carga de agua sobre la cresta (m).

Para una longitud L adecuada de 30 m tenemos que: $h \approx 0.20$ m.

- **Altura de Carga Mínima sobre la Tubería**

La idea consiste en establecer que altura bajo el nivel del agua debe quedar en la parte superior de la tubería considerando el aspecto económico y evitando la zona en que se producen los remolinos para lograr una buena eficiencia hidráulica.

La altura mínima de agua sobre la tubería de presión viene dado por la relación:

$$H_{min} = 0.724VD^{\frac{1}{2}} \quad \text{para salida lateral del flujo}$$

Y la altura máxima viene dado por la siguiente fórmula práctica:

$$H_{máx} = 10 \frac{V^2}{2g}$$

Donde: D : Diámetro de la tubería de presión

V : Velocidad en la tubería: 3.97 m/s

reemplazando : $H_{min} = 3.27$ m y $H_{máx} = 8$ m

Tenemos que la altura puede variar entre : 3.27 a 8 m

En el diseño se ha considerado una altura de carga de 3.70m.

3.4 TUBERÍA DE PRESIÓN

3.4.1 Generalidades

La tubería de presión es aquel conducto cerrado que transporta el agua a tubo lleno y a alta presión. Es mediante el cual se conduce el agua desde la cámara de carga hasta la casa de máquinas donde se encuentran las turbinas, haciéndolas funcionar.

Esta tubería representa uno de los costos grandes dentro del presupuesto para una pequeña central. Es por ello necesario optimizar el diseño así como la selección del material de ella para reducir los costos de mantenimiento como el de inversión inicial.

Es además conveniente que la longitud de la tubería no sea tan larga por lo que se busca una pendiente pronunciada adecuándose a la altura requerida por la turbina.

- Por lo dicho, la tubería estará ubicada en una ladera de fuerte pendiente (36°), será de fabricada en acero, tendrá una longitud de 66.23 m, un diámetro de 1,30 m. y un espesor de plancha de 9,5 mm (3/8"). Contará con sus respectivos accesorios (juntas de dilatación, codos, apoyos deslizantes y anclajes).

3.4.2 Datos Básicos para la Selección y el Diseño

Disponer del perfil de la caída, donde indique:

- Salto bruto = 43,25 m
- Salto Neto = 42,40 m
- Caudal de Diseño = 5,27 m³/s
- Longitud de la Tubería =

– Primer Tramo: Cámara de Carga / Anclaje # 1 - Anclaje # 2

Cota eje de inicio tubería: 846,26 msnm

Diámetro interior: 1 300 mm

Longitud de tubería: 23,09 m

– Segundo Tramo: Anclaje # 2 - Anclaje # 3

Cota eje de tubería: 833,00 msnm

Diámetro interior: 1 300 mm

Longitud de tubería: 34,98 m

– Tercer Tramo: Anclaje # 3 – Casa de Máquinas (Válvula mariposa)

Cota eje de tubería: 809,60 msnm

Diámetro interior: 1 300 / 1200 mm

Longitud de tubería: 8,16 m

3.4.3 Golpe de Ariete

Se conoce con el nombre genérico de golpe de ariete a la serie de perturbaciones (aumento o disminución) en la presión en un conducto a tubo lleno cuando en ésta cambia bruscamente la velocidad del líquido que circula por ella. Es un caso de movimiento no estacionario en el cual las fuerzas de inercia son las causas de la variación de la presión.

El golpe de ariete se produce principalmente cuando se cierran o abren las válvulas que regulan la entrada de agua a las turbinas. En el instante en que la llave se cierra, el agua que se encuentra junto a ella se detiene y la energía cinética se transforma en presión.

Entonces se corta el paso del líquido y como resultado este se comprime y las paredes del tubo se expanden, generándose una oscilación del líquido. En esta forma, el aumento de presión se propaga hacia el reservorio (a través de una onda de compresión) hasta una superficie libre donde el proceso se detiene. Luego la tubería recobra su estado inicial, se contrae, y al agua se dilata (a través de una onda de descompresión) permitiendo, así, sucesivamente la oscilación.

En realidad el proceso se repite pero cada vez con menor intensidad, ya que por falta de una total elasticidad de las paredes y de fricción en el líquido, parte de la energía se disipa en calor, y el proceso se va amortiguando hasta desaparecer.

Para el estudio de este fenómeno se han desarrollado dos teorías diferentes:

- **Teoría de la Columna Corta**

Se consideran válidas las siguientes hipótesis:

- Las paredes del tubo son rígidas y el líquido dentro de él es incompresible.
- Se desprecian las pérdidas de carga y la carga de velocidad, en comparación con los cambios de presión.
- En cualquier instante, la tubería permanece totalmente llena de líquido sin presentarse separación, y la presión mínima dentro del tubo es siempre mayor que la presión de vaporización. La separación de la columna de líquido se refiere a la situación en una tubería en que se alcanza la presión de vaporización y se forma una cavidad llena de vapor, crece y colapsa en el interior de la tubería.
- La distribución de velocidades en cualquier sección del conducto es uniforme, lo es también la presión y corresponde a la del centro de gravedad de la sección.

- El tramo de tubería en que se aplica la teoría posee un diámetro constante.
- El nivel del embalse alimentador permanece constante durante el tiempo que dura el fenómeno.
- Los cambios de presión y velocidad se presentan en forma instantánea con la misma intensidad en todo el conducto.

Usando la siguiente nomenclatura:

L, D : Longitud, diámetro de la tubería (m).

t : Tiempo de cierre de la válvula (seg).

H : Carga estática de presión en la válvula (m)

V : Velocidad dentro de la tubería en flujo establecido (m/s).

g : Aceleración de la gravedad, m/s²

Tenemos que según **Vallentine**, la teoría es válida para aquellos problemas con “**maniobras lentas**” de la válvula en tuberías cortas en que $L < 500 D$, o bien, donde $t > L/73$ y para valores $H/V < 50$. Si no se satisfacen las condiciones anteriores, es preferible la teoría de la columna elástica.

Para tuberías que satisfacen las condiciones anteriores, el incremento máximo de carga en el instante “ t ”, para una maniobra de cierre o apertura total o parcial es:

$$\frac{H_s}{H} = \frac{1}{2} \left(\frac{L V}{g t H} \right)^2 \pm \sqrt{\frac{1}{4} \left(\frac{L V}{g t H} \right)^4 + \left(\frac{L V}{g t H} \right)^2}$$

Siendo: H_s = Incremento o decremento máximo de carga, máxima sobre presión (m).

Donde se usa el signo positivo para cierre y el signo negativo para apertura.

Pero, según la expresión simplificada de **Jouguet** tenemos:

$$H_s = \frac{L V}{g t}$$

- **Teoría de la Columna Elástica**

Se consideran válidas las mismas hipótesis de la teoría de la columna rígida, con excepción de las tres primeras y de las dos últimas.

Se añade además:

- > El líquido es compresible y el conducto se deforma por efecto de la onda de presión, la cual adquiere una celeridad "a" dentro del mismo.
- > Para la inclusión de las pérdidas de carga, se considera que el flujo es turbulento.

Por lo tanto, se considera que tanto el líquido como las paredes del conducto son susceptibles de deformación. Esta teoría se acerca más al comportamiento real del fenómeno y ha sido comprobada en el laboratorio. Los disturbios originados se propagan dentro del tubo en la forma de ondas elásticas, cuya celeridad depende de las características elásticas del agua y del tubo.

La solución de la sobrepresión, producto del golpe de ariete, viene de resolver una serie de ecuaciones diferenciales, y esta solución analítica es exacta cuando se desprecia la pérdida por fricción.

El intervalo de tiempo T_c (tiempo crítico) en segundos, necesario para que la onda de presión efectúe un viaje de ida y vuelta de la válvula al recipiente o viceversa, se conoce como "fase", "intervalo de tiempo" o "período" y es igual a $2L/a$.

De esta manera para un cierre instantáneo la sobrepresión junto a la válvula permanece constante por este tiempo ($2L/a$) antes de ser afectada por la onda de descompresión. Físicamente es imposible cerrar instantáneamente una válvula y en realidad se necesita un tiempo de cierre "t" para hacerlo. Pueden, por lo tanto, producirse dos casos:

Primer Caso: $t < 2L/a$. Este Tipo de maniobra se llama "rápida" y se puede presentar en la práctica solo en algunos problemas de golpe de ariete. Es equivalente en lo que a la intensidad de la presión se refiere a que si el cierre fuera instantáneo. El valor de la sobrepresión se puede tomar igual a:

$$H_s = a \frac{V}{g}$$

Siendo: a = Velocidad de propagación, o celeridad, de la onda de sobrepresión, dada por la relación:

$$a = \frac{1420}{\sqrt{1 + \frac{k}{E} x \frac{D}{e}}}$$

Segundo Caso: $t > 2L/a$. Este tipo de maniobra se llama "lenta". Las ondas de presión se amortiguan cuando la onda alcanza a llegar desde el reservorio hasta la válvula antes de que se complete el cierre y adquiera su máximo valor.

Existen muchos procedimientos y fórmulas apropiadas y como una de las más fáciles se recomienda la de Michaud:

$$H_s = \frac{2LV}{g \times t}$$

Para realizar el **cálculo de la sobre presión** lo haremos usando la teoría de la columna elástica para el caso en que la maniobra es lenta, es decir, $t > 2L/a$. Luego esta relación será verificada.

a. Cálculo de la Sobrepresión

Para verificar que la sobre presión que se produciría no sea mayor que el 50% aplicaremos la relación de Michaud:

Donde:

- H_s : Máxima Sobre presión, en metros.
- L : Longitud de la tubería: 66.23 m
- V : Velocidad del agua en la tubería: 3.97 m/s,
- t : Tiempo de cierre mínimo = 3 s.
- g : 9.8 m/s²

reemplazando :

$$H_s = \frac{2 \times 66.23 \times 3.97}{9.81 \times 3} = 17.86m$$

Lo cual representa una sobre presión del 41% respecto a la altura bruta, siendo este menor que el 50% considerando para el calculo del espesor de la tubería.

**b. Cálculo de la Máxima Presión que Soportará la Tubería de Presión
Proyectada:**

Para determinar la máxima presión, aplicaremos la siguiente relación:

$$H_{max} = \frac{20x(e - 0.002)x\sigma}{K.D}$$

Donde:

e : Espesor de la tubería = 0.00953 m (3/8")

D : Diámetro interior de la tubería 1.30 m

σ : Esfuerzo de trabajo del acero a la tracción = 1200 x 0.8 =
960 kg/cm²

K : Factor de sobrepresión: 1.5

reemplazando: **Hmax = 74.2 m**

c. Cálculo del Tiempo Crítico

Verificaremos que el tiempo de cierre mínimo considerado sea mayor que el tiempo crítico:

$$T_c = \frac{2L}{a}$$

Donde:

L : Longitud de tubería de presión: 66.23 m

a : Velocidad de propagación de la onda de sobre presión, dada por la relación:

$$a = \frac{1420}{\sqrt{1 + \frac{k}{E} x \frac{D}{e}}}$$

Donde:

k : Módulo de elasticidad del agua : 21000 kg/cm²

E : Módulo de elasticidad del acero: 2.1x 10⁶ kg/cm²

D : Diámetro de la tubería: 1.3 m

e : Espesor de la tubería: 0.00953 m

reemplazando: **a = 924 m/s,**

entonces el tiempo crítico será: **$T_c = \frac{2L}{a} = 0.143$ s**

Como se observa, **$T_c = 0.143$ s << t = 3 s** **Correcto!!!!**

Esto nos indica que es una maniobra lenta, la cual es recomendable porque causa una sobrepresión real.

3.4.4 Diámetro y Espesor de la Tubería

a) Diámetro de la Tubería

El diámetro debe ser determinado a base de un estudio económico que depende de dos valores: velocidad y pérdida de carga.

El diámetro de máxima conveniencia de una conducción forzada es el que hace mínima la suma de la anualidad que comprende el interés del capital necesario a la adquisición de la tubería y a su amortización, y el valor de la energía equivalente a las pérdidas de carga que se producen en la tubería.

A veces una evaluación analítica muy refinada no es justificable, pues muchos de los datos considerados son inciertos, ya que dependen de la existencia en el mercado de determinados tamaños y espesores de tubería. Además los precios fluctúan con frecuencia.

Por este motivo se han desarrollado algunas fórmulas que son útiles para diseño. Según **Mannesman** recomienda, para alturas de caída menores a 100 m, aplicar la siguiente relación:

$$D = \sqrt[3]{0.052 * Q^3}$$

Donde:

Q: caudal de diseño = 5.27 m³/s D: Diámetro de la tubería(m)

reemplazando: **D = 1.30 m**

b) Espesor de la Tubería

Para el cálculo del **espesor (e)** aplicaremos la relación:

$$e = \frac{K \times Hb \times D}{20 \sigma} + 0.0020 \text{ m.}$$

Donde:

Hb: Altura bruta = 43.25 m

D : Diámetro interior de la tubería 1.3 m

K : Factor de sobrepresión por golpe de ariete: 1.5

σ : Esfuerzo de trabajo del acero a la tracción $1200 \times 0.8 = 960$ kg/cm².

Reemplazando convenientemente: $e = 0.0064$ m, adicionalmente se considera un espesor adicional por probables efectos de corrosión de 0.002 m teniendo como resultado un espesor de 0.00835 m por lo tanto se escoge el diámetro comercial más cercano 3/8".

$$e = 3/8''$$

3.4.5 Cálculo de las Pérdidas de Carga en la Tubería

Notación:

K : Coeficiente de pérdida de carga

V_r : Velocidad del agua en la rejilla = 0.33 m/s

V_t : Velocidad del agua en la tubería = 3.97 m/s

t, b, α : Espesor (mm), espaciado (mm) y ángulo de la rejilla (°) respectivamente.

g : Aceleración de la gravedad (9,81 m/s²)

L : Longitud de la tubería (m)

- **En la Rejilla de la Cámara de Carga**

Referencia: "Curso Minicentrales Hidroeléctricas"

$$h_r = K \left(\frac{t}{b} \right)^{4/3} \text{Sen} \alpha \frac{V_r^2}{2g}$$

$$h_r = 2.42 \times \left(\frac{12}{50} \right)^{4/3} \times \text{Sen}(73^\circ) \times \frac{0.33^2}{2 \times 9.81} = 0.002 \text{ m}$$

$$h_r = 0.001 \text{ m}$$

- **En la Entrada a la Tubería de Presión: (h_e)**

Referencia : "Pequeñas Centrales Hidroeléctricas"

Para entradas abocinadas:

$$h_e = K \frac{V_t^2}{2g}$$

$$h_e = 0.04 \frac{3.97^2}{19.6} = 0.032$$

$$h_e = 0.032 \text{ m}$$

- **Por Rozamiento: (h_f)**

Calcularemos la pérdida de energía por fricción aplicando el coeficiente de pérdida de carga de Darcy (f), el cual está en función del diámetro (D) y altura de rugosidad (ϵ) en las paredes de la tubería, de la velocidad del flujo (V_t) y de la viscosidad del agua (μ), para valores de:

$$D = 1.3 \text{ m}$$

$$V_t = 3.97 \text{ m/s}$$

$$\epsilon = 6 \times 10^{-3} \text{ cm}$$

$$\mu = 1.0 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

el número de Reynolds es: $Re = \frac{V_t D}{\nu}$

$$Re = \frac{3.97 \times 1.3}{1.0 \times 10^{-6}} = 5.16 \times 10^6$$

Rugosidad Relativa: $\frac{\epsilon}{D} = \frac{6 \times 10^{-3}}{130} \approx 0.00005$

Del diagrama de Moody, tenemos: $f \approx 0.012$, luego: $h_f = f \frac{L V^2}{D 2g}$

$$h_f = 0.012 \left(\frac{66.23}{1.30} \right) \left(\frac{3.97^2}{19.60} \right) = 0.490 \quad h_f = 0.490 \text{ m}$$

- **Por Cambio en la Dirección:** $h_c = K \frac{V_t^2}{2g}$

Referencia USBR :

Anclaje N°	Angulo (°)	R/d *	Coefficiente (k)	Pérdida (m)
2	6° 51'46"		0.01	0.008
3	41° 59'14"	3.07	0.075	0.060

$$H_c = 0.008 + 0.060 = 0.068 \text{ m}$$

- **En la Válvula de Ingreso**

Referencia: "Pequeñas Centrales Hidroeléctricas", aplicando la relación:

$$h_v = K \frac{V_t^2}{2g}$$

Donde: $K = 0.3$ (válvula mariposa)

$$V_t = 3.97 \text{ m/s}$$

reemplazando:

$$h_v = 0.25 \text{ m}$$

* R=radio de curvatura, d= diámetro de la tubería

Por lo tanto: Sumando todas las pérdidas de carga tenemos:

$$h_{\text{total}} \approx 0.85 \text{ m}$$

El salto bruto en el proyecto es 43.25 m; por lo tanto el salto neto (H_N) será igual:

$$H_N = 43.25 - 0.85$$

Entonces:

$$\underline{H_N = 42.40 \text{ m}}$$

3.4.6 Anclajes y Apoyos

La tubería de presión a cielo abierto en su perfil se adapta a las condiciones del terreno con la pendiente respectiva; en su trayecto para sostenerse se soporta en estructuras de concreto llamadas apoyos; en lugares donde se requiere variar la pendiente la tubería tiene su respectivo codo sujeto a un anclaje que se encarga de absorber los esfuerzos que se derivan por variación de pendiente.

a) Anclajes de la Tubería

Los anclajes son bloques de concreto que impiden el movimiento de la tubería. Pueden ser del tipo abierto cuando la tubería está descubierta y sujeta al bloque por medio de piezas especiales de acero, o del tipo macizo cuando el concreto cubre totalmente a la tubería y ésta está embebida dentro del bloque.

Para establecer las dimensiones de un bloque de anclaje deben calcularse primero todas las fuerzas que le son transmitidas por la tubería. Estas fuerzas por el lado de aguas arriba del anclaje son las siguientes*:

- Componente del peso propio de la tubería, normal al eje de la misma:

$$F_l = (G_t + G_w) \cdot \cos \alpha$$

Siendo: G_t = el peso de la tubería (t/m) G_w = el peso del agua (t/m)

α = el ángulo de la tubería con la horizontal(°).

Como longitud del tramo se toma la mitad de la distancia del apoyo inmediato superior hasta el centro del anclaje.

* "Diseño Hidráulico" Krochin

- Componente del peso propio de la tubería, paralela al eje de la misma, y que tiende a producir su deslizamiento hacia el anclaje. Como longitud se toma el tramo comprendido desde la junta de dilatación hasta el anclaje:

$$F_2 = Gt .sen a$$

- Rozamiento en los apoyos que actúa hacia el anclaje (+) produciendo un esfuerzo de compresión en la tubería cuando aumenta la temperatura y produciendo un esfuerzo de tracción (-) cuando disminuye la misma.

$$F_3 = \pm f(Gt + Gw).cos a$$

Donde: f (0.5) es el coeficiente de rozamiento entre la tubería y anclaje.

- Fuerza centrífuga producida por el cambio de dirección en el codo. La dirección de esta fuerza coincide con la de la bisectriz del ángulo formado por las normales a la tubería. Por facilidad del cálculo es conveniente reemplazar esta fuerza por dos iguales, coaxiales con la tubería y dirigidas hacia el anclaje, siendo esta:

$$F_4 = \frac{QV}{g} \quad Q: \text{Caudal} \quad V: \text{Velocidad}$$

- Una fuerza axial en la junta de dilatación dirigida hacia el anclaje y debida a la pequeña diferencia de sección:

$$F_5 = 0.25\pi(D_1^2 - D^2)H$$

D_1 : Diámetro de la junta de dilatación (igual al diámetro exterior de la tubería).

D : Diámetro interior de la tubería.

H : Carga de agua sobre la junta de dilatación.

- La presión del agua en dirección del eje, dirigida hacia el anclaje

$$F_6 = K (0.25\pi) D^2H$$

Siendo: K = factor (1.5) que incluye una posible sobre presión por golpe de ariete.

- La fuerza de arrastre del agua en dirección del movimiento de la misma.

$$F_7 = 0.25\pi D^2h$$

Siendo "h" la pérdida de carga por rozamiento hidráulico que se produce en el tramo considerado.

Además, se debe considerar las fuerzas análogas que se generan aguas abajo del anclaje.

Para el diseño del anclaje se calculan las fuerzas resultantes sobre el, tanto en sentido horizontal como vertical. Las dimensiones del bloque se deben establecer en función a estas dos fuerzas más el peso propio del bloque, el cual deberá cumplir las condiciones de estabilidad: Por deslizamiento, resultante dentro del tercio central, y que la presión transmitida al suelo debe ser menor que la capacidad portante de éste.

b) Apoyos

Estos son bloques de concreto que permiten que la tubería se deslice sobre ellos, cuando cambia de longitud debido a variaciones térmicas. Las fuerzas que actúan son las equivalentes a F_1 y F_3 .

La tubería apoyada en estos bloques trabaja como una viga continua estando sometida a esfuerzos de flexión. Generalmente la distancia entre apoyos varía entre 6 y 12 m.

Los detalles de los cálculos y resultados tanto para los anclajes y apoyos se muestran en el Anexo A.3.2 .

3.5 CASA DE MÁQUINAS

La casa de máquinas es una estructura civil que tiene la mayor parte del equipo electromecánico, donde se transforma la energía hidráulica del agua en energía mecánica y posteriormente en eléctrica. Su ubicación deberá realizarse en un sitio plano o ligeramente inclinado, por lo menos 1m por encima del nivel de la máxima crecida de la corriente de agua a la cual se piensa entregar el agua saliente de las turbinas.

3.5.1 Generalidades

Estará ubicada en la plataforma que se encuentra al lado derecho de la carretera Moyobamba-Tarapoto por el kilómetro 518 en dirección sur.

La casa de máquinas será una estructura de concreto armado, sobre la base de tres pórticos de 9.35 m de ancho, en una longitud total de

13.25 m; y, un ambiente de concreto armado, para la ubicación de la sala de baterías y servicios higiénicos.

La casa de máquinas contará con una sala de máquinas, sala de baterías, un área para el transformador de potencia y el transformador de servicios auxiliares. Se ubican también dentro de la casa de máquinas las celdas y tableros de control. La turbina descansa sobre una cimentación armada; al igual que el transformador de potencia. Las aguas turbinadas descienden por el tubo de aspiración y van hacia la poza de disipación de energía, donde se inicia el canal de descarga. La poza de disipación de energía sale en profundidad por el lado Este de la casa de máquinas, sin afectar sus cimentaciones.

3.5.2 Criterios de Diseño

Para el dimensionamiento y diseño de la casa de máquinas es necesario tener las siguientes consideraciones:

- Las dimensiones de la casa de máquinas deben ser mínimas por razones económicas, pero respetando las dimensiones de los equipos electromecánicos, así como para su instalación y operación normal de ellos.
- La casa de máquinas se adecuará a las características de la zona, es decir, para satisfacer condiciones tales como clima, disponibilidad de materiales de construcción, etc.
- Se ubicará en una zona tal que tenga facilidad de acceso.
- Su ubicación, también, debe ser tal que la elevación de la creciente máxima y el comportamiento del río con relación a su cause no afecte a la casa de máquinas, ni ahogue el canal de descarga.
- Para la fundación de la casa de máquinas es necesario considerar los esfuerzos admisibles del suelo.
- La fundación de los equipos tendrá que adecuarse con los datos del fabricante, y ser anclajes sólidos para evitar vibraciones o rupturas durante la operación.
- Considerar la necesidad de colocar un sistema de izaje para el montaje y mantenimiento de los equipos.
- Se debe considerar la habilitación de servicios sanitarios, así como de alumbrado exterior e interior.

- También se considerará aspectos arquitectónicos que respete las condiciones mínimas de estética.

3.5.3 Dimensionamiento

Se sobreentiende que el área debería ser tan grande que se podrán instalar los transformadores, eventuales bodegas y otros edificios marginales junto con la casa de máquinas propiamente dicha. La fórmula que se cita a continuación permitirá la estimación del área necesaria * :

$$A \approx 6.5xP^{0.43} \quad (m^2)$$

Donde: A = área neta de la casa de máquinas, sin áreas auxiliares

P = Potencia instalada (Kw)

Reemplazando: **A ≈ 170 m²**

Por lo tanto: La casa de máquinas tiene las siguientes dimensiones
18.525 m x 9,35 m = 173 m²

Donde las dimensiones para el ambiente que albergará el grupo hidroeléctrico. son: 13.30 m de longitud, 9.35 m de ancho y 5,00 m de altura desde el nivel de piso terminado a la base de las vigas de los pórticos, con área techada de 124.4 m², y para los servicios le corresponde un ambiente de 5.25 m por 4.8 m con un área techada de 25.20 m² . El área total de las casa de máquinas, es decir el área total perteneciente a las instalaciones de la central y delimitada por el cerco perimétrico es aproximadamente de 1290 m².

3.5.4 Equipamiento Electromecánico

Estará conformado por un grupo compacto Turbina-Generador, la turbina será del tipo Francis y el generador síncrono en 4,16 kV, la interconexión Eléctrica entre las CC.HH Gera I y Gera II se realizará por medio de un transformador elevador- 4,16/10 kV-2,2 MVA y una línea primaria de 1,7 km en 10 kV. Esta línea llega a las barras en 10 kV de la CH Gera I para entregar la energía al sistema eléctrico regional en 60 kV, estando previsto el reemplazo del transformador elevador existente 10/60 kV-7MVA por otro de 60/22,9/10 kV-10/3/10 MVA

* Sistema *DIPEO* para la Electrificación Rural

- **Características Principales del Equipamiento Electromecánico**

Las siguientes son las características principales del equipamiento electromecánico a instalarse en la C.H. Gera II:

- **Turbina**

- Número de Turbinas: 1
- Tipo: Francis-horizontal
- Caudal : 5,27 m³/s
- Caudal medio anual: 3,27 m³/s
- Altura bruta: 43.25 m
- Altura neta: 42,4 m
- velocidad Nominal: 720 rpm (sugerido)
- Potencia: 1950 kW (estimada)

- **Generador**

- Número de Generadores: 1
- Tipo: 3Ø –Síncrono-horizontal
- Potencia nominal: 2,2 MVA
- Factor de potencia: 0,9
- velocidad Nominal: 720 rpm (sugerido)
- Potencia: 1950 kW (estimada)
- frecuencia: 60 Hz
- Tensión Nominal: 4,16 kV ± 10 % (sugerida)
- Excitación: Brushless
- Clase de aislamiento: Rotor: F. Estator F.
- Aumento de temperatura: Rotor: B/F. Estator: B/F.
- Sistema de regulación de tensión
- Resistencia de conexión del neutro

- **Regulador de velocidad**

- Cantidad: 1

- Tipo: Digital con microprocesadores
- Válvula de Admisión:
 - Cantidad: 1
 - Tipo: Mariposa
- Sistema, protección , control y señalización y alarmas—C.H. Gera II
 - Tableros de Control de la C.H. Gera II; que estará conformado por el tablero sincronismo, alarmas.
 - Tablero de protección y alarmas
- S.E. Gera II:
 - Transformador de potencia 10/22,9 kV, 2,2 MVA Onan, Dyn5, regulación en vacío
 - Pararrayos tipo estación 12 kV, 10 kA, Ozn.
 - Celda Metal Clad para protección del generador-transformador, por un interruptor tipo extraíble, 12 kV, 95 kV-BIL, 400 A, o Transformador de corriente, 12 kV, 95 KV-BIL, 150/5/5 A, 15 VA-5P20, 15 VA-cl.0,5, equipos de medida y protección.
 - Celda de Servicios Auxiliares, equipada con: seccionadores-fusible tipo expulsión de 100 A, 110 kV-BIL, pararrayos tipo distribución de 12 kV, 10 kA en celda metal enclosed
 - Celda Metal Enclosed para salida de línea , que incluye, base portafusibles unipolar, seccionador 10 kV, fusibles en 10 kV, pinsa extractora de fusible, pararrayos 12 kV, etc.
 - Servicios Auxiliares, conformado por: transformador de servicios auxiliares 10/0.4-0.23kV 50kVA, banco de baterías y cargador - rectificador 110 Vdc 100A-hr, cables de media y baja tensión.
 - Sistema de Red de tierra profunda y superficial.
- Sistemas auxiliares complementarios, tales como alumbrado , circuitos de fuerza .

3.6 CANAL DE DESCARGA

Esta es una estructura que permite el flujo del agua desde la salida de la turbina hasta el río o cauce natural donde se pueda descargar sin ocasionar problemas de ninguna clase.

El diseño hidráulico de la estructura de descarga seguirá los pasos establecidos al diseño de canales. Es necesario considerar que no se provoque erosión en la salida disponiendo de un elemento amortiguador.

3.6.1 Generalidades

El canal de descarga se inicia aguas abajo de la poza de descarga de la casa de máquinas y evacua las aguas turbinadas hacia el río Mayo. Dicho canal se desarrolla con tres tipos ,en condiciones de carga diferentes: el primer tramo es un canal abierto en dirección transversal a la carretera marginal, el segundo es un conducto cubierto bajo terreno y sobre cargas de paso, el tercer tipo de canal es un conducto diseñado para soportar cargas mayores de terreno y el paso de vehículos pesados, que es el que cruza la carretera marginal en una distancia promedio de 20 m y se desarrolla en forma paralela a una alcantarilla existente, luego continua con el mismo canal tipo II y su recorrido es en medio de una de las la calles de la localidad de las Delicias de Gera para desembocar en el río Mayo. Las características del canal son:

Cuadro N° 23
Canal de Descarga

Canal Tipo	Progresivas	Base (m)	Altura (m)	Espesor (m)	Longitud (m)	Pendiente	Descripción
I	0+000 - 0+060	2,00	1,70	0,25	60,00	0,0018	Abierto
II	0+060 - 0+067.65 0+087.75-0+227.27	2,00	1,70	0,25	147.17	0,0018	Cubierto
III	0+067.65 -0+087.75	2,00	1,70	0,30	20,1	0,0018	Cubierto

3.6.2 Análisis Técnico – Económico de Alternativas

Para realizar un análisis técnico - económico de alternativas es necesario tomar datos de campo de los niveles de agua actuales y máximos del río en el punto de descarga de las aguas turbinadas, con el objetivo de estimar la ganancia de caída, lo que en potencia y energía significaría mayor rentabilidad para la central.

A falta de estos datos el autor propone el valor aproximado de la caída mínima que se debe ganar y la longitud adicional máxima de canal de descarga que demanda ésta ganancia, de modo que comience a ser económicamente viable al tener un margen positivo ($B-C > 0$) en un periodo de 15 años.

Por lo descrito, la caída mínima que se debe ganar es aproximadamente de 1 m y la longitud adicional de canal de descarga tiene como valor máximo un promedio de 221 m, dando un margen $(B-C) > 0$. Entonces cualquier alternativa debe buscar ganar una caída mayor a 1 m y tener en cuenta la longitud adicional máxima del canal de descarga para ser rentable, por este motivo se debe aprovechar que aguas abajo del río Mayo se observa un ensanchamiento del cauce y además la presencia de rápidas lo que significaría que hay posibles caídas para ser aprovechadas. ver análisis técnico- económico A.3.3 .

3.6.3 Diseño Hidráulico

El canal de descarga recibirá las aguas turbinadas en la casa de máquinas ($5,27 \text{ m}^3/\text{s}$) y las devolverá hacia el cauce del río Mayo.

Para determinar la cota de salida del canal de descarga se calculo la cota de nivel de aguas máximas del río Mayo (50 años) ver cuadro N°6, numeral 2.2.3 ., obteniendo una cota igual a 805.69 msnm.

De acuerdo a este resultado, la cota de rasante a la salida del canal se toma igual a 805.254 msnm , ya que se considera que el nivel del agua del río se eleve hasta alcanzar la cota de salida del canal de descarga (rasante) sin sobrepasar la cota de inicio del canal, ni el nivel de tirante de agua, por lo tanto no significaría un peligro importante sobre la estructura del canal de descarga un sobre el sistema de generación eléctrica de la central, por los siguientes motivos:

- En el punto de descarga (cota de rasante 805.254 msnm), el nivel de agua del canal en operación máxima (806.604 msnm), estaría por encima del nivel de aguas máximas estimado del río Mayo para 50 años de retorno.
- Proyección de protección contra la posible socavación de la margen derecha del río al pie del extremo del canal de descarga.

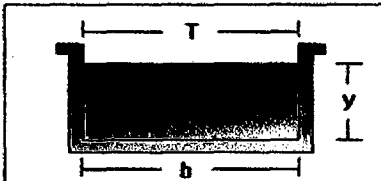
Y con la cota de salida de la poza de descarga de la casa de máquinas podemos establecer la pendiente del canal de descarga.

Las características hidráulicas de esta estructura de esta estructura son las siguientes:

➤ Canal Típico de Descarga

- Sección : Rectangular de concreto reforzado
- Caudal : 5,27 m³/s
- Base : 2,0 m
- Altura : 1,7 m
- Pendiente : 0,0018 m/m
- Coef. Rug. : 0,015
- Tirante : 1,35m
- Velocidad : 1,95 m/s
- N° Froude : 0,5372

A continuación se muestra la salida de datos del programa H-canales, utilizado para obtener los resultados mencionados .

Lugar: JEPELACIO-MOYOBAMBA	Proyecto: C.H. GERA II	Calculadora
Tramo: CANAL DE DESCAR	Revestimiento:	
Datos:		
Caudal (Q): 5,27 m ³ /s		
Ancho de soleta (b): 2 m		
Talud (Z): 0		
Rugosidad (n): 0,015		
Pendiente (S): 0,0018 m/m		
Resultados:		
Tirante normal (y): 1,3485 m	Perímetro (p): 4,6971 m	
Área hidráulica (A): 2,6971 m ²	Radio hidráulico (R): 0,5742 m	
Espejo de agua (T): 2,0000 m	Velocidad (v): 1,9540 m/s	
Número de Froude (F): 0,5372	Energía específica (E): 1,5431 m-Kg/Kg	
Tipo de flujo: Subcrítico		

3.7 OBRAS DE ARTE

Cuando se proyecta un canal hay que prever la necesidad de una serie de obras auxiliares que sirvan para protegerlo, para cruzar depresiones y para facilidad o seguridad de la gente, que vive en la cercanía.

Entre las primeras tenemos los aliviaderos, las cunetas y los pasos de aguas como canoas y alcantarillas.

Entre las segundas tenemos los acueductos y sifones.

Entre las terceras están los puentes peatonales y las cercas.

3.7.1 Generalidades

A lo largo del canal de aducción se han previsto varias obras complementarias, las cuales se describen a continuación:

- **Cunetas y Buzones**

Para la recolección de las aguas de lluvias en las laderas de los cerros de la margen derecha del canal de aducción se ha previsto la construcción de cunetas de sección trapezoidal de dimensiones de 0,30 m y 0,90 m en las bases y 0,30 m de alto. Será de concreto $f'c=140$ kg/cm², y previstas con juntas de igas negro cada 5 m. La evacuación de las aguas superficiales se hará por medio de buzones instalados en las progresivas, 0+250, 0+440, 0+680, 1+059, 1+314 y 1+709. Dichos buzones serán de concreto armado $f'c=175$ kg/cm² y de sección rectangular 0,85 m x1,00 m y 2,80 m de alto. Para permitir la evacuación de las aguas de lluvias se instalará tuberías de PVC para desagüe de 8" de diámetro.

- **Canoas**

Se ha identificado 03 canoas o cruces de cursos de agua las cuales serán construcción transversales al canal de aducción en las siguiente progresivas

- Canoa N° 01 : 0+443
- Canoa N° 02 : 0+681,70
- Canoa N° 03 : 0+757

Estos cruces se caracterizan por ser unas estructuras apoyadas sobre el canal de aducción y están conformadas por una losa de concreto armado $f'c = 175$ kg/cm² en forma de canal, de modo tal que permite el

paso de las aguas del curso de agua por encima del canal de aducción. Esta losa, además cuenta con otros elementos que permiten una operación de canalización de las aguas de la pequeña quebrada o curso de aguas, mediante obras de revestimiento de las áreas aguas arriba y aguas abajo con albañilería de piedra asentada con concreto $f'c = 175$ kg/cm². Entre otras obras adicionales se pueden considerar una transición aguas arriba de la "canao" que permite una correcta embocadura hacia la canoa y una sobre elevación de las paredes del canal mediante muros de albañilería que mejoran la capacidad, en caso de eventuales avenidas.

- **Alcantarilla Progresiva 0+916,6**

Constituida por una tubería del tipo alcantarilla TMC circular $\phi = 1,00$ m embebida en concreto armado con sus respectivas estructuras de entrada y salida, instalada debajo del canal de aducción, con una pendiente adecuada a las características topográficas del terreno y donde la cobertura sobre dicha alcantarilla está compuesta por un relleno compactado con material propio de la excavación, de modo de asegurar que el canal quede adecuadamente confinado con dicho relleno. Este tipo de estructura u obra de arte es aplicada, cuando la cota de rasante del canal de aducción se encuentra encima el curso de agua. Se debe disponer en estos casos la construcción de solados tanto a la entrada como a la salida de la tubería para evitar posibles deterioros del terreno, como consecuencia de las eventuales avenidas.

- **Puentes Peatonales**

Sobre el canal de aducción se emplazarán 5 puentes peatonales, que tienen como función la de servir como un medio para el cruce peatonal de los pobladores que viven en el área donde se desarrolla el canal. Además, es una estructura que se apoya sobre los muros del canal mediante una losa de concreto armado.

3.7.2 Diseño de Canoas y Alcantarillados

a) Consideraciones de Diseño

Se han identificado tres canoas o cruces de cursos de agua y una alcantarilla en el trayecto del trazo del canal de conducción, correspondientes a pequeñas quebradas por la cuales eventualmente se

deben producir descargas con arrastre de materiales, como consecuencia de las lluvias que ocurren en la localidad.

Se ha visto la necesidad de aprovechar de la mejor manera la ubicación de los cruces, tomando como referencia el fondo mismo de la quebrada, adecuada al radio de la curva, de modo tal que en planta, dicha obra de arte sea en lo posible simétrica y coincidente con el eje de la quebrada, para minimizar las pérdidas de energía y la erosión.

CAPÍTULO 4

4. VALOR REFERENCIAL Y EVALUACIÓN ECONÓMICA **DEL PROYECTO**

4.1 VALOR REFERENCIAL

El Valor Referencial o Presupuesto Base es el costo estimado aprobado por la Entidad para la adquisición o arrendamiento de bienes y para la contratación de servicios u obras, sobre la base de los precios del mercado.

La Entidad calculará el Valor Referencial incluyendo todos los tributos, seguros, transporte, inspecciones, pruebas y cualquier otro concepto que pueda incidir sobre el costo de los bienes, servicios o ejecución de obras a adquirir o contratar.

4.1.1 Generalidades

El costo de la construcción de toda obra de ingeniería es primordial para la ejecución del proyecto. Es mediante ello que se hace las evaluaciones tanto económicas como financieras.

El Valor Referencial o Presupuesto Base, que se detalla en la presente tesis, refleja el costo para la ejecución de las obras civiles, de la Central Hidroeléctrica Gera II. A la vez que también se da un costo estimado de las obras electromecánicas a efectuarse.

Para poder establecer la incidencia de cada estructura proyectada se presenta en el resumen del presupuesto base los costos de cada uno de ellos. Y en el desarrollo del valor referencial, presentado en el Anexo A.4.1, se muestra en forma más detallada los trabajos a realizar para cada estructura, así como la cantidad de cada uno de ellos.

Nos limitaremos a presentar el metrado respectivo de cada partida que interviene en cada trabajo, y el valor referencial, pero no así los análisis de precios unitarios por razones de considerarlo no tan importantes para efectos de la presente tesis.

4.1.2 Elementos del Presupuesto Base

Para la elaboración del Presupuesto es necesario contar con lo siguiente:

- **Metrados**

Definiremos el metrado como un proceso ordenado y sistemático del cálculo, cuya finalidad es determinar por partidas, la cantidad de obra a ejecutar en un determinado proyecto.

- **Análisis de Precios Unitarios**

Es el desgredado de los elementos que intervienen en la elaboración de una unidad de trabajo, indicando el tipo de unidad, la cantidad, y el precio de cada elemento que es necesario, para luego obtener el precio unitario de una unidad de trabajo.

- **Presupuesto Base**

Es el monto de dinero necesario que demanda la ejecución del proyecto (valor referencial).

- **Fórmula Polinómica**

La fórmula polinómica es la representación matemática de la estructura de costos de un presupuesto y esta constituida por la sumatoria de términos, denominados monomios, que consideran la participación o incidencia de los principales recursos (mano de obra, materiales, equipo, gastos generales) dentro del costo o presupuesto total de la obra. Ver Anexo A.4.2

Los criterios tomados para la conformación de los monomios de la fórmula polinómica son:

- El coeficiente de incidencia de cada monomio no debe ser inferior a 0,05 y que el número de monomios no deben ser superior de 8.
- Se ha agrupado elementos que tengan características semejantes.
- Los elementos de coeficientes de incidencias muy pequeños han sido agrupados a elementos con los que tiene relación más directa.
- Para el agrupamiento de elementos se han considerado sus variaciones de precios en el mercado, de tal manera de no agrupar directamente elementos que muestran tendencia a subir con elementos estables en su precio.

- El monomio referido a mano de obra y leyes sociales se encuentra agrupado con herramientas manuales por ser un porcentaje de ellas.

4.1.3 Resumen del Presupuesto Base

El valor referencial del proyecto C.H. Gera II 2 MW que incluye las obras civiles y electromecánicas se resume en el siguiente cuadro :

Cuadro N° 24
Resumen del Presupuesto Base de la C.H Gera II

ITEM	DESCRIPCIÓN	Un	Inversiones S/.
	OBRAS CIVILES		3,796,536.22
01.00.00	OBRAS PRELIMINARES	Glb	72,388.33
02.00.00	OBRAS DE TOMA	Glb	23,863.09
03.00.00	CANAL DE ADUCCION	Glb	1,987,015.54
04.00.00	TUNEL	Glb	225,439.93
05.00.00	CAMARA DE CARGA	Glb	295,394.46
06.00.00	CANAL DE DEMASIAS	Glb	223,754.73
07.00.00	TUBERIA DE PRESION	Glb	108,604.89
08.00.00	CASA DE MAQUINAS	Glb	359,707.19
09.00.00	CAMINO DE ACC. A LA CASA DE MAQUINAS GERA II	Glb	23,126.36
10.00.00	CANAL DE DESCARGA	Glb	362,551.43
11.00.00	CRUCE DE CARRETERA	Glb	20,190.27
12.00.00	INGENIERIA DE DETALLE		94,500.00
	OBRAS ELECTROMECHANICAS		4,189,363.56
13.00.00	SUMINISTRO DE EQUIPOS Y MATERIALES	Glb	3,928,437.56
14.00.00	MONTAJE ELECTROMECHANICO Y TRANSPORTE	Glb	223,354.51
15.00.00	L.P. GERA I - GERA II	Glb	37,571.49
	TOTAL COSTOS DIRECTOS		7,985,899.78
	GASTOS GENERALES		
	GASTOS GENERALES FIJOS	1.86%	148,537.74
	GASTOS GENERALES VARIABLES	4.75%	379,330.24
	UTILIDAD	8.00%	638,871.98
	TOTAL		9,152,639.74
	IMPUESTO I.G.V. (19%)	19%	1,739,001.55
	TOTAL GENERAL		10,891,641.29

4.2 EVALUACIÓN ECONÓMICA

4.2.1 Generalidades

El presente sub-capítulo tiene por objeto determinar la rentabilidad del proyecto para un período de análisis de 20 años, determinándose los indicadores económicos siguientes; Valor Actual Neto-VAN, Relación Beneficio/Costo-B/C, Tasa interna de Retorno-TIR y el Período de Repago, para una tasa de descuento del 12%.

Antes daremos una breve descripción de algunos ellos:

- **Valor Actual Neto (VAN)**

Es un indicador eficaz para medir el valor actualizado de un proyecto en su vida útil de operación. El VAN conocido también como valor presente neto (VPN), se define como la diferencia de la sumatoria de los beneficios y la sumatoria de los costos que son actualizados a una tasa de interés fija, menos la inversión en el momento cero. El VAN permite obtener los siguientes resultados, sí:

- **VAN > 0:**

Esto equivale a decir que los beneficios generados son superiores a los costos incurridos por el proyecto, es decir queda un saldo favorable para el inversionista, por lo tanto se acepta el estudio y la ejecución del proyecto.

- **VAN = 0:**

Significa que los beneficios del proyecto son iguales a los costos. Se recomienda examinar las variables del proyecto.

- **VAN < 0:**

En este caso los beneficios son inferiores a los costos del proyecto. Por lo tanto el proyecto no resulta rentable.

- **Razón Beneficio/Costo (B/C):**

Es un parámetro parecido al VAN en su expresión y medida del valor. Es el cociente que resulta de dividir la sumatoria de los beneficios entre la sumatoria de los costos del proyecto, actualizados a una tasa de

interés fijo. Después de obtener la razón B/C se puede decir lo siguiente, si:

- **B/C > 1:** Equivale a decir que el valor de los beneficios son superiores a los costos del proyecto.
- **B/C =1:** Equivale a decir que el valor de los beneficios son iguales a los costos del proyecto.
- **B/C <1:** Equivale a decir que el valor de los beneficios son inferiores a los costos del proyecto.

Este indicador no es totalmente confiable para la selección del proyecto, porque puede resultar ofreciendo valores iguales para estudios cuyo valor actual neto son sumamente distintos, pero no dice nada acerca de la totalidad de los beneficios producidos por el proyecto. Este es el motivo por el cual se hace indispensable el uso del VAN.

- **Tasa Interna de Retorno (TIR):**

Es un indicador de evaluación que mide el valor del proyecto frente al costo de oportunidad de inversión. Su cálculo consiste en encontrar un tipo de interés mediante el cual se consiga que el VAN sea igual a cero.

Si definimos a "r" como la tasa interna de retorno y a "i" como la rentabilidad mínima aceptable del capital bancario, la interpretación del proyecto a base del TIR es:

- **Proyecto con $r > i$:** Nos dice que el interés equivalente sobre el capital que el proyecto genera es superior al interés mínimo aceptable del capital bancario, en este caso el proyecto es aceptable.
- **Proyecto con $r = i$:** Nos dice que el interés equivalente sobre el capital que el proyecto genera es igual al interés mínimo aceptable, en este caso el proyecto es indiferente.
- **Proyecto con $r < i$:** Equivale a decir que el costo de oportunidad del capital es inferior al costo de capital bancario, lo cual indica que el rendimiento del proyecto es malo.

4.2.2 Premisas de Cálculo

Las premisas de cálculo para la evaluación económica, son las siguientes:

- > Período de análisis: 20 años
- > Las inversiones requeridas para la C.H. Gera II-2MW
- > El precio de venta de energía de la C.H. Gera I, regulada por el OSINERG-GART y actualizada a enero del 2004.
- > Costos de operación y mantenimiento de la C.H. Gera II y la línea en 10 kV de interconexión entre Gera I y Gera II.

4.2.3 Costos Considerados, Beneficios a Generar

a) Costos Considerados

- **Inversión Inicial**

Las inversiones para las obras civiles y electromecánicas en US\$, (S/. / US\$ = 3,48) que incluyen suministro, montaje, transporte, gastos generales y utilidades sin IGV, son las siguientes:

Cuadro N° 25
Inversiones Previstas

Descripción	Costos sin IGV US \$	Indicador US\$/KW sin IGV
Costo de obras electromecánicas	1 203840	616
Costo de obras civiles	1 090 959	558
Costos Indirectos	335270	172
TOTAL COSTOS DEL PROYECTO	2 630069	1 346

- **Costos de Operación y Mantenimiento**

- > Los Costos de Operación y Mantenimiento de la C.H Gera II (Obras Civiles y Electromecánicas) considerados se resumen en el siguiente cuadro:

Descripción	US\$
Costos de operación	10 000
- Mantenimiento servicios por terceros	5 000
- Asistencia técnica especializada	2 000
- Adquisición de repuestos	3 000
Costos de mantenimiento	10 200
- Pago de operadores	6 200
- Gastos en transporte	4 000
Total Operación y Mantenimiento	20 200

- Costos de Operación y Mantenimiento de la línea 10 kV –Gera I y Gera II: Este costo se asumirá en 3,5% de las Inversiones (Valor Nuevo de Reemplazo -VNR), conforme a lo reconocido por OSINERG-GART en la regulación del 2003.

- **Pérdidas**

Los costos de las pérdidas de potencia y energía se valorizarán para la línea 10 kV a las tarifas de venta de energía, las cuales se obtendrán del análisis de flujo de potencia y representan el 1,25 % de pérdidas de energía.

- **Valor Residual**

La vida útil de las instalaciones consideradas para las instalaciones electromecánicas se estimó en 30 años, mientras que para la infraestructura civil en 40 años tal y como lo prescribe el artículo 79 de la Ley de Concesiones, el valor residual será la depreciación anual en forma lineal al último año del período de análisis.

b) Beneficios a Generar

El beneficio que se cuantificará será la venta de energía valorizada a los precios en barra regulados por el OSINERG-GART, los mismos que se presentan en el cuadro siguiente:

Cuadro N° 26
Precios de Venta de Energía

Tarifa de compra de Energía en Barra	PPB S/kw-mes	PEBP cS/kw-h	PEBF cS/kw-h
CH. Gera	24,580	23,260	23,260

Donde:

PPB : Precio en barra de la Potencia de Punta

PEBP : Precio en barra de la Energía en horas de Punta

PEBF : Precio en barra de la Energía en horas fuera de Punta

4.2.4 Evaluación y Resultados de la Evaluación Económica

A continuación se presenta los resultados de la evaluación económica

Cuadro N° 27
Indicadores Económicos

Tasa de descuento	12%
Valor Acual Neto (VAN) Millones US\$	3,186
Tasa Interna de Retorno (TIR)	29%
Relación Beneficio Costo (B/C)	3,27
Tiempo de Repago (años)	4,88

Como se puede apreciar el proyecto es rentable y se recuperará en casi 5 años. La evaluación económica se presenta en forma detallada en el Anexo N° A.4.3 .

4.2.5 Análisis de Sensibilidad

Los elementos de incertidumbre siempre están presentes durante todo proyecto, de ahí que los resultados esperados a través de los métodos de cálculo sufran cambios porque están basados en datos proyectados hacia el futuro.

En virtud a este hecho, es indispensable analizar el grado de probabilidad de las hipótesis admitidas con respecto a la futura evolución de los parámetros más importantes y cuantificar las consecuencias económicas de una variación inesperada pero posible.

Para hacer un análisis de sensibilidad deben aumentarse o disminuirse en un determinado porcentaje todos los datos de entrada y compararlos con los correspondientes de salida; de esta forma se observará la variación de los datos de entrada que alteran en su mayoría los correspondientes de salida.

Para un proyecto de una PCH algunos de los parámetros más sensibles son los siguientes: energía suministrada, precio de venta, tasa de descuento, gastos de inversión, vida útil, costos de mantenimiento y de reparación, costos de personal y costos de administración

Se ha realizado el análisis de sensibilidad ante variaciones de las Inversiones y la tarifa de venta de energía, obteniéndose los siguientes resultados:

Cuadro N° 28
Análisis de Sensibilidad

Descripción Indicadores Económicos	Variaciones					
	Inversiones			Tarifa de Venta		
	-10%	0%	10%	-5%	0%	5%
Tasa de descuento (%)	12%	12%	12%	12%	12%	12%
Valor Actual Neto (VAN) - Mil US \$	3 462	3 186	2 936	2 903	3186	3 494
Tasa Interna de Retorno (TIR) %	33%	29%	27%	28%	29%	31%
Relación Beneficio Costo (B/C)	3,83	3,27	2,85	3,10	3,27	3,43
Tiempo de Repago (años)	4,27	4,88	5,51	5,21	4,88	4,57

Del siguiente cuadro se verifica, que ante variaciones en las Inversiones y la tarifa de venta de energía, el proyecto permanece siendo rentable.

4.2.6 Conclusiones de la Evaluación Económica

De la evaluación económica y del análisis de sensibilidad del proyecto se concluye que el proyecto es económicamente rentable y conveniente, con un tiempo de repago de casi 5 años, una TIR de 29%, una relación benéfico costo de 3,27 y una inversión inicial sin IGV de 2,63 Millones US \$.

CAPÍTULO 5

5. EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

Una de las consecuencias no deseadas del desarrollo económico ha sido la continua agresión al Medio Ambiente, que no ha sido tenido en cuenta a la hora de plantear nuevas actividades económicas, primando el rendimiento puramente económico a corto y medio plazo sobre la degradación del entorno.

La situación ha empezado a despertar una alarma generalizada en muchos sectores y lugares a nivel mundial, aunque, todo hay que decirlo, con muy diferentes y variadas situaciones y niveles de sensibilidad frente al tema.

Las respuestas han comenzado a llegar y empiezan a desarrollarse técnicas para evaluar las incidencias sobre el Medio Ambiente. Una de las que se empieza aplicar es la **Evaluación de Impacto Ambiental (E.I.A)**, cuyo uso se establece como obligatorio en la legislación.

En el artículo 13 del Reglamento de Protección Ambiental referida a las actividades eléctricas (D.S. N° 29-94-EM) establece que para la ejecución de un proyecto de esta naturaleza se deberá presentar ante la Dirección General de Electricidad del Ministerio de Energía y Minas un Estudio de Impacto Ambiental (E.I.A.) de conformidad con el artículo 25°.

Los Estudios de Impacto Ambiental (E.I.A) pretenden analizar y comprender la relación de incidencia entre un proyecto determinado y el entorno afectado y viceversa. Para ello, la evaluación del impacto ambiental exige comparar las situaciones del entorno del proyecto en cada una de las fases de la realización del mismo: actual, construcción, operación y mantenimiento e incluso la de abandono.

Los **objetivos** del presente capítulo son:

- Identificar, evaluar y cuantificar el impacto sobre el medio ambiente que pueda ser ocasionado por la construcción, operación y mantenimiento del sistema.
- Diseñar un Plan de Manejo Ambiental.

5.1 METODOLOGÍA

Es necesario diferenciar las etapas del proyecto: etapa actual, etapa de construcción, y etapa de operación. Los cuales nos ayudaran para la realización del estudio de evaluación de impacto ambiental que debe contener las siguientes fases:

a) Línea Base Ambiental

El objetivo de este apartado es caracterizar el entorno de la situación ambiental antes de la implementación del proyecto. Para ello se debe inventariar los elementos básicos del Medio Ambiente, concentrándose en:

- **Medio físico inerte:** clima, calidad del aire, geomorfología, hidrología superficial.
- **Medio biótico:** vegetación, fauna, ecosistemas.
- **Medio socio económico:** calidad de vida, opinión social, socioeconomía, patrimonio, aprovechamiento de recursos, paisaje, ruidos.

b) Identificación y Evaluación de Impactos

El objetivo es identificar y evaluar los impactos ambientales potenciales sobre los medios físico, biológico, socioeconómico y cultural, asociados a las actividades de construcción, operación y mantenimiento del proyecto.

c) Plan de Manejo Ambiental

Con estas medidas se buscará reducir los efectos producidos por los impactos negativos acarreados por la construcción del proyecto.

5.2 LÍNEA BASE AMBIENTAL

La línea Base Ambiental nos permitirá conocer las componentes ambientales (medios físicos, biológicos y sociales) y su interacción con la zona de influencia del proyecto, caracterizando así la situación ambiental local.

Por lo tanto, se establecerá una descripción resumida de las áreas “potencialmente afectadas” por la presencia del sistema de generación, basado en documentación existente y complementado por trabajos efectuados “In situ”, lo cual nos servirá como base de referencia para el desarrollo del presente estudio.

- **Medio Físico**

La zona de influencia del proyecto corresponde a la vertiente oriental de los Andes. Esta Cordillera Sub-Andina presenta una fisiografía regional, constituida por la cuenca del río Gera, afluente del río Mayo. Esta zona es una región montañosa cubierta de vegetación espesa, cuya expresión topográfica guarda relación con las formaciones rocosas que constituyen las estribaciones sub andinas con altitudes que alcanzan los 1 500 y 1 000 msnm. El proyecto se desarrolla entre 800 y 860 msnm. La población se encuentra establecida en áreas relativamente planas y levemente accidentadas.

Por encontrarse en zona de selva alta se tiene presencia de lluvias la mayor parte del año, y con cielo despejado se tienen temperaturas considerablemente altas de 30 a 36° C. La precipitación media anual de la zona es de 1 474,5 mm. No existe presencia de fuertes vientos y en ocasiones se produce nubosidad baja.

En cuanto al aspecto hidrológico, se captarán las aguas turbinadas de la CH Gera I cuyas aguas son captadas del río Gera.

En cuanto al aspecto geológico, en la zona afloran rocas sedimentarias y volcánicas que corresponden a la Formación Celendín del Cretáceo Superior y Volcánicas Llama del Grupo Calipuy del Terciario Inferior. Tenemos depósitos recientes en las terrazas y áreas planas del río Llantén y en su confluencia con la quebrada Lanchi, aguas abajo de la casa de máquinas proyectada. Estos depósitos están constituidos por suelo areno-limoso y gravo-areno-arcilloso, que engloban cantos rodados y bolonería rocosa subredondeada.

- **Medio Biológico**

Debido a las características del clima y a la calidad del suelo se observa bastante vegetación, principalmente pastos y plantas silvestres los cuales sirven de alimento a los animales del lugar.

En la vida silvestre se observa la presencia, culebras, aves, gallinetas y algunos roedores.

La agricultura es la actividad principal en estas zonas, destacando los cultivos de yuca, palta y frutas como naranjas, papayas y aguajes, todos estos principalmente para satisfacer el mercado interno

La ganadería se desarrolla en menor escala, desarrollándose la crianza de ganado vacuno así como la crianza de aves de corral.

- **Medio Socio Económico**

En las poblaciones de los pequeños sistemas eléctricos Moyobamba y Rioja, zonas de influencia del proyecto, se están desarrollando actividades con fines industriales y comerciales, como el caso de Cementos Selva. La mayor disponibilidad de generación hidroeléctrica en la región San Martín contribuirá a la expansión de las actividades productivas, creando más fuentes de empleo, para producir bienes con mayor valor agregado.

5.3 IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS

La identificación de los impactos ha sido desarrollada sobre la base de prácticas comúnmente aplicadas en la industria del petróleo, relacionadas con la implementación de la infraestructura requerida para la refinación de hidrocarburos líquidos.

La evaluación de impactos abarca tanto a los impactos positivos (beneficiosos) como a los negativos (adversos) y sus correspondientes grados de importancia. Un *impacto* se define como cualquier alteración de las condiciones de línea base del medio físico, biológico, socioeconómico, causada por cualquier forma de materia o energía resultante de las actividades de construcción, operación y mantenimiento. Esta alteración que puede ser directa o indirecta afecta a la salud, la seguridad y/o bienestar de la población, las actividades sociales y económicas, las condiciones estéticas y sanitarias del medio ambiente y la calidad de los recursos ambientales.

La metodología desarrollada para la evaluación de impactos ambientales y sociales, tiene como base principal el *Documento Técnico N° 398 (David Hanrahan, Kathleen Anderson, Wendy Ayres, 1998) del Banco Mundial*.

El modelo de evaluación de impactos ambientales utilizado, consiste en una serie de hojas que permiten la expresión numérica de cada impacto en términos de su ocurrencia, severidad y control. Esto permite asignarle un puntaje a cada impacto generado por cada actividad en cada fase del proyecto propuesto, para luego clasificarlos de acuerdo a su prioridad relativa y grado de importancia.

El alcance de esta evaluación de impactos se basa en la información disponible y en los estudios de campo realizados en el área de influencia directa del proyecto. Para llevar a cabo la **evaluación de impactos** se siguen los pasos descritos a continuación:

- Se establecen las actividades principales para cada una de las fases del proyecto.
- Se identifica los impactos potenciales (negativos y positivos) que se pudieran generar sobre cada uno de los factores ambientales y socioeconómicos, a consecuencia del desarrollo de las actividades del proyecto en sus diferentes fases Ver anexo A.5.1.
- Para cada impacto identificado se realiza un análisis cualitativo, en función de su relación causa – efecto, duración y condición.
- Con el sustento del análisis cualitativo para todos los impactos identificados, se realiza la evaluación cuantitativa correspondiente elaborando las matrices de evaluación de impactos, asignando puntajes en función de la ocurrencia, severidad y control de cada impacto. Esto permitió obtener un puntaje total y asignar un nivel de importancia o significado para cada impacto. Ver anexo A.5.2.

Es importante destacar que la consideración del criterio de control, se refiere a la viabilidad de controlar los impactos (en función a su posible prevención, a la necesidad de aplicación de medidas de mantenimiento y de monitoreo y a su potencial mitigación), y no a la aplicación de medidas para el efecto. En este contexto, con el modelo utilizado se establece que, si el impacto no es previsible y requiere de un intenso mantenimiento y monitoreo y no es mitigable, el parámetro de requerimiento de Medidas de Control tendrá un puntaje alto, que redundará en una calificación final negativa alta del impacto y su consecuente clasificación como un impacto negativo de extrema importancia o significado.

a) Actividades del Proyecto

Las actividades del proyecto, durante las fases de construcción y operación y mantenimiento, pueden ser resumidas de la siguiente manera:

Modificación del Régimen:

- Excavación del terreno
- Alteración de aguas e hidrología
- Alteración de drenajes
- Control de cauces de río y flujo
- Canalización
- Ruido y vibración

Transformación de Tierra y Construcción:

- Construcción de edificaciones industriales
- Caminos de acceso
- Líneas de transmisión
- Canales revestidos

Extracción de recursos

- Excavación de superficies

Procesos

- Generación de energía

Alteración de paisajes

- Control de erosión y terrazas
- Instalación de la central

Cambios en el transporte

- Transporte de personal
- Transporte de equipos

Disposición y Tratamiento de Desechos

- Disposición de excavación
- Disposición de desechos industriales
- Disposición de residuos sólidos domésticos
- Descarga de efluentes
- Uso de lubricantes

Accidentes

- Explosiones
- Caídas y golpes
- Inundaciones
- Fallas humanas

b) Clasificación de Impactos y Evaluación Cuantitativa

Los impactos que podrían resultar de la implementación de las actividades en las distintas fases del proyecto fueron evaluados para el medio físico, medio biológico, medio socioeconómico y cultural. Dentro de cada categoría, existen subcategorías que representan los diferentes factores ambientales, tales como, agua, suelos, aire, flora, uso del suelo, entre otros.

Los impactos han sido evaluados basándose en la información publicada y reconocimiento de campo. Los impactos potenciales del proyecto han sido evaluados en forma cualitativa, según los siguientes criterios:

➤ **Efecto:**

Beneficioso o Positivo: un impacto que implica un beneficio o mejora en las condiciones existentes de línea base ambiental.

Adverso o Negativo: un impacto que implica un daño o deterioro de las condiciones existentes de línea base ambiental.

➤ **Relación Causa-Efecto**

Directa: cuando el atributo ambiental o recurso afectado recibe el impacto de las actividades de construcción u operación del proyecto sin la participación de factores externos.

Indirecta: cuando el atributo ambiental o recurso afectado puede recibir el impacto de otra variable afectada y no directamente de alguna actividad de construcción u operación del proyecto.

➤ **Duración**

Permanente: impactos que tienen lugar durante las fases de construcción y operación del proyecto que podrían impedir la recuperación del atributo en el periodo de vida del proyecto.

Temporal: impactos que tienen lugar durante las fases de construcción y operación del proyecto y que son reversibles. Como tal, el atributo afectado puede recuperarse en estas fases.

➤ **Condición**

Reversible: cuando después de cierto periodo, el atributo afectado recupera en forma natural su condición inicial (después que la fuente del impacto haya sido retirada).

Irreversible: cuando después de cierto periodo, el atributo afectado no recupera en forma natural su condición inicial (después que la fuente del impacto haya sido retirada).

➤ **Mitigación**

Mitigable: cuando los efectos del impacto pueden ser minimizados, revertidos o anulados con la implementación de medidas de mitigación o corrección.

No Mitigable: cuando los efectos del impacto no pueden ser minimizados, revertidos o anulados con la implementación de medidas de mitigación o corrección.

➤ **Área de Impacto**

Extendida: cuando el impacto se produce en un área o sector extenso.

Localizada: cuando el impacto se produce en un área o sector limitado

Teniendo en cuenta las actividades descritos anteriormente se hace la evaluación cualitativa por fases del proyecto:

• **Fase de Construcción**

– Excavación del terreno

Los más importantes impactos en el medio ambiente durante los trabajos de excavaciones lo asimilará la calidad del aire es lo que se refiere a emisión de partículas y ruido, gases de combustión en menor escala.

Así mismo se producirá la pérdida de árboles para dar paso a la vía de acceso desde la CH Gera I, esto no es representativo sin embargo es de calidad media.

Durante esta actividad por otro lado también se afectará el hábitat de los animales terrestres. Este mismo efecto pero con menor magnitud se producirá con la vía acuática del río Gera.

Este efecto sobre la calidad del aire es temporal, localizado y sobre la base de una evaluación cualitativa, asociado a la construcción se considera como un impacto negativo, directo, permanente, localizado, reversible y no mitigable.

– Alteración de las aguas e hidrología

La construcción de la central hidroeléctrica requerirá la modificación de las aguas superficiales y la hidrología, esto afectará la calidad de las aguas superficiales porque se producirá un incremento de los sólidos en suspensión, y la modificación del hábitat de la fauna que vive en esta zona, peces y animales terrestres.

Sobre la base de una evaluación cualitativa, asociada a la construcción se considera como un impacto negativo, directo, temporal, localizado, reversible y mitigable.

– Control de cauces de río y flujo

Las actividades de excavación en la etapa de construcción obligará el control del cauce del río, esto afectará el normal uso de las aguas superficiales del río Gera durante el periodo de construcción, por lo tanto afectará la fauna terrestre u acuática del río que en este caso es de magnitud media.

Sobre la base de una evaluación cualitativa, asociado a la construcción se considera como un impacto negativo, directo, permanente, localizado, irreversible y no mitigable.

– Construcción de edificaciones industriales

La construcción de edificaciones industriales como la casa de máquinas, canal, obra de toma y otros, producirán impactos en los materiales de construcción que serán extraídos de zonas cercanas como Jerillo.

Por otro lado se presentará alteración del perfil de los suelos, esto implica la extracción de la cobertura vegetal. Es de esperarse que esta cobertura se restablezca después para establecer un equilibrio ecológico.

La generación de ruido, también será un impacto que se presente en esta etapa especialmente en el área de influencia directa del proyecto.

Otro efecto importante es el efecto negativo que se producirá con relación a la modificación del paisaje y su deterioro que se producirá durante ésta etapa considerando que la central se encuentra cerca de las Cataratas del Gera, un lugar turístico de la zona.

Sin embargo se prevé que efectos positivos se produzcan debido al uso de mano de obra. Esto incrementará temporalmente el empleo, especialmente en la zona de influencia ya que la mano de obra local será utilizada en magnitudes importantes con relación a las dimensiones económicas y poblacionales de las localidades aledañas. Esto otorga al proyecto un índice positivo de carácter medio y local.

Los efectos negativos que se han señalado sobre la base de una evaluación cualitativa, asociado a la construcción se consideran como un impacto negativo, directo, permanente; localizado, irreversible y no mitigable.

– Caminos de Acceso

Durante la etapa de construcción será necesario construir una vía de acceso entre la central hidroeléctrica Gera I que esta actualmente en funcionamiento y la Nueva

Central Hidroeléctrica Gera II. Esta vía de acceso con una longitud de 1,8 km tendrá impactos de baja magnitud sobre la flora. Sin embargo, los impactos sobre la fauna y la geografía del medio será necesario aplicar medidas de mitigación porque producirá impactos permanentes.

Sin embargo, también se producirá impactos positivos en cuanto a uso de mano de obra local y que permitirá mejorar las actividades económicas y sociales de la comunidad que relativamente son pequeñas.

Los efectos negativos que se han señalado sobre la base de una evaluación cualitativa, asociado a la construcción se consideran como un impacto negativo, directo, permanente, localizado, irreversible y no mitigable.

– Líneas de transmisión

Durante la etapa de construcción de la línea de interconexión entre la central hidroeléctrica Gera II y la central hidroeléctrica Gera I, el medio ambiental de la flora sufrirá impactos negativos debido al retiro de la superficie vegetal y el establecimiento de la vía de paso.

Se tendrá que realizar el talado de árboles, la calidad del paisaje se deteriorará debido a la altura de los postes.

Se provocará también el riesgo al personal como actividad de construcción. Sin embargo se debe notar un impacto favorable en cuanto al incremento del empleo por un periodo temporal (durante la construcción) pero que desaparecerá en cuanto la obra concluya. Este impacto favorable es importante para esta zona ya que los pueblos aledaños sentirán un impulso en la economía local.

Los efectos negativos que se han señalado sobre la base de una evaluación cualitativa, asociado a la construcción se consideran como un impacto negativo, directo, permanente, localizado, irreversible y no mitigable.

– Transporte de equipos

Durante la fase de construcción, se deberá realizar el transporte de equipos de generación de energía eléctrica entre mecánicos y eléctricos. Todos ellos serán transportados utilizando las vías de comunicación existentes. Por ello esta actividad provoca impactos negativos con respecto a la salud y la seguridad accidentes y sensibilidad de los puentes y vías de comunicación que generalmente no están preparadas para soportar estos pesos.

Los efectos negativos que se han señalado sobre la base de una evaluación cualitativa, asociado a la construcción se consideran como un impacto negativo, directo, temporal, localizado, irreversible y mitigable.

– Disposición de residuos sólidos domésticos

Durante la fase de construcción sin dudas la disposición de residuos sólidos domésticos será uno de las más importantes acciones de mitigación para evitar daños en la salud de las personas y el medio ambiente.

Los efectos negativos que se han señalado sobre la base de una evaluación cualitativa, se considera como un impacto negativo, directo, temporal, localizado, irreversible y mitigable.

• **Fase de Operación y Mantenimiento**

– Alteración de aguas e hidrología

La alteración de las aguas en el área de influencia directa del proyecto ocasionará impactos de mediana magnitud respecto al uso del recurso por parte de los pobladores. Los pobladores toman estas aguas para uso doméstico o de regadío menor.

También se puede observar que tendrá un efecto negativo sobre la fauna del medio, sin embargo éste establecerá un equilibrio similar al que se tiene actualmente por ello este impacto no es de gran magnitud, aunque no deja de ser importante.

Sobre la base de una evaluación cualitativa, durante la fase de operación y mantenimiento, se considera como un impacto negativo, directo, permanente, localizado, reversible y no mitigable.

– Alteración de drenajes

Como se sabe el agua será canalizada desde la CH Gera I hasta la CH Gera II, esto afectará los drenajes naturales en éste tramo.

Sobre la base de una evaluación cualitativa, durante la fase de operación y mantenimiento, se considera como un impacto negativo, directo, permanente, localizado, reversible y mitigable.

– Control de cauces de río y flujo

La operación de la central requiere que el caudal del río Gera deba ser controlado dependiendo de la época (avenida o estiaje). Por lo tanto se prevé que tendrá impactos sobre todo en la vida acuática de la zona.

Sin embargo, este impacto no es mayor al que se tiene actualmente ya que el curso del río tiene actualmente una barrera natural que es las Cataratas del Gera.

El río es propicio para el hábitat de peces como el bagre, quienes avanzan en dirección aguas arriba de las cuencas. Sin embargo, este fenómeno natural no se presenta en el área de influencia de la CH Gera I y en el caso de la CH Gera II, este fenómeno se transfiere al tramo aguas abajo de la cuenca.

Sobre la base de una evaluación cualitativa, durante la fase de operación y mantenimiento, se considera como un impacto negativo, directo, permanente, localizado, irreversible y no mitigable.

– Ruido y vibración

La operación de la central produce ruido y vibración. Sobre la base de una evaluación cualitativa, durante la fase de operación y mantenimiento, se considera como un impacto negativo, directo, permanente, localizado, irreversible y mitigable.

– Caminos de acceso

Los caminos de acceso son parte de la infraestructura que tendrá uso intensivo durante la etapa de operación de la central, por ello los impactos negativos que representan deberán ser mitigados y los valores que representan también deberán ser magnificados o en todo caso utilizados para recuperar la naturaleza del medio que está siendo afectada por la instalación de la CH Gera II.

Sobre la base de una evaluación cualitativa, durante la fase de operación y mantenimiento, se considera como un impacto negativo, directo, permanente, localizado, reversible y mitigable.

– Líneas de transmisión

La línea de transmisión que unirá las dos centrales hidroeléctricas y permitirá que la energía generada sea entregada en el sistema interconectado de San Martín, provocará impactos que afectarán principalmente a la vegetación natural, se prevé

que será necesaria la tala de algunos ejemplares de árboles y apertura de vías de acceso.

Esto obligará el mantenimiento de la vía de derecho de paso, y causará el deterioro del paisaje de la zona.

Sobre la base de una evaluación cualitativa, durante la fase de operación y mantenimiento, se considera como un impacto negativo, directo, permanente, localizado, irreversible y no mitigable.

– Canales revestidos

Los canales revertidos como el que se construirá con una longitud aproximada de 1,8 km, afectará los drenajes naturales en los terrenos aledaños. Sin embargo se debe conspirar que la zona cuenta con muchas quebradas que puede compensar este efecto por lo que será un impacto leve.

También se espera que los animales terrestres se vean afectados en los casos cuando éstos caigan en los canales sobre todo cuando las paredes tienen taludes pronunciados y su auto rescate sea dificultoso, generalmente en estos casos los animales que caen en los canales mueren.

Sobre la base de una evaluación cualitativa, durante la fase de operación y mantenimiento, se considera como un impacto negativo, directo, permanente, localizado, irreversible y no mitigable.

– Generación de energía

La generación de energía tiene un riesgo negativo en cuanto a la seguridad de los pobladores y operadores de empresa. Sin embargo, este será mitigado en tanto se apliquen las medidas de seguridad.

Por otro lado los beneficios de la generación de energía tienen efectos de gran magnitud ya que las redes de transmisión permitirán expandir sus beneficios en todo el ámbito del departamento de San Martín.

También de espera una repercusión importante en el mejoramiento del nivel de vida de los pobladores beneficiados con la energía eléctrica. La industria local podrá contar con energía confiable y económica, la educación y la salud verán en la energía una fuente que permitirá contar con mayor versatilidad, confiabilidad y expansión de sus servicios en beneficio de los pobladores.

Sobre la base de una evaluación cualitativa, durante la fase de operación y mantenimiento, se considera como un impacto positivo, directo, permanente, extensivo, reversible y aprovechable.

– Transporte de personal

El transporte de personal será una actividad diaria durante la etapa de operación y mantenimiento, por lo tanto es de esperarse que tenga efectos negativos con relación al medio ambiente, la cual puede ser mitigado con reglas de seguridad.

Se nota que tendrá un efecto positivo leve en la economía ya que ocupará medios de transporte que podrían ser contratados para esta labor.

Sobre la base de una evaluación cualitativa, durante la fase de operación y mantenimiento, se considera como un impacto leve positivo, directo, permanente, localizado, reversible y aprovechable.

– Uso de lubricantes

El uso de lubricantes en las centrales de hidroeléctricas durante el proceso de generación, es bastante limitado, sin embargo se tomarán medidas de mitigación en los casos que ocurran contaminación de suelos o aguas con elementos hidrocarburos.

Sobre la base de una evaluación cualitativa, durante la fase de operación y mantenimiento, se considera como un impacto negativo, directo, temporal, localizado, reversible y mitigable.

– Inundaciones

Los riesgos de inundaciones con motivo de fallas o colapso del sistema de canal de agua podrían poner en riesgo la seguridad de las personas y el suministro de energía eléctrica.

Sobre la base de la evaluación cualitativa, se considera como un impacto negativo, directo, temporal, localizado, reversible y mitigable.

– Fallas humanas

Las fallas humanas no solamente ponen en riesgo la integridad de los operadores, sino también la infraestructura y el suministro normal de energía eléctrica al sistema. Por ello se observa que impactos negativos se producirá por este motivo

Estas fallas pueden ser también motivo de accidentes como caídas, golpes o electrocución. Estos riesgos serán mitigados mediante reglas de seguridad.

Sobre la base de la evaluación cualitativa, se considera como un impacto negativo, directo, temporal, localizado, reversible y mitigable.

c) Evaluación Cuantitativa de Impactos

Para la evaluación cuantitativa de los impactos identificados, se asignaron puntajes a los impactos ocasionados por las actividades del proyecto en las diferentes fases.

Los rangos de puntaje utilizados se muestran en el siguiente cuadro. Estos permiten categorizar los impactos de acuerdo a su grado de significado o importancia.

Cuadro N°29

Rangos de Puntaje en la Evaluación Cuantitativa

Categoría de Importancia	Resultado del Impacto	
	Negativo	Positivo
Extrema	$\leq -15,0$	$\geq +15,0$
Alta	$\leq -5,0$	$\geq +5,0$
Media	$\leq -1,0$	$\geq +1,0$
Baja	$> -1,0$	$< +1,0$

Bajo los rangos de puntaje presentados, los factores ambientales considerados para la evaluación de impactos ambientales sobre el medio físico biológico y socio cultural:

- **Fase de Construcción**

Excavación del terreno

De acuerdo a la evaluación cuantitativa, que se muestra en la tabla, la importancia de este impacto en las siguientes actividades será:

Actividad	Importancia	
	Puntaje	Categoría de significación
Materiales de construcción	0,84	Baja
Alteración de la calidad de suelos	-0,71	Baja

Actividad	Importancia	
	Puntaje	Categoría de significación
Alteración del perfil del suelo	-0,97	Baja
Alteración de la calidad de aguas	0,17	Baja
Calidad (gases, partículas, ruido)	-1,80	Media
Árboles	-1,05	Media
Arbustos	-0,34	Baja
Aves	-0,17	Baja
Animales terrestres incluyendo reptiles	-2,07	Media
Peces	-1,32	Media
Salud y seguridad	-0,86	Baja
Empleo	1,33	Media
Relleno sanitario e industrial	-0,67	Baja

– Alteración de las aguas e hidrología

De acuerdo a la evaluación cuantitativa la importancia de este impacto en las siguientes actividades será:

Actividad	Importancia	
	Puntaje	Categoría de significación
Alteración de aguas superficiales y su uso	-4,11	Media
Peces	-1,10	Media

– Disposición de residuos sólidos domésticos

De acuerdo a la evaluación cuantitativa, que se muestra en la tabla, la importancia de este impacto en las siguientes actividades será:

Actividad	Importancia	
	Puntaje	Categoría de significación
Salud y seguridad	-1,47	Media

- **Fase de Operación y Mantenimiento**

- Alteración de aguas e hidrología

De acuerdo a la evaluación cuantitativa que se muestra en la tabla, el puntaje y la importancia de este impacto en las siguientes actividades serán:

Actividad	Importancia	
	Puntaje	Categoría de significación
Alteración de aguas superficiales y su uso	-1,89	Media
Aves	-0,54	Baja
Animales terrestres incluyendo reptiles	-0,54	Baja
Peces	-0,81	Baja

- Alteración de drenajes

De acuerdo a la evaluación cuantitativa, que se muestra en la tabla, la importancia de este impacto en las siguientes actividades será:

Actividad	Importancia	
	Puntaje	Categoría de significación
Alteración de aguas superficiales y su uso	-1,26	Media

- Generación de energía

De acuerdo a la evaluación cuantitativa, que se muestra en la tabla, la importancia de este impacto en las siguientes actividades será:

Actividad	Importancia	
	Puntaje	Categoría de significación
Calidad de vida	12,00	Alta
Salud y seguridad	-0,09	Baja
Empleo	0,08	Baja
Estructura eléctrica	7,20	Alta
Suministro de energía	8,00	Alta

La cuantificación y asignación de puntajes a los impactos para todas las actividades restantes de cada fase del proyecto y los correspondientes resultados incluidos en tablas de valoración cuantitativa, se presentan en el Anexo N° A.5.2 . Se concluye que la construcción de la C.H. Gera II, por la presencia de sus instalaciones y por el proceso de operación, **no produce impacto ambiental negativo importante sobre el medio ambiente local.**

5.4 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

El Plan de Manejo Ambiental presenta las acciones de mitigación y control que deberán adoptarse, en función de la identificación y evaluación de los impactos ambientales determinados y que, en mejor de los casos, pueden llegar hasta la eliminación de dichos impactos.

• Medidas de Mitigación

A continuación se presentan las medidas de mitigación, en sus etapas de construcción, operación y mantenimiento.

a) Fase de Construcción

i. Medio Físico

Impactos	Actividades	Medidas de Mitigación
Erosión de suelos durante la etapa de construcción	Preparación de plataforma de casa de máquinas. Instalación de postes	Monitorizar permanentemente las actividades que incluyan apertura de zanjas e instalación de fundaciones o cortes de terreno.
Distorsión en el flujo por la generación de sedimentos motivados por las actividades de construcción	Excavación de bases, movimiento de tierras. Construcción de vías de acceso	Preparar muros de contención para evitar que los desmontes se deriven al lecho del río.
Emisión de partículas y ruido, gases de combustión en menor escala.	Excavación de bases, movimiento de tierras. Construcción de vías de acceso Construcción de casa de máquinas y tendido de línea de transmisión	Cuando se haga traslado de material de excavación se deberá humedecer y cubrir la superficie para evitar emisión de polvo. Mantener húmedo el terreno sin cobertura vegetal. Evitar las actividades ruidosas en horas de la noche.
Alteración del perfil de los suelos y extracción de la cobertura vegetal.	Excavación de bases, movimiento de tierras. Construcción de vías de acceso Construcción de casa de máquinas y tendido de línea de transmisión	Mantener los ángulos de descanso de los taludes adecuadamente.
Contaminación de suelos con hidrocarburos	Mantenimiento de equipos pesados. Construcción de casa de máquinas Transporte de personal y de equipos	Uso de bandejas de recolección de derrames de líquidos contaminantes en los talleres de acondicionamiento de materiales y equipos antes de su montaje. Verificar que cualquier disposición de líquidos contaminados con hidrocarburos se evacue en compartimientos especiales. No realizar mantenimiento de equipo pesado y de vehículos dentro de la zona de trabajo.

ii. Medio Biológico

Impactos	Actividades	Medidas de Mitigación
Riesgo de enfermedades por agentes exógenos	Construcción de obras civiles y montaje de equipos.	Dar prioridad a la contratación de personal de la zona.
Destrucción de flora (árboles y arbustos) y fauna local.	Construcción del canal de aducción y de vías de acceso.	Mantener las especies de flora permitidas para las zonas del canal. Limitar la eliminación de cobertura vegetal a lo estrictamente necesario
Disposición de residuos industriales y domésticos	Construcción de cada de máquinas, línea de transmisión y canal de aducción. Campamento de trabajadores	Monitorizar la calidad de las descargas industriales y de las aguas superficiales Construcción de un relleno sanitario que se utilice durante las etapas de construcción y operación.
Interferencia del hábitat de los animales terrestres.	Construcción de cada de máquinas, línea de transmisión y canal de aducción. Campamento de trabajadores	Prohibir la caza de animales silvestres. Prohibir las caminatas por zonas fuera del área de influencia de la central.
Afectará el hábitat de la vía acuática del río Gera.	Manejo de caudal del río. Derivación.	Mantenimiento del caudal mínimo ecológico.

iii. Medio Socioeconómico

Impactos	Actividades	Medidas de Mitigación
Inmigración de población extraña a la zona	Construcción de obras civiles y montaje electromecánico.	Dar prioridad a la contratación de personal de la zona.
Probabilidad de accidentes.	Construcción de obras civiles y montaje electromecánico.	Cumplimiento de los procedimientos de operación segura. Monitorizar permanentemente las actividades de excavación de zanjas, , acople de equipos y pruebas de operación. Entrenar al personal permanentemente para casos de emergencias. Programar convenientemente las operaciones de montaje y pruebas de los equipos nuevos con el sistema existente. Monitorizar permanentemente el uso de equipos de seguridad personal durante las actividades.
Daño de vías de comunicación no preparadas para soportar pesos mayores.	Trasporte de equipos	Antes del transporte terrestre, verificar que la capacidad de los puentes vías de comunicación están diseñadas para soportar el paso del los vehículos de carga con los equipos de mayor peso. Cumplimiento de los procedimientos de operación. Entrenar al personal permanentemente para casos de emergencias.

b) Fase de Operación y Mantenimiento

i. Medio Físico

Impactos	Actividades	Medidas de Mitigación
Cambios del cauce del río Mayo	Descarga de las aguas turbinadas de la CH Gera II.	Cumplimiento de los procedimientos de operación. Monitorizar la calidad de las descargas de las aguas superficiales.
Afectará los drenajes naturales en el canal de aducción.	Operación de la central hidroeléctrica	Cumplimiento de los procedimientos de operación. Monitorizar la calidad de las descargas de las aguas superficiales.
Producción de ruido y vibración.	Operación de la central hidroeléctrica	Monitorizar la calidad del aire por contaminación acústica.
Erosión producida por las bases de postes y otras estructuras.	Mantenimiento de la línea de transmisión	Evaluación periódica de la infraestructura instalada
Contaminación de suelos y aguas con aguas servidas.	Operación de la central hidroeléctrica	Monitorizar la calidad de las descargas industriales y de las aguas superficiales.
Contaminación de suelos o aguas con hidrocarburos.	Operación de la central hidroeléctrica. Taller de mantenimiento	Uso de bandejas de recolección de derrames de líquidos contaminantes en los talleres de acondicionamiento de materiales y equipos antes de su montaje. Verificar que cualquier disposición de líquidos contaminados con hidrocarburos se evacue en compartimientos especiales No realizar mantenimiento de equipo pesado y de vehículos dentro de la zona de trabajo, Estas actividades deberán realizarse en talleres especializados. Remediar los suelos que fueran contaminados con hidrocarburos

ii. Medio Biológico

Impactos	Actividades	Medidas de Mitigación
Disposición de objetos extraños en el cuerpo de agua natural	Operación de la central	Mantener estricta supervisión acerca de la disposición de residuos.
Difusión de vectores de enfermedades	Operación de la central	Utilizar personal de la zona para estas actividades. Mantener control sanitario a todos los trabajadores permanentes y eventuales.
Los animales terrestres se vean afectados en su seguridad	Operación del canal de aducción.	Realizar, vigilancia permanente en el canal de aducción. Cubrir las zonas aledañas al canal de aducción con cobertura vegetal de la zona.

iii. Medio Socioeconómico

Impactos	Actividades	Medidas de Mitigación
Incentivo de caza y pesca de fauna silvestre.	Uso de vías de acceso	Prohibir la caza de animales silvestres y mantener control de acceso a estas vías limitadas solamente a personal autorizada y para actividades propias de la generación de energía eléctrica.
Riesgo de accidentes de los pobladores y trabajadores empresa (operación, transporte y mantenimiento).	Operación de la central	<p>Cumplimiento de los procedimientos de operación segura.</p> <p>Monitorizar permanentemente las actividades de excavación de zanjas, acople de equipos y pruebas de operación.</p> <p>Entrenar al personal permanentemente para casos de emergencias.</p> <p>Programar convenientemente las operaciones de montaje y pruebas de los equipos nuevos con el sistema existente.</p> <p>Monitorizar permanentemente el uso de equipos de seguridad personal durante las actividades.</p>
Riesgos de inundaciones por fallas del sistema.	Operación de la central	Evaluación periódica de la infraestructura instalada
Fallas humanas que afectan instalaciones y el suministro normal de energía eléctrica.	Operación de la central	<p>Cumplimiento de los procedimientos de operación.</p> <p>Entrenar permanentemente al personal para casos de emergencia.</p>
Enfermedades en los trabajadores.	Operación de la central	Control periódico de la salud de los trabajadores.

CAPÍTULO 6

6. PERFIL DEL PROYECTO DE UTILIZACIÓN DE AGUAS DE BOMBEO

6.1 GENERALIDADES

6.1.1 Diagnóstico de la Situación Actual

Actualmente la localidad de las Delicias del Gera, no cuenta con servicios de agua potable, saneamiento y alumbrado eléctrico; teniendo que usar fuentes de agua, para su consumo, tales como manantiales que escurren de los cerros aledaños y las aguas del río Mayo , causantes de las continuas enfermedades infecciosas.

Actualmente la actividad principal de los pobladores es la agricultura, trabajo que los conlleva a salir muy temprano a sus respectivas áreas de cultivo y retomar alrededor de las 5pm, hora que al no haber alumbrado público toda vida nocturna se hace nula, al igual que la falta de agua que los obliga a no tener una correcta salud higiénica.

6.1.2 Objetivo del Perfil de Proyecto

Estando esta localidad a pie de la casa de máquinas de Gera II, y al no obtener ningún beneficio directo de la energía que se produce, se presenta este perfil para contribuir al desarrollo de la localidad y así disminuir las migraciones como también evitar las enfermedades que trae consigo beber aguas no potables.

6.1.3 Alternativa de Solución

Utilizar las aguas turbinadas de la Central Gera II, para abastecer de agua a la localidad, mediante los diferentes componentes del sistema de abastecimiento de agua adoptado, como son:

- Captación (Equipo de Bombeo)
- Desinfección
- Reservorio Apoyado
- Línea de Aducción
- Red de Distribución

6.1.4 Financiamiento

Este perfil de proyecto podría presentarse a las convocatorias de financiamientos de proyectos abierta por el Fondo Contravalor Perú Alemania – FPA u otras.

Cabe destacar que el FPA se origina a partir del Acuerdo Especial de cooperación de Canje de Deudas suscrito entre el Gobierno de la República del Perú y el Gobierno de la República Federal de Alemania en el marco del "Acuerdo sobre la Consolidación y Reconsolidación de Deudas Externas de la República del Perú - Perú IV", aprobado por la Resolución Ministerial N° 048-97-EF/75, según consta en el Acta Final de las Negociaciones Intergubernamentales sobre Cooperación Financiera y Técnica entre ambos países, el Acuerdo Especial de Cooperación Financiera Oficial entre Alemania y Perú de fecha 31 de octubre de 2002 y el Reglamento Interno del Fondo Contravalor Perú - Alemania, aprobado en Junio del 2002. En cumplimiento de su misión y objetivos establecidos en sus lineamientos Estratégicos, el FPA tiene como objetivo principal el fomento de las actividades estratégicas a favor de los grupos menos favorecidos de la población dentro de las áreas prioritarias de la cooperación entre Perú y Alemania, fundamentadas las mismas en los principios de subsidiaridad, competitividad, equidad y sostenibilidad.

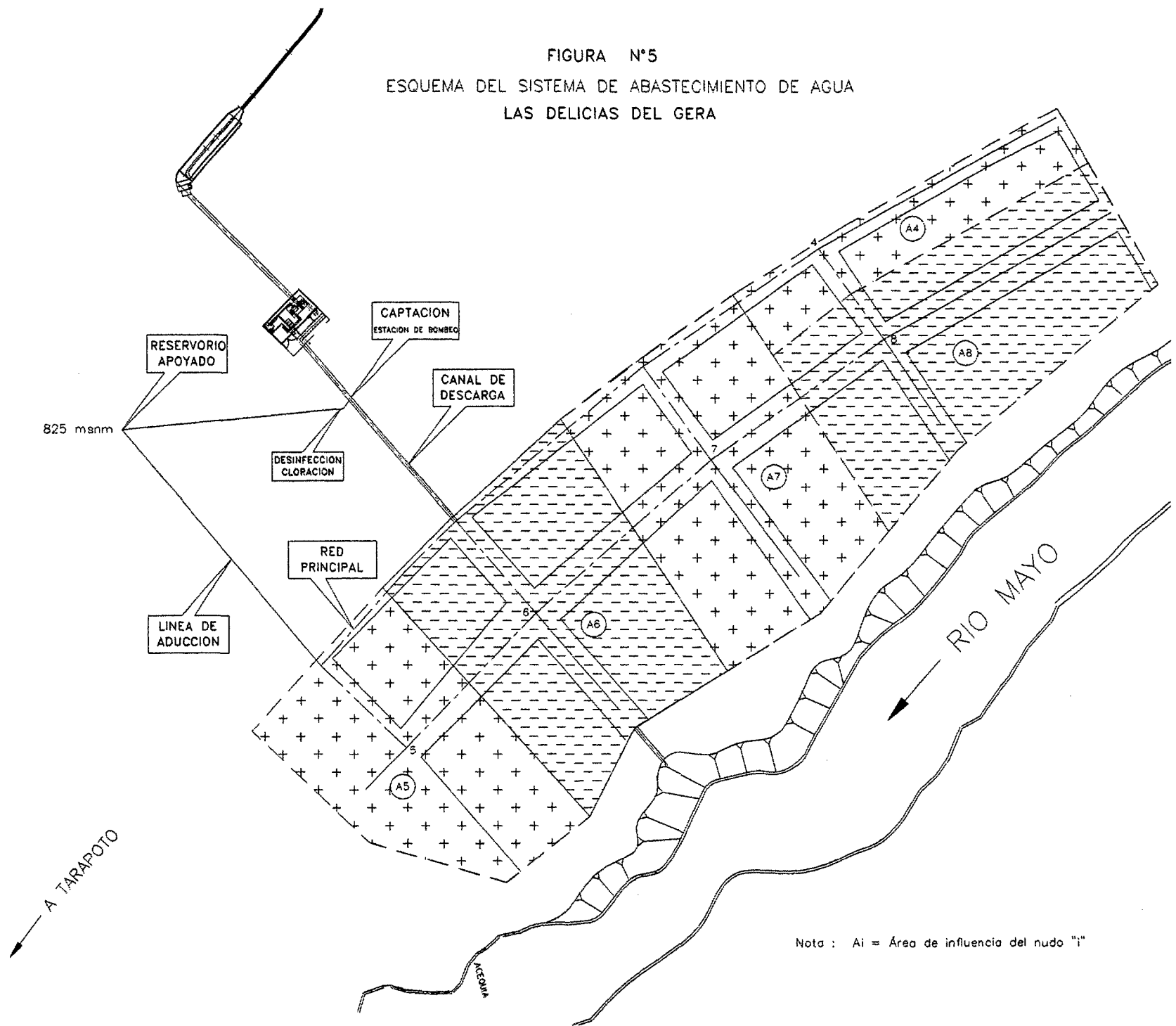
Es así que los recursos del FPA provienen de la operación de canje de deuda realizada con el Gobierno de la República Federal de Alemania, en el marco de la Cooperación Técnica Internacional existente con el Gobierno de la República del Perú. Es con estos recursos que el FPA financiaría el proyecto antes mencionado.

6.2 PLANEAMIENTO PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA LOCALIDAD “LAS DELICIAS DEL GERA”

En general la finalidad de un sistema de abastecimiento de agua es la de suministrar agua en forma continua y con presión suficiente a una comunidad, satisfaciendo sus necesidades y propiciando su desarrollo.

En la figura N°5 se muestra las diferentes componentes del sistema de abastecimiento de agua, así como la delimitación de las áreas de influencia de cada nudo adoptado.

FIGURA N°5
 ESQUEMA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
 LAS DELICIAS DEL GERA



Nota : A_i = Área de influencia del nudo "i"

6.2.1 Estudio de la Fuente, Población y Demanda de Agua

- **Estudio de la Fuente de Abastecimiento de Agua**

La fuente es agua superficial canalizada (canal de descarga de Gera II) que fue utilizada para la generación eléctrica. Estas aguas tienen como origen las aguas del río Gera.

- Caudales

El caudal de diseño del canal de descarga es de 5,27 m³/s; además, según el Anexo A.2.4, el mínimo caudal diario aforado está alrededor de 1,1m³/s, caudal que asegura la demanda máxima diaria.

- Calidad del Agua

Las aguas turbinadas son aguas limpias que han pasado por un doble proceso de decantación y asentamiento de limos para poder ser utilizadas por la turbina. Según los ensayos de laboratorio dicha agua presenta sólo 68,5 ppm de sólidos en suspensión, el cual es mucho menor que el límite permitido de agua para consumo de 500ppm, al igual de los demás químicos presentes en las aguas.

La calidad del agua del río Gera es similar a las aguas turbinadas en cuanto al contenido de sales y cloruros. Se tiene del estudio de la Carretera Tarapoto –Rioja Tramo III ^A, las siguientes características:

Cuadro N° 30

Calidad del Agua del Río Gera

Descripción	Máximo *	Río Gera ^A
Cloruros	250 ppm	32
Sulfatos	250 ppm	44
PH	PH<10.6	6,8
Sólidos en Suspensión	500 ppm	15

Se tiene entonces que las aguas turbinadas no necesitan tratamiento, pero si necesitan desinfección.

- **Estudio de la Población**

- Periodo de Diseño

Tomando en consideración la actual política del gobierno de atender las necesidades de los pueblos alejados a través de entidades de promoción

* Reglamento de los Requisitos Oficiales Físicos, Químicos y Bacteriológicos que deben reunir las aguas de bebida para ser considerados potables – *Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento*

social que financian y ejecutan proyectos, y teniendo en cuenta el reglamento para comunidades rurales (DIGESA *), se tomará un periodo de diseño de **20 años**.

➤ Población

Según la encuesta a algunos pobladores y los datos censales históricos la población prácticamente ha permanecido invariable debido a las migraciones de la juventud hacia las ciudades. En este el principal motivo para que no exista crecimiento poblacional, a pesar de que las familias tienen un promedio de 7 hijos.

Por lo expuesto y teniendo en consideración que la población total del departamento de San Martín tiene una tasa de crecimiento de 4,7 % de los cuales la población rural tiene 2% y considerando las nuevas perspectivas de desarrollo por los beneficios de los proyectos en proyección, se avizora una reducción de las migraciones y por lo tanto debe existir un crecimiento de la población cuya tasa de crecimiento anual se considera como 4,7% .

De los diferentes métodos que existe para determinar las poblaciones de diseño, solo se va utilizar el método aritmético (para poblaciones pequeñas) por recomendación de DIGESA.

Considerando un crecimiento aritmético se empleará la siguiente fórmula:

$$P_F = P_A \left(1 + \frac{r \cdot t}{1000} \right)$$

Donde: P_F = Población futura, año 2024.

P_A = Población actual, según el censo de 1993, $P_A=166$ hab

r = Tasa de crecimiento anual por mil habitantes 47 ‰

t = Tiempo en años correspondiente al periodo de diseño

reemplazando : **Población de diseño = 400 habitantes**

● **Estudio de la Demanda de Agua**

➤ Dotación:

Considerando el clima, actividades económicas y costumbres de los pobladores, se asigna una dotación de 70 l/hab/día, tal como lo recomienda DIGESA.

* Abastecimiento de Agua y Saneamiento para Poblaciones Rurales y Urbano- Marginales, DIGESA

► Variaciones de Consumo:

Caudal promedio diario anual Q_p

$$Q_p = \frac{\text{Población} \times \text{Dotación}}{86400} \quad (\text{L/s})$$

reemplazando: $Q_p = \frac{400 \times 70}{86400} = 0,32 \text{ L/s}$

Caudal máximo diario Q_{md}

El caudal máximo diario se considerará el 130% del caudal promedio diario anual.

$$Q_{md} = 130\% \times Q_p = 1,3 \times 0,32 = 0,42 \text{ L/s}$$

Caudal máximo horario Q_{mh}

Para el caudal máximo horario se considerará el 200% del máximo diario.

$$Q_{mh} = 200\% \times Q_{md} = 2 \times 0,42 = 0,84 \text{ L/s}$$

Por lo tanto la demanda de agua potable será:

Periodo de Diseño	Año	Población Futura	Caudales de diseño (L/s)		
			Qp	Qmd	Qmh
20 años	2024	400	0,32	0,42	0,84

6.2.2 Sistema de Abastecimiento de Aguas

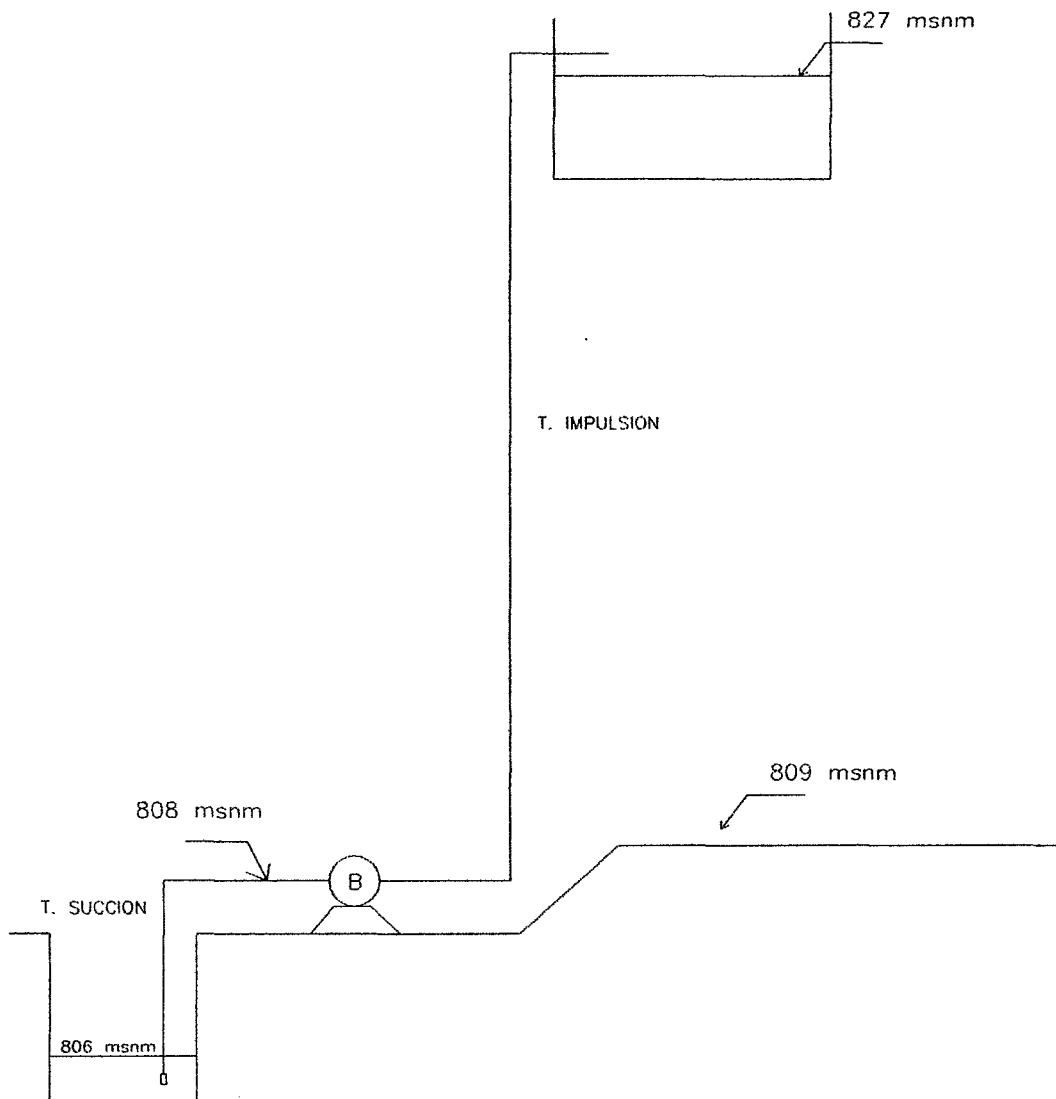
- **Captación de Agua Superficial**

Son estructuras que tienen por finalidad captar las aguas de las fuentes y derivarlos para su uso, asegurando el caudal máximo diario.

Las aguas superficiales a menudo tienen una gran fluctuación estacional en su caudal que afecta también su calidad, por lo que generalmente necesitan tratamiento. Existe diferentes modelos y tamaños de estructuras de captación que dependen del caudal por captar, pero básicamente debe estar compuesto de : entrada con válvula de control, desarenador, cámara de carga, salida con medidor de caudal, vertedero de limpia y rebose y salida de desagüe.

La captación proyectada esta constituida por una estación de bombeo donde se pueden distinguir tres elementos (ver figura N°6) :

FIGURA N°6
ESQUEMA DE LA CAPTACION – LAS DELICIAS DEL GERA



- La tubería de succión de diámetro igual a 2" y sus accesorios; esta tubería succiona del canal de descarga en forma directa.
- La bomba ELECTROBOMBA CENTRÍFUGA MONOBLOCK SERIE B MODELO B1x1.1/2 – 3.4 T (se dispone de una bomba de reserva).
- La tubería de impulsión de diámetro igual a 1 ½" y sus respectivos accesorios; por medio de esta tubería se alimenta al reservorio apoyado.

El equipo de bombeo se ha seleccionado para un período inicial de 10 años, mientras que los diámetros de las tuberías de impulsión y succión se han determinado en base del caudal necesario para el período de diseño final, el cálculo de las tuberías de succión y impulsión así como la elección de la bomba se muestran en el Anexo A.6.1.

- **Desinfección**

La desinfección será por cloro o compuestos clorados, cabe mencionar que la desinfección es obligatoria en todo abastecimiento de agua superficial. Se deberá asegurar un cloro residual mínimo de 0,5 ppm. y no mayor de 3ppm. en cualquier punto de la red.

- **Reservorio**

Los reservorios o tanques de almacenamiento generalmente son elementos intermediarios entre la fuente y la red de distribución (reservorio de cabecera). Juegan un papel básico para el diseño del sistema de distribución de agua, tanto desde el punto de vista económico, así como por su importancia en el funcionamiento hidráulico del sistema y en el mantenimiento de un servicio eficiente.

Un reservorio cumple 3 propósitos fundamentales:

- Compensar las variaciones de los consumos que se producen durante el día.
- Mantener las presiones de servicio en la red de distribución.
- Mantener almacenada cierta cantidad de agua para atender situaciones de emergencia, tales como incendios e interrupciones por daños de tuberías de conducción.

Los reservorios se clasifican según:

- > Su funcionamiento dentro del sistema: reservorio de cabecera y reservorio flotante.
- > La forma: cuadrados, rectangulares y circulares.
- > Su ubicación respecto al terreno en: reservorio apoyado y reservorio elevado.
- > El tipo de material: reservorio de concreto ciclopeo, reservorio de concreto armado, reservorio de concreto pretensado o postensado, reservorio metálico, etc.

En el medio rural, generalmente se proyecta reservorios apoyados de cabecera, con capacidad para almacenar en volumen de regulación que compense las variaciones horarias de consumo.

Se ha proyectado un reservorio apoyado de concreto armado de 11 m³ de capacidad, que regulará el 30% del consumo diario anual, tendrá forma cuadrada de 2,35x2,35 m de sección y una altura de 2m, estará dotado para su funcionamiento de un sistema hidráulico a base de tubería y accesorios. El reservorio estará ubicada en la cota 825 msnm.

– Diseño del Reservorio Apoyado:

Como no se tiene información sobre las variaciones horarias del consumo. DIGESA recomienda para sistemas por bombeo, que la capacidad del reservorio no sobrepase el 30% de la demanda máxima diaria anual.

$$V_{\text{reservorio}} = 0,30 \times Q_{md} \times 86400$$

reemplazando : $V_{\text{reservorio}} = 0,30 \times 0,42 \times 86400 = 11 \text{ m}^3$

Para el cálculo de las dimensiones se utiliza la siguiente relación:

$$V = L^2 \times h \quad (\text{reservorio cuadrado})$$

Para $h = 2\text{m}$ $\therefore L = 2,35\text{m}$

• **Línea de Aducción y Red de distribución**

Es el conjunto de tuberías, que partiendo del reservorio de distribución y siguiendo un desarrollo por las calles de la localidad, sirven para llevar el agua potable al consumidor.

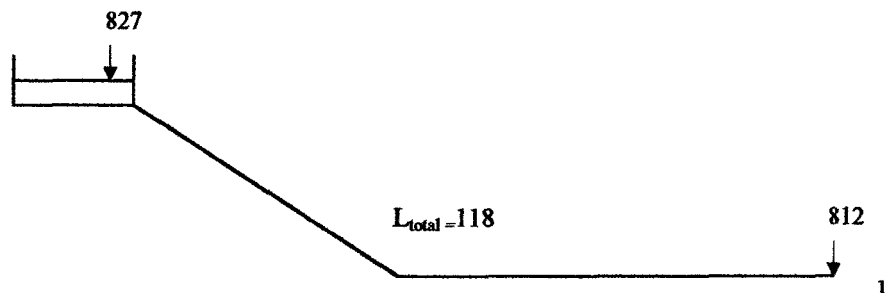
La línea de aducción y red de distribución se diseña para conducir el caudal máximo horario.

Según DIGESA, para poblaciones rurales la presión de servicio en cualquier punto de la red o línea de conducción no será menor de 3,50m.

- Diseño de la Tubería de Aducción

Para el diseño de la tubería de aducción en poblaciones pequeñas usualmente se toma el caudal máximo horario (0,84 l/s), pero en este caso en particular, se ha considerado un caudal de 1,5 l/s, de manera de cumplir la presión mínima (3,5m) en cada nudo de la malla y la velocidad mínima (0,60 m/s) en las tuberías de la red de distribución.

- Se tiene:
- $Q_{diseño} = 1,5 \text{ l/s}$
 - Presión mínima = 3,5 m
 - PVC SAP: Clase 7,5
 - $C = 140$



- Cota del nivel de agua en el tanque = 827 m
- Cota del terreno del nudo 1 de la red = 812 m
- Cota piezométrica a la entrada a la red = $812 + 3,5 = 815,5 \text{ m}$
- Longitud de la conducción = 114 m

Por la fórmula de Hazen-Williams:

$$Q = 0,2785 \times C \times D^{2,63} \times J^{0,54}$$

$$J = H/L = \frac{827 - 815,5}{118} = 0,0975$$

$$D = \left(\frac{0,0015}{0,2785 \times 140 \times 0,0975^{0,54}} \right)^{\frac{1}{2,63}} = 0,034 \text{ m}$$

En este diseño se toma el diámetro comercial superior y se determina posteriormente la cota piezométrica final a la entrada de la red.

$$\therefore D = 1 \frac{1}{2}'' \leftrightarrow 0,0381 \text{ m}$$

Entonces para una tubería de 1 ½" se tiene:

$$J = \left(\frac{0,0015}{0,2785 \times 140 \times 0,0381^{2,63}} \right)^{\frac{1}{0,54}} = 0,054$$

$$H = 0,054 \times 118 = 6,3 \text{ m}$$

$$\text{Cota piezométrica en el nudo 1} = 827 - 6,3 = 821 \text{ m}$$

$$\text{Presión en el nudo 1} = 821 - 812 = 9 \text{ m} > 3,5 \text{ m} \text{ correcto } \text{iii}$$

– Red de Distribución

Se ha considerado una malla principal que consta de 8 nudos y 10 tuberías; de los nudos se proyectan 6 tuberías secundarias y una pileta.

Los gastos medios de consumo en cada tramo se han determinado en base a las áreas de influencia de cada nudo, tal como se muestra en la figura N°4.

Para el cálculo hidráulico de la malla principal se ha utilizado el programa Loop y para las tuberías secundarias y pileta se ha aplicado directamente la fórmula hidráulica de flujo en tuberías (fórmula de Hazen y Williams). Estos cálculos hidráulicos tanto de la malla principal como las tuberías secundarias se presentan en el Anexo A.6.2 .

La Línea de Aducción y la red de distribución tiene una longitud total de 1150 m distribuidos de la siguiente manera:

- 188 ml de tubería PVC ϕ 1 ½" CL = 7,5 , C=140
- 194 ml de tubería PVC ϕ 1 ¼" CL = 7,5 , C=140
- 158 ml de tubería PVC ϕ 1" CL = 7,5 , C=140
- 540 ml de tubería PVC ϕ ¾" CL = 7,5 , C=140

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

Al término de la presente tesis, después de haber desarrollado los capítulos anteriores, podemos concluir en lo siguiente:

- **Del Capítulo I : Objetivos e Información Preliminar**

- Esta Central beneficia directamente a las poblaciones que se encuentran dentro del Sistema Interconectado de Tarapoto, generando así polos de desarrollo en la región.
- La población beneficiada indirectamente será la localidad de las Delicias del Gera, ya que se propiciará el medio para aprovechar las aguas turbinadas en un proyecto de abastecimiento de aguas. Esta localidad, como los contiguos, se dedican principalmente a la agricultura, la ganadería la desarrollan en menor escala y principalmente para satisfacer sus propias necesidades. Estos poblados aún son considerados como pobres por la falta de integración al circuito económico del país.
- Esta zona constituye una fuente de energía convencional renovable por las siguientes características:
 - Esta zona es una región montañosa cubierta de vegetación espesa, cuya expresión topográfica guarda relación con las formaciones rocosas que constituyen las estribaciones sub andinas con altitudes que alcanzan los 1 500 y 1 000 msnm, lo cual contribuye a la generación de energía.
 - Por encontrarse en selva alta se tiene presencia de lluvias la mayor parte del año, teniendo así una precipitación media de 1474,5 mm.
- El proyecto es económicamente rentable ya que en la región se esta desarrollando actividades industriales y comerciales, como el uso de Cementos Selva.
- Actualmente Gera I opera con 5,27 m³/s y sería el mismo caudal que se utilizaría para Gera II.

- **Del Capítulo 2: Estudios Básicos**

- **Estudio Topográfico :** Mediante esta 1° etapa de estudio se pudo hacer la nivelación y el control planimétrico, así como el levantamiento de detalles, los cuales ayudan establecer la ubicación de las estructuras hidráulicas que componen el proyecto. El plano topográfico esta representado con las coordenadas absolutas de la Red Geodésica Nacional y la dirección del Norte Magnético. Además, a lo largo del alineamiento del canal de aducción, las pendientes de los terrenos varían de inclinadas (10°), empinadas (40° a 50°) y sub verticales (80°) en roca alterada y fracturada.

- **Estudio Hidrológico :**

- Se ha hecho uso de los datos hidrológicos diarios del caudal turbinado de la central hidroeléctrica Gera I, la cual tiene 12 años de operación, por lo que los resultados son confiables, obteniéndose un factor de planta promedio de 0,62, caudal medio que justifica económicamente la construcción de la central Gera II, que por ser aguas turbinadas, obtendrá el mismo factor de planta.

- Para una persistencia del 90% se obtendría un caudal de 1,92 m³/s. Sin embargo, la central hidroeléctrica existente Gera I viene operando como una central de punta, con un caudal máximo de 5,27 m³/s, cuyo caudal se quiere aprovechar para la central Gera II. Para dicho caudal se obtiene una persistencia promedio de 22%, es decir, sólo 78 días al año se garantiza la potencia o caudal de diseño, sin tomar en consideración el reservorio de regulación.

- Se ha obtenido un factor de planta de 0,62, lo que representa un caudal promedio de 3,27 m³/s, pudiendo considerarse que la central opera como semi-base en época de avenida, y como punta en estiaje, similar a Gera I.

- Las características de la central son las siguientes:

Caudal / potencia de diseño:	5,27 m³/s / 1950 kW
Factor de planta:	0,62
Caudal Medio:	3,27 m³/s / 1213 kW
Persistencia / días c/kW máx.	22 % / 78 días

Caudal/pot. instalada:	5,27 m³/s / 1950 kW
Energía anual:	10 591 MWh-año
Venta de Energía:	810 M USS \$-año

➤ **Estudio Geológico y Geotécnico**

- Con fines de excavación y costos el material de cimentación se resume como sigue; Material Suelto: 81%, Roca alterada / fracturada: 19%.
- El potencial de encontrar arcillas expansivas en el trazo del canal es bajo.
- Se descarta la presencia de suelos agresivos en el trazo del canal.

➤ **Estudio de Mercado Eléctrico**

- Los puntos de entrega de potencia y energía son las C.H. Gera 8MW y la C.T. Tarapoto 12 MW, cuyas inyecciones de potencia al Sistema Interconectado de San Martín representan el 19% y 81% respectivamente en horas de punta para el 2024.
- Se incrementarán los grupos térmicos con el requerimiento de la demanda.

• **Del Capítulo 3 : Evaluación y Diseño Mejorado**

Después de realizar la evaluación se presenta lo siguiente:

➤ **Configuración Civil de la C.H Gera II:**

La obra de toma se realizará a 46 m de la poza de descarga de CH Gera I, aprovechando el canal de descarga existente, con una obra de derivación. Esto permitirá reducir la magnitud de la obra de toma, y disminuir la longitud el canal de aducción obteniéndose una longitud neta de 1723,15 m (longitud que no incluye el tramo de la obra de toma ni del túnel). El canal de aducción será de concreto armado de sección rectangular y en media ladera y en otros tramos de mayor pendiente, será un canal cubierto con una losa de concreto armado y relleno de tierra en una longitud de 245 m, que servirá para amortiguar algún impacto de roca sobre el canal. A la altura de la progresiva 0+916,6 se ubica una obra de arte

importante, la construcción de una alcantarilla sobre terraplén. En las zonas de mayor pendiente, a la altura de la progresiva 1+692 con una longitud de 105 m, se ha proyectado un túnel de tipo baúl que conducirá las aguas a un último tramo de canal abierto para luego depositarse en la cámara de carga. Para la eliminación de las aguas excedentes de la cámara de carga se construirá un canal paralelo a la tubería de presión el cual continuará con el canal descarga. La casa de máquinas será de 173 m² de área techada para albergar el equipo electromecánico y su equipamiento de control. Con el fin de ganar mayor caída, y por ende más potencia, la descarga de las aguas turbinadas se realizará hacia el río Mayo.

- Para que una alternativa de ubicación de la evacuación de las aguas turbinadas sea rentable, tiene que ganar una caída mínima de aproximadamente 1m y tener una longitud adicional máxima de canal de descarga de 221m en promedio.

- **Del Capítulo 4 : Valor Referencial y Evaluación del Proyecto**

- El Valor Referencial o Presupuesto Base del proyecto nos da el costo que representa la ejecución de las obras civiles, de la Central Hidroeléctrica Gera II. A la vez que también se da un costo estimado de las obras electromecánicas a efectuarse.

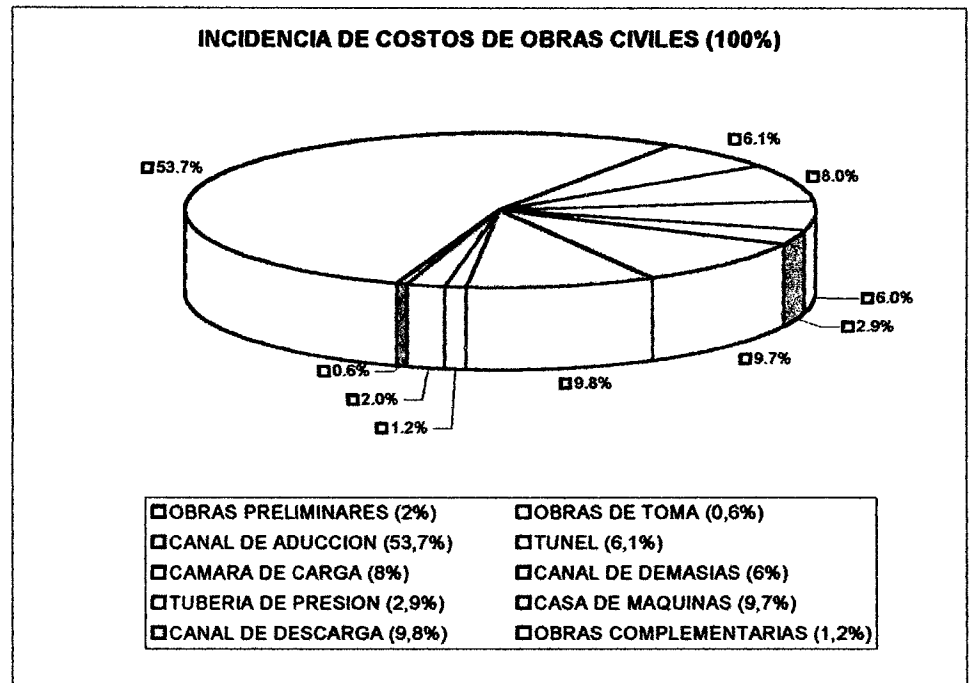
Siendo los siguientes costos:

	COSTO (US\$)	PORCENTAJE
Obras Civiles + Ingeniería de Detalle:	3,796,536.22	47,5 %
Obras Electromecánicas:	4,189,363.56	52,5%
Costo Directo:	7,985,899.78	100,0 %

De lo presentado podemos observar que las obras electromecánicas representan casi el 53 % de todo el proyecto.

Mientras que casi un 47% representa las obras civiles.

Para poder establecer la incidencia de cada estructura proyectada respecto a las obras civiles se presenta un esquema en el que se dan en porcentajes:



- > Se puede apreciar que construir el canal de aducción, aproximadamente 1723 m de longitud, necesita de casi del 54 % del costo de las obras civiles, representando una de las obras más costosas del proyecto. Mientras que la casa de máquinas y el canal de descarga representan el 9,7 % y 9,8 % respectivamente. La obra de toma y las obras complementarias (camino de acceso y cruce de carretera) representan tan sólo el 0,6% y 1,2% de las obras civiles respectivamente, siendo estas estructuras las más baratas.
- > Según el siguiente cuadro:

Indicadores Económicos

Tasa de descuento	12%
Valor Acual Neto (VAN) Millones US\$	3,186
Tasa Interna de Retorno (TIR)	29%
Relación Beneficio Costo (B/C)	3,27
Tiempo de Repago (años)	4,88

El proyecto es económicamente rentable debido a los siguientes criterios: VAN = 3,12 > 0 ; TIR > 12% (valor de la tasa descuento recomendado para este tipo de proyecto, en el mercado peruano) ; ratio B/C = 3,27, lo que nos indica que el capital invertido se habrá multiplicado por este valor al término de la vida útil del proyecto; y

por último tenemos un tiempo de retorno igual a 5 años, valor que es mucho menor al valor de la vida útil del proyecto (20 años).

- **Del Capítulo 5 : Evaluación del Impacto Ambiental**

Debemos tener siempre en mente que la necesidad de satisfacer nuestras necesidades no nos debe hacer olvidar que el medio que nos rodea debe ser conservado.

La mayoría de impactos que se dan en las fases de construcción y operación & mantenimiento serán adversos pero de baja significancia. Siendo las actividades que más cantidad de impactos causan en la etapa de construcción los siguientes : la alteración de aguas e hidrología y la construcción de las estructuras civiles (edificaciones industriales), tal como se muestra en las tablas de valoración de impactos.

Como consecuencia del diseño, construcción y puesta en marcha de la C.H. Gera II, el ecosistema de la zona no se verá perjudicado, ya que no se prevé daño alguno a la fauna y flora silvestre; igualmente no se afectará a los pobladores dado que el proyecto no tiene consecuencias ecológicas importantes tal como se muestra en las tablas de valoración de impactos.

De acuerdo a lo antes mencionado, se concluye que la construcción de la C.H. Gera II, por la presencia de sus instalaciones y por el proceso de operación, **no produce impacto ambiental negativo importante sobre el medio ambiente local.**

7.2 RECOMENDACIONES

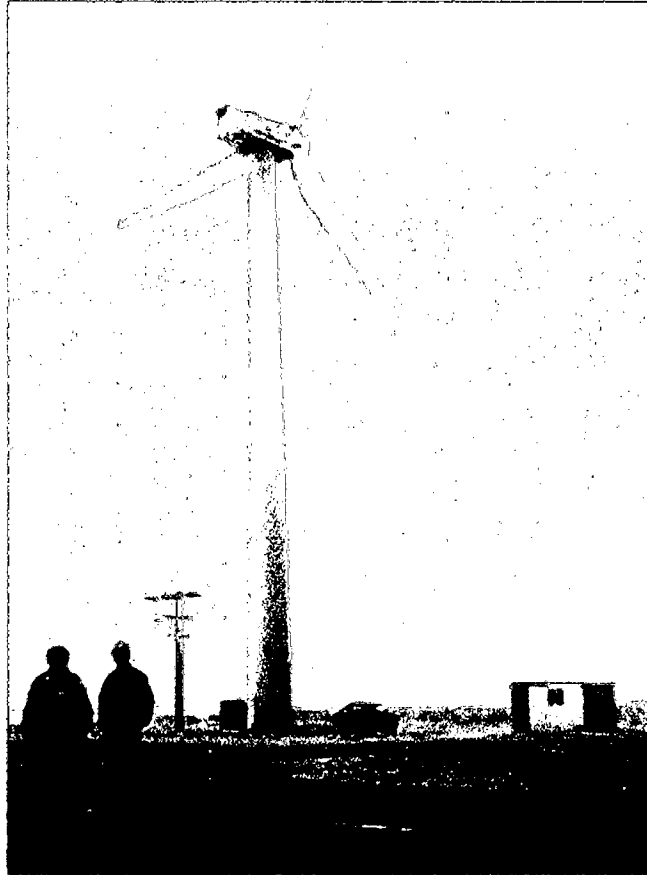
- Para evitar usar fórmulas empíricas para el cálculo hidrológico se debe crear zonas de aforo (estaciones limnimétricas). Las mediciones en estas estaciones deben ser registradas en coordinación con las autoridades locales de los centros poblados.
- Se debe comenzar el dragado del reservorio de regulación horaria que se encuentra actualmente colmatado debido a los diversos fenómenos naturales, tales como la inundación del río Gera en 1989 y los terremotos en la ciudad de Moyobamba los años 1990 y 1991, con la finalidad de recuperar el volumen útil del reservorio y controlar su sedimentación.

- Para los diseños se deben analizar las diferentes alternativas de materiales que presenta el mercado, como por ejemplo, para el caso de la obra de conducción se puede utilizar la Tubería Perfilada PVC RIB STEEL ,diámetro 1,95m, cuyo costo (296\$/ml) por metro lineal de conducción se asemeja al canal de concreto típico (310 \$/ml), debido al gran diámetro que se demanda para el caudal de diseño, pero con algunos importantes beneficios adicionales.

Tecnología Alternativa para la Obra de Conducción	
Tecnología	Beneficios con respecto a la tecnología convencional (canal de concreto)
Instalación de Tuberías Perfiladas PVC RIB STEEL	<ul style="list-style-type: none"> • Son muy livianas para su transporte y colocación, por lo tanto se pueden manipular fácilmente en caminos estrechos. • Tienen una vida útil por más de 50 años, debido que son impermeables al agua y a la acción corrosiva de fluidos y suelos agresivos. • Garantizan una mayor hermeticidad de uniones porque llevan uniones de tipo rígida fusionada químicamente con un cemento solvente. • Tienen baja rugosidad de superficie ($n=0,010$) lo que nos ofrece una mayor eficiencia hidráulica. • Rellenos mínimos sobre la corona del tubo, gracias a su sistema tubo-suelo capaz de controlar las deflexiones bajo condiciones de carga estáticas y dinámicas considerables. • Tienen excelente flexibilidad longitudinal gracias a su amplia gama de accesorios. • Minimizan los impactos al medio ambiente.

- Se debe impulsar el uso de fuentes de energías renovables no convencionales como la energía solar y la energía eólica, con la finalidad que sean utilizados como una alternativa de suministro de energía a localidades rurales y/o comunidades nativas muy aisladas, con bajos consumos de energía, donde no es posible llegar con los sistemas convencionales, para atender las necesidades básicas de energía eléctrica de estas localidades, priorizando las zonas de frontera y la Amazonía. El Ministerio de Energía y Minas (MEM) mediante su Dirección Ejecutiva de Proyectos (DEP) viene utilizando energías renovables no convencionales como la energía solar, a través de los paneles solares (módulos fotovoltaicos) y esta impulsando la utilización de la energía eólica a través de la instalación de pequeños aerogeneradores. En este contexto el MEM/DEP elaboró el “*PLAN DE ELECTRIFICACIÓN RURAL Período 2003-2012*” teniendo como inversiones y metas físicas lo siguiente:

Nº	PROYECTO	PERIODO 2003-2012
I.	INVERSIONES	Miles de dólares
A	ESTUDIOS	23 400
B	OBRAS	937 023
1	LINEAS DE TRANSMISION	239 090
2	PEQUENOS SISTEMAS ELECTRICOS	550 907
3	CENTRALES HIDROELECTRICAS	30 931
4	CENTRALES TERMICAS	3 392
5	FUENTES ALTERNATIVAS	96 205
6	CENTRALES EOLICAS	16 498
	TOTAL INVERSIONES	960 423
II.	METAS FISICAS	Unidades
1	LINEAS DE TRANSMISION (km)	2 928
2	PEQUENOS SISTEMAS ELECTRICOS (km)	26 567
3	CENTRALES HIDROELECTRICAS (kW)	7 277
4	CENTRALES TERMICAS (kW)	4 680
5	MODULOS FOTOVOLTAICOS (kW)	6 100
6	CENTRALES EOLICAS (kW)	6 200
7	POBLACION BENEFICIADA (Habitantes)	4 227 057



**Aerogenerador de 450kW que entrega energía al Sistema Interconectado,
instalado en Marcona-Ica**



Módulo Fotovoltaico en San Francisco - Pucallpa

- Para tener un buen resultado al estimar los efectos que la ejecución del proyecto causa sobre el medio ambiente, es recomendable realizar los estudios técnicos antes y durante la etapa de diseño, ya que en nuestro medio es usual que se realice solamente antes de los diseños por un motivo de economía, generando así estudios con deficiencias.
- El gobierno debe de impulsar el desarrollo de estos tipos de proyectos, con el objeto de mejorar la calidad de vida de los pueblos del interior del país, aprovechando las diferentes cooperaciones internacionales.
- Se debe proyectar muros de protección en el punto de descarga sobre el río Mayo, para evitar posibles socavaciones, que a su vez causarían inundaciones en la localidad de las Delicias del Gera.
- En el proyecto de abastecimiento de agua de la localidad Las Delicias del Gera se debe conformar una comisión de los usuarios encargada de los trámites de ejecución del proyecto definitivo, financiamiento y construcción; y que luego en la fase de operación se encargue de que la operación y mantenimiento se lleve a cabo en forma eficiente.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Prieto Ingenieros Consultores S.A., Estudio Definitivo Central Hidroeléctrica Gera II, Volúmenes N°1, N°3 y N°4, Perú, 2004
- [2] Página Web www.itdg.org.pe /programas/energia
- [3] Página Web www.mimen.gob.pe /dep
- [4] Página Web www.microhydropower.net
- [5] Página Web www.durman.com /esp/pe
- [6] Pachari Ramos Aarón, Análisis de Alternativas Estudio de la Minicentral Hidroeléctrica de Chaullagón 210 kw, Tesis de Grado UNI-FIC, Perú, 1999.
- [7] Rosas Leal Richard Jesús, Diseño de las Obras Civiles e Hidráulicas de la Minicentral Hidroeléctrica de Madrigal 800 kw, Tesis de Grado UNI-FIC, Perú, 1997.
- [8] Ravichagua Porras Edgar Yuni, Estudio Definitivo de la Central Hidroeléctrica de Orcopampa 500 kw, Tesis de Grado UNI-FIC, Perú, 1997.
- [9] Intermediate Technology Development Group ITDG-Perú, VII Encuentro Latinoamericano en Pequeños Aprovechamientos Hidroenergéticos, ITDG, Perú-Cajamarca, 1997.
- [10] Ramiro Ortiz Flórez, Pequeñas Centrales Hidroeléctricas, McGraw-Hill Interamericana, Colombia, 2001.
- [11] Francisco Coronado del Aguila, Diseño y Construcción de Canales, UNI - FIC, Perú, 1992.
- [12] Dipeo, Sistema Dipeo para la Electrificación Rural- Volumen 3, Tomo 2, Consorcio Peruano Aleman, Perú, 1990.
- [13] Eusebio Castromonte Salinas, Minicentrales Hidroeléctricas, Escuela Superior de Administración de Aguas "Charles Sutton", Perú, 1997.
- [14] Sviatoslav Krochin, Diseño Hidráulico, Segunda Edición, 1982.

ANEXOS

A. CÁLCULOS, CUADROS, TABLAS Y OTROS

A.1 OBJETIVOS E INFORMACION PRELIMINAR

- A.1.1 Caudales Diarios Históricos – Años 2000-2003
- A.1.2 Determinación del Caudal de Diseño y de la Venta de Energía
- A.1.3 Gráfico de la Disminución de Potencia vs Disminución de Energía
- A.1.4 Gráfico de los Valores Mensuales del Caudal y Potencia Generada

A.2 ESTUDIOS BÁSICOS

- A.2.1 Compensación de la Nivelación de la Poligonal Topográfica
- A.2.2 Equipos de Topografía
- A.2.3 Relación de Vértices de la Poligonal Topográfica
- A.2.4 Cuadros de Registros y Caudales
- A.2.5 Curva de Persistencia

A.3 EVALUCIÓN Y CÁLCULOS

- A.3.1 Tabla de las Características Hidráulicas de Túneles tipo Baúl para distintos Tirantes
- A.3.2 Anclajes y Apoyos de la Tubería de Presión
- A.3.3 Análisis Técnico- Económico de Alternativas para la Descarga

A.4 PRESUPUESTO BASE Y EVALUACIÓN ECONÓMICA

- A.4.1 Presupuesto Base
- A.4.2 Fórmula Polinómica
- A.4.3 Evaluación Económica

A.5 EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

A.5.1 Matriz de Impactos

A.5.2 Tabla de Valoración de Impactos (Evaluación Cuantitativa)

A.6 PERFIL DEL PROYECTO DE UTILIZACIÓN DE AGUAS DE BOMBEO

A.6.1 Cálculo de la Tubería de Succión y Impulsión – Selección de la Bomba

A.6.2 Cálculo Hidráulico de la Malla Principal

A.7 ENSAYOS DE LABORATORIO

A.8 EXPERIENCIAS

A.8.1 Tuberías Termoplásticos y su uso en Proyectos Hidroeléctricos

A.8.2 Experiencias en Ingeniería de Bajo Costo para Microcentrales Hidroeléctricas en el Perú, ITDG - Perú.

ANEXO A.1.1
Caudales Diarios Históricos- Años 2000-2003

CAUDAL DIARIO (restringido a 8,27 m ³ /s)						CAUDAL DIARIO (restringido a 8,27 m ³ /s)					
Día	2000	2001	2002	2003	Promedio	Día	2000	2001	2002	2003	Promedio
1-Ene	2.17	5.27	5.16	1.49	3.52	1-Abr	5.27	5.27	4.20	3.23	4.49
2-Ene	5.27	5.27	4.56	1.41	4.13	2-Abr	5.27	5.27	5.27	2.84	4.66
3-Ene	4.29	5.27	4.06	1.30	3.73	3-Abr	5.27	5.27	4.56	3.01	4.53
4-Ene	2.80	3.20	3.59	1.30	2.72	4-Abr	5.27	5.27	5.27	3.59	4.85
5-Ene	2.34	2.72	3.23	1.30	2.40	5-Abr	5.27	5.27	5.27	4.54	5.09
6-Ene	2.05	2.36	2.87	1.30	2.15	6-Abr	5.27	5.27	5.27	4.58	5.10
7-Ene	2.19	2.11	2.64	1.49	2.11	7-Abr	5.27	5.27	5.27	2.82	4.66
8-Ene	2.55	2.09	2.55	1.60	2.20	8-Abr	4.75	5.27	3.43	2.58	4.01
9-Ene	2.01	1.95	2.55	1.55	2.01	9-Abr	5.27	5.27	5.27	4.46	5.07
10-Ene	5.27	1.88	2.95	5.27	3.84	10-Abr	5.09	5.27	4.92	5.27	5.14
11-Ene	5.27	1.96	3.61	4.84	3.92	11-Abr	5.10	5.27	4.12	4.43	4.73
12-Ene	4.69	4.55	3.07	2.51	3.71	12-Abr	5.27	5.27	3.78	5.15	4.87
13-Ene	3.15	2.66	2.57	1.88	2.56	13-Abr	5.27	5.27	3.48	3.41	4.36
14-Ene	2.67	2.01	5.27	1.73	2.92	14-Abr	4.16	5.27	5.27	2.78	4.37
15-Ene	2.34	3.09	5.27	1.65	3.09	15-Abr	5.27	5.27	5.27	2.52	4.58
16-Ene	2.19	2.69	2.85	1.88	2.40	16-Abr	5.27	5.27	5.27	2.39	4.55
17-Ene	2.79	2.28	2.65	2.05	2.44	17-Abr	4.38	5.27	5.27	2.30	4.31
18-Ene	3.16	2.32	2.90	2.61	2.75	18-Abr	3.59	5.21	5.27	3.50	4.39
19-Ene	2.98	2.23	2.57	1.88	2.42	19-Abr	3.17	4.49	5.27	2.62	3.89
20-Ene	5.27	3.23	2.39	1.74	3.16	20-Abr	3.54	4.64	5.27	2.42	3.97
21-Ene	5.27	3.34	2.21	4.25	3.77	21-Abr	3.56	3.99	4.31	2.43	3.57
22-Ene	5.27	2.43	4.36	2.44	3.63	22-Abr	3.15	3.59	4.64	2.50	3.47
23-Ene	3.62	2.28	3.00	2.57	2.87	23-Abr	2.72	3.26	4.05	5.27	3.82
24-Ene	2.95	2.23	2.84	2.07	2.52	24-Abr	5.27	3.69	3.65	3.88	4.12
25-Ene	2.43	2.34	2.17	1.99	2.23	25-Abr	5.27	3.17	3.53	2.85	3.70
26-Ene	2.19	1.97	2.32	1.88	2.09	26-Abr	5.27	3.09	2.95	2.61	3.48
27-Ene	3.38	1.88	3.37	1.98	2.65	27-Abr	4.27	2.87	5.27	3.21	3.90
28-Ene	3.51	1.80	3.26	1.41	2.50	28-Abr	3.85	2.64	5.27	3.14	3.72
29-Ene	2.35	1.65	2.14	3.18	2.33	29-Abr	3.29	2.64	5.27	2.92	3.53
30-Ene	2.55	1.65	3.13	5.27	3.15	30-Abr	2.95	2.55	5.27	3.46	3.56
31-Ene	5.27	1.53	5.24	5.27	4.33						
1-Feb	5.27	1.47	5.27	4.01	4.00	1-May	3.05	5.27		2.81	3.71
2-Feb	5.27	1.41	5.27	3.89	3.96	2-May	3.44	5.27		2.92	3.88
3-Feb	5.02	1.38	5.27	5.27	4.24	3-May	4.23	5.27		4.04	4.51
4-Feb	3.72	1.41	5.27	5.27	3.92	4-May	3.12	5.27		2.78	3.72
5-Feb	2.98	2.80	5.27	5.27	4.08	5-May	4.13	5.27		5.27	4.89
6-Feb	2.79	2.32	4.05	5.27	3.61	6-May	3.91	4.96		5.27	4.71
7-Feb	2.48	3.64	5.27	5.27	4.16	7-May	3.72	4.56		5.27	4.52
8-Feb	2.30	3.06	5.27	5.27	3.97	8-May	3.35	4.50		5.27	4.37
9-Feb	2.11	2.90	4.91	5.27	3.80	9-May	5.09	4.05		5.27	4.80
10-Feb	2.03	2.79	3.59	5.27	3.42	10-May	4.60	5.27		4.59	4.82
11-Feb	1.86	2.22	3.78	4.69	3.14	11-May	5.27	5.27		4.59	5.04
12-Feb	1.80	1.89	4.74	4.26	3.17	12-May	5.27	5.27		5.27	5.27
13-Feb	1.70	1.93	3.59	4.31	2.88	13-May	5.27	5.27		4.39	4.98
14-Feb	3.01	5.27	2.87	3.27	3.61	14-May	4.75	5.27		4.05	4.69
15-Feb	2.70	5.27	2.69	3.04	3.42	15-May	4.52	5.27		3.25	4.35
16-Feb	5.27	3.57	2.79	2.74	3.59	16-May	4.02	5.27		2.88	4.06
17-Feb	4.62	2.55	3.75	2.60	3.38	17-May	3.62	5.27		2.71	3.67
18-Feb	5.27	2.09	4.71	2.23	3.58	18-May	3.80	5.27		2.58	3.88
19-Feb	5.27	5.27	4.79	2.11	4.38	19-May	5.27	4.71		2.45	4.14
20-Feb	5.01	4.50	5.27	2.11	4.22	20-May	5.27	4.46		2.36	4.03
21-Feb	3.81	2.76	4.49	1.99	3.26	21-May	4.75	5.27		2.33	4.12
22-Feb	2.95	2.46	3.35	1.95	2.68	22-May	4.19	5.27		2.16	3.87
23-Feb	2.79	3.19	3.30	1.95	2.81	23-May	3.59	4.72		2.19	3.50
24-Feb	2.43	3.71	4.61	2.15	3.22	24-May	3.14	3.95		2.22	3.10
25-Feb	5.04	2.60	5.27	1.95	3.71	25-May	2.79	3.56		1.98	2.78
26-Feb	4.31	2.58	5.27	1.84	3.50	26-May	2.60	3.32		2.11	2.67
27-Feb	4.31	2.26	4.60	2.20	3.34	27-May	2.43	3.14		1.93	2.50
28-Feb	3.01	2.13	4.05	5.27	3.61	28-May	2.75	3.06		2.28	2.69
29-Feb	5.27				2.11	29-May	2.50	5.27		5.27	4.35
1-Mar	5.27	5.27	4.46	5.27	5.07	30-May	2.41	5.27		5.27	4.32
2-Mar	5.27	5.27	3.78	4.24	4.64	31-May	1.44	5.17		5.27	3.96
3-Mar	5.27	5.27	4.75	3.04	4.58	1-Jun	2.32	4.93	3.82	5.27	4.11
4-Mar	5.13	5.27	3.38	5.27	4.76	2-Jun	2.07	4.70	5.27	5.27	4.33
5-Mar	5.27	5.27	2.84	5.27	4.66	3-Jun	1.99	5.27	4.55	5.27	4.27
6-Mar	5.27	5.27	5.27	5.27	5.27	4-Jun	1.95	5.27	3.53	5.27	4.00
7-Mar	5.27	5.27	5.27	5.27	5.27	5-Jun	2.30	5.27	3.07	5.27	3.98
8-Mar	5.24	5.27	4.89	5.27	5.17	6-Jun	3.74	5.09	2.95	5.27	4.26
9-Mar	4.71	5.27	3.99	5.27	4.81	7-Jun	3.38	4.12	2.85	4.48	3.71
10-Mar	4.64	5.27	3.69	5.27	4.72	8-Jun	5.27	3.85	2.84	4.64	4.15
11-Mar	4.37	5.27	2.90	4.37	4.23	9-Jun	5.27	3.65	3.01	4.34	4.07
12-Mar	3.95	5.27	3.39	5.27	4.47	10-Jun	5.27	4.49	5.27	3.57	4.65
13-Mar	3.50	4.66	5.27	5.27	4.68	11-Jun	5.27	5.27	5.27	3.25	4.76
14-Mar	3.07	3.85	2.84	5.27	3.76	12-Jun	5.27	4.09	5.01	2.95	4.33
15-Mar	2.87	4.33	2.64	5.05	3.72	13-Jun	4.72	3.38	3.91	2.68	3.67
16-Mar	3.00	4.87	2.45	5.27	3.90	14-Jun	3.88	3.29	3.23	2.52	3.23
17-Mar	2.48	5.27	2.15	5.27	3.79	15-Jun	3.38	3.29	3.66	2.55	3.22
18-Mar	2.23	5.27	2.26	5.27	3.76	16-Jun	3.05	2.90	5.27	2.36	3.40
19-Mar	2.19	5.27	2.41	4.45	3.58	17-Jun	3.11	2.69	3.73	2.42	2.99
20-Mar	2.39	5.27	2.41	5.27	3.83	18-Jun	3.79	2.69	3.35	2.25	3.02
21-Mar	2.21	5.27	2.14	5.27	3.72	19-Jun	2.60	3.30	2.93	2.72	2.88
22-Mar	2.49	5.27	2.07	5.27	3.78	20-Jun	2.39	2.65	2.84	4.18	3.01
23-Mar	2.55	5.27	1.95	5.27	3.76	21-Jun	2.36	2.43	2.84	5.27	3.23
24-Mar	3.82	5.27	2.39	5.27	4.19	22-Jun	5.27	2.34	2.45	5.08	3.79
25-Mar	4.40	5.27	2.26	5.27	4.30	23-Jun	2.79	2.28	2.39	4.11	2.89
26-Mar	2.65	5.27	1.88	5.27	3.77	24-Jun	2.43	2.13	2.25	2.95	2.44
27-Mar	2.41	5.27	1.95	4.43	3.51	25-Jun	2.19	2.03	2.17	3.10	2.37
28-Mar	2.86	5.27	1.95	4.79	3.72	26-Jun	2.07	1.95	2.03	2.71	2.19
29-Mar	1.25	4.51	1.95	4.76	3.12	27-Jun	2.03	2.09	1.95	2.39	2.11
30-Mar	5.27	5.27	1.95	4.35	4.21	28-Jun	1.95	2.05	1.95	3.29	2.31
31-Mar	5.27	5.27	2.64	4.52	4.43	29-Jun	2.28	1.86	1.95	4.06	2.53
						30-Jun	2.03	1.75	1.80	5.27	2.71

ANEXO A.1.1
Caudales Diarios Históricos- Años 2000-2003

CAUDAL DIARIO (restringido a 5,27 m³/s)						CAUDAL DIARIO (restringido a 5,27 m³/s)					
Día	2000	2001	2002	2003	Promedio	Día	2000	2001	2002	2003	Promedio
1-Jul	3.19	1.79	1.80	4.25	2.76	1-Oct	2.36	1.33	1.50	5.27	2.62
2-Jul	2.37	1.73	1.80	2.99	2.22	2-Oct	2.09	1.26	1.41	5.18	2.49
3-Jul	2.53	1.72	1.80	5.27	2.83	3-Oct	1.95	1.19	1.19	4.55	2.22
4-Jul	2.58	1.66	1.80	3.21	2.31	4-Oct	2.26	1.19	1.39	4.68	2.38
5-Jul	3.61	1.33	1.80	2.74	2.37	5-Oct	2.31	1.19	1.30	3.84	2.16
6-Jul	2.60	2.36	1.80	2.55	2.33	6-Oct	3.07	1.62	1.99	5.27	2.99
7-Jul	2.19	3.16	2.11	2.28	2.43	7-Oct	2.52	1.52	2.52	5.27	2.96
8-Jul	1.97	4.50	5.27	2.16	3.48	8-Oct	2.41	1.76	2.41	5.27	2.96
9-Jul	2.20	3.18	5.27	2.14	3.19	9-Oct	2.31	1.15	2.40	5.27	2.78
10-Jul	3.02	3.32	5.27	1.95	3.39	10-Oct	2.67	1.19	1.95	5.27	2.77
11-Jul	2.17	5.27	5.08	1.95	3.62	11-Oct	2.44	1.14	1.73	5.27	2.65
12-Jul	3.70	2.65	3.98	4.01	3.59	12-Oct	2.05	1.42	1.82	5.27	2.64
13-Jul	5.27	2.45	3.35	2.71	3.45	13-Oct	1.86	2.16	2.82	5.27	3.03
14-Jul	5.27	2.07	2.95	2.14	3.11	14-Oct	2.54	2.50	1.91	5.18	3.03
15-Jul	4.17	2.35	2.84	1.90	2.82	15-Oct	2.46	2.17	1.41	4.09	2.54
16-Jul	3.01	2.92	2.64	1.73	2.58	16-Oct	2.01	3.03	1.41	3.25	2.43
17-Jul	2.67	5.23	1.14	1.66	2.68	17-Oct	2.66	5.27	1.66	2.78	3.09
18-Jul	2.36	2.88	3.29	1.66	2.55	18-Oct	3.39	5.27	3.73	2.45	3.71
19-Jul	2.17	2.60	3.23	1.66	2.42	19-Oct	3.00	4.12	2.45	2.22	2.85
20-Jul	5.27	2.17	2.84	1.66	2.99	20-Oct	2.60	4.23	1.90	2.11	2.71
21-Jul	4.88	2.27	2.28	1.58	2.75	21-Oct	3.64	4.16	1.88	2.11	2.95
22-Jul	3.14	1.97	2.09	1.47	2.17	22-Oct	3.23	3.47	1.54	2.11	2.59
23-Jul	3.23	1.95	2.01	1.47	2.17	23-Oct	3.54	2.46	5.27	2.11	3.34
24-Jul	3.99	5.27	2.02	1.43	3.18	24-Oct	3.42	2.09	5.09	2.06	3.16
25-Jul	3.09	3.43	2.84	1.43	2.70	25-Oct	2.65	2.79	2.57	3.71	2.93
26-Jul	2.57	2.43	3.36	1.67	2.51	26-Oct	2.36	2.55	2.74	2.30	2.49
27-Jul	2.86	2.55	2.34	1.49	2.31	27-Oct	2.01	5.27	5.27	2.72	3.82
28-Jul	2.11	5.27	2.11	1.41	2.73	28-Oct	1.86	5.27	5.27	3.41	3.95
29-Jul	1.95	5.27	2.33	1.34	2.72	29-Oct	3.49	5.27	5.27	2.40	4.11
30-Jul	1.86	3.38	2.17	1.30	2.18	30-Oct	4.98	5.27	5.27	5.27	5.20
31-Jul	1.80	2.62	1.91	1.30	1.91	31-Oct	2.58	5.27	5.27	5.27	4.60
1-Ago	1.75	2.32	1.75	1.26	1.77	1-Nov	2.30	5.27	5.27	5.27	4.53
2-Ago	1.73	2.03	1.55	1.65	1.74	2-Nov	5.27	5.27	4.65	5.27	5.11
3-Ago	1.88	1.95	1.52	1.30	1.66	3-Nov	3.34	5.27	3.50	5.27	4.34
4-Ago	5.27	1.82	1.58	1.47	2.54	4-Nov	2.32	5.27	2.90	5.27	3.94
5-Ago	5.27	1.68	1.33	1.43	2.43	5-Nov	1.92	4.09	2.12	4.36	3.12
6-Ago	5.27	1.66	1.47	1.30	2.43	6-Nov	1.72	5.27	5.27	3.87	4.03
7-Ago	3.50	1.63	1.46	1.25	1.96	7-Nov	1.62	5.27	5.27	5.27	4.36
8-Ago	2.98	1.84	1.54	1.19	1.89	8-Nov	1.55	5.27	3.30	4.39	3.63
9-Ago	2.95	1.62	1.34	5.27	2.79	9-Nov	1.50	4.50	3.06	4.25	3.33
10-Ago	2.76	1.55	1.27	5.27	2.72	10-Nov	1.45	3.47	2.45	3.06	2.61
11-Ago	5.27	1.47	1.30	3.16	2.80	11-Nov	1.41	3.01	2.74	4.87	3.01
12-Ago	5.27	1.41	1.30	2.19	2.54	12-Nov	1.33	2.60	4.61	3.10	2.91
13-Ago	4.57	1.31	1.30	1.80	2.25	13-Nov	1.30	2.50	1.45	2.74	2.00
14-Ago	3.41	1.30	1.30	1.53	1.89	14-Nov	1.20	2.28	5.27	2.66	2.85
15-Ago	2.92	1.58	1.30	1.41	1.81	15-Nov	1.25	2.11	4.34	5.27	3.24
16-Ago	2.57	1.37	1.30	1.32	1.64	16-Nov	1.19	5.27	3.26	3.80	3.38
17-Ago	2.39	1.33	1.30	1.43	1.61	17-Nov	1.46	1.99	4.12	3.21	2.70
18-Ago	2.19	1.30	1.30	1.65	1.61	18-Nov	1.32	2.07	3.26	2.64	2.32
19-Ago	2.13	1.30	1.30	1.36	1.52	19-Nov	1.22	1.93	2.74	2.36	2.06
20-Ago	2.11	1.33	1.30	1.25	1.50	20-Nov	1.30	1.91	2.28	2.14	1.91
21-Ago	1.98	1.99	1.30	1.21	1.62	21-Nov	1.46	4.85	2.38	5.27	3.49
22-Ago	1.95	1.49	1.30	1.25	1.50	22-Nov	1.34	2.50	5.27	3.21	3.08
23-Ago	1.86	1.31	1.30	1.25	1.43	23-Nov	1.85	1.99	5.27	2.61	2.96
24-Ago	1.72	1.23	1.30	2.36	1.65	24-Nov	1.63	1.73	3.69	2.34	2.40
25-Ago	1.88	1.20	1.30	1.42	1.45	25-Nov	1.56	1.66	4.74	2.28	2.56
26-Ago	2.21	1.18	1.30	1.49	1.54	26-Nov	2.08	5.27	3.72	5.27	4.09
27-Ago	2.52	1.34	1.30	1.58	1.68	27-Nov	1.84	5.27	3.02	5.27	3.85
28-Ago	2.22	1.85	1.30	1.30	1.67	28-Nov	1.31	5.27	2.74	4.45	3.44
29-Ago	1.75	1.74	1.30	1.32	1.53	29-Nov	1.30	5.27	2.39	3.32	3.07
30-Ago	1.62	1.45	1.64	1.14	1.46	30-Nov	1.21	5.04	2.43	3.29	2.99
31-Ago	1.58	1.30	2.12	1.14	1.54	1-Dic	1.29		2.30	2.99	2.19
1-Sep	1.55	1.65	2.26	1.14	1.65	2-Dic	1.21		2.70	5.27	3.06
2-Sep	1.80	2.33	1.78	1.10	1.70	3-Dic	1.10		3.01	3.49	2.53
3-Sep	1.41	2.20	3.26	1.18	2.01	4-Dic	1.09		2.75	5.27	3.04
4-Sep	2.19	1.78	1.95	1.10	1.75	5-Dic	1.03		2.74	5.27	3.01
5-Sep	2.07	5.27	1.60	1.11	2.51	6-Dic	1.83		2.60	4.64	3.02
6-Sep	1.73	5.27	1.46	1.10	2.39	7-Dic	5.27		2.75	5.27	4.43
7-Sep	1.50	3.49	1.30	1.05	1.83	8-Dic	5.27		2.15	3.70	3.70
8-Sep	1.41	2.69	1.22	1.45	1.69	9-Dic	5.27		2.11	3.06	3.48
9-Sep	1.47	2.62	1.19	1.16	1.61	10-Dic	5.27		2.20	2.71	3.39
10-Sep	1.60	2.35	1.19	2.67	1.95	11-Dic	4.57		2.09	2.48	3.05
11-Sep	1.43	3.73	1.30	5.27	2.93	12-Dic	3.12		1.90	2.49	2.50
12-Sep	1.34	2.60	1.30	5.27	2.63	13-Dic	2.48		1.67	4.75	2.96
13-Sep	1.31	2.07	1.30	2.59	1.82	14-Dic	2.26		2.32	3.57	2.72
14-Sep	1.30	1.89	1.92	1.86	1.74	15-Dic	2.01		2.58	3.68	2.75
15-Sep	1.55	2.96	1.45	1.62	1.89	16-Dic	1.86		2.43	3.74	2.67
16-Sep	1.68	2.79	1.30	1.45	1.81	17-Dic	5.27		4.63	4.25	4.72
17-Sep	5.27	2.14	1.19	1.41	2.50	18-Dic	5.27		4.81	4.16	4.75
18-Sep	5.27	1.80	1.19	1.67	2.48	19-Dic	2.99		2.90	5.27	3.72
19-Sep	2.00	1.77	1.19	1.30	1.57	20-Dic	2.31		2.30	3.63	2.75
20-Sep	2.05	2.46	1.19	1.25	1.74	21-Dic	2.01		2.25	5.27	3.18
21-Sep	1.91	1.90	1.14	1.19	1.54	22-Dic	2.05		2.26	5.27	3.19
22-Sep	1.77	1.66	1.63	1.27	1.58	23-Dic	3.92		1.99	5.27	3.73
23-Sep	2.17	1.57	1.19	1.62	1.64	24-Dic	3.93		1.80	5.27	3.67
24-Sep	1.86	1.59	1.06	1.30	1.45	25-Dic	2.87		1.30	5.27	3.15
25-Sep	3.55	2.37	1.10	2.07	2.27	26-Dic	2.72		2.07	5.27	3.35
26-Sep	3.93	1.60	0.20	1.34	1.77	27-Dic	5.27		1.85	5.27	4.16
27-Sep	5.27	1.37	5.27	5.27	4.30	28-Dic	5.27		2.75	5.27	4.43
28-Sep	3.72	1.57	1.30	3.03	2.41	29-Dic	5.27		1.98	5.27	4.17
29-Sep	2.80	1.58	1.80	2.96	2.29	30-Dic	4.76		1.80	5.27	3.95
30-Sep	2.43	1.53	1.47	5.27	2.68	31-Dic	5.27		1.60	5.27	4.05

	Persistencia Anual				
	2000	2001	2002	2003	Promedio
(1) Días con potencia máx.	69	96	53	95	78
(2) % días con potencia máx.	19%	26%	15%	26%	21%

(1) Días del año con caudal máximo de 5,27 m³/s
(2) Persistencia ((1)/365 días)

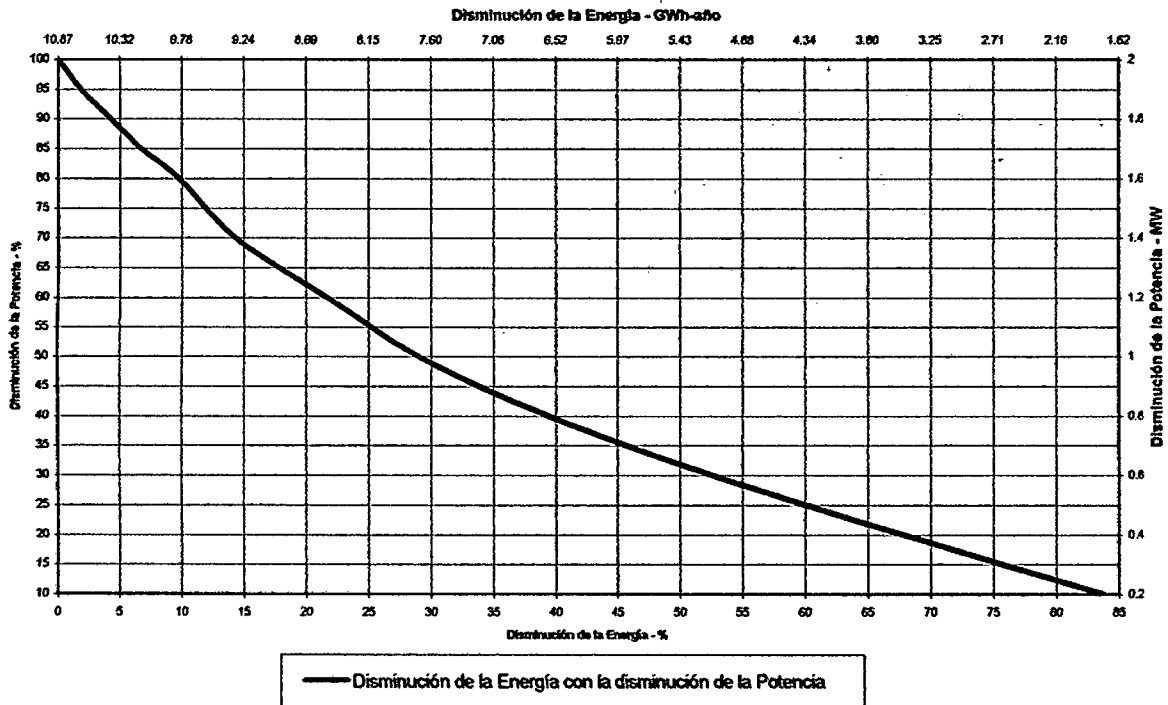
ANEXO A.1.2
Determinación del Caudal de Diseño y de la Venta de Energía

Caudal Máximo m³/s	Caudal Promedio m³/s	Factor de Planta %	Energía Generada MWh-año	Venta de Energía MUS\$-año	Relación entre Potencia y Energía			Disminución de Venta MUS\$-año
					% de Reducción		Relación Pot/Ener	
					de Potencia	de Energía		
5.27	3.27	0.62	10871	843.59	0.0%	0.0%	-	-
5.14	3.24	0.63	10771	835.85	2.5%	0.9%	2.72	7.74
5.01	3.21	0.64	10672	828.11	5.0%	1.8%	2.72	15.48
4.87	3.17	0.65	10539	817.80	7.5%	3.1%	2.45	25.80
4.74	3.13	0.66	10406	807.48	10.0%	4.3%	2.34	36.12
4.61	3.09	0.67	10273	797.16	12.5%	5.5%	2.27	46.44
4.48	3.05	0.68	10140	786.84	15.0%	6.7%	2.23	56.76
4.22	2.95	0.70	9807	761.04	20.0%	9.8%	2.04	82.55
3.69	2.80	0.76	9309	722.34	30.0%	14.4%	2.09	121.25
3.16	2.56	0.81	8511	660.43	40.0%	21.7%	1.84	183.17
2.64	2.32	0.88	7713	598.51	50.0%	29.1%	1.72	245.08
2.11	1.98	0.94	6582	510.80	60.0%	39.4%	1.52	332.79
1.58	1.55	0.98	5153	399.87	70.0%	52.6%	1.33	443.72
1.05	1.05	1.00	3491	270.88	80.0%	67.9%	1.18	572.71
0.53	0.53	1.00	1762	136.73	90.0%	83.8%	1.07	706.86

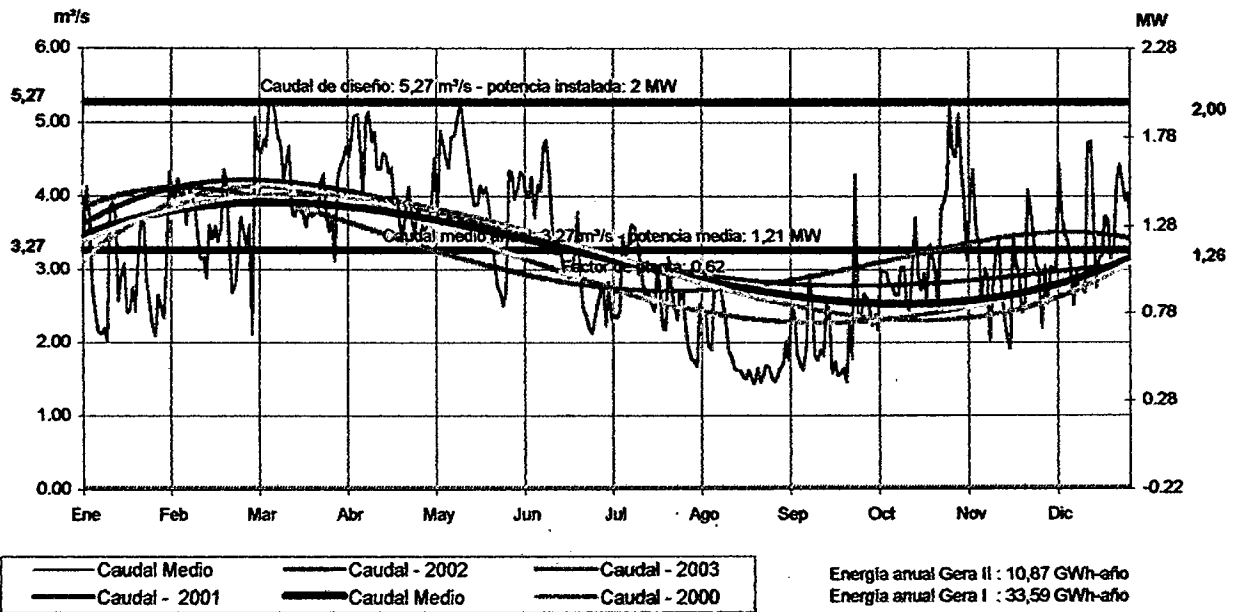
Resumen	
Caudal de diseño (m3/s)	5.27
Factor de planta	0.62
Persistencia	22%
Días c/potencia máx.	78
Potencia garantizada (m3/s) (*)	5.27

(*) Considerando que el reservorio de regulación opera a su máxima capacidad, y se opere en horas de punta (5 hs).

ANEXO A.1.3 GRÁFICO DE LA DISMINUCIÓN DE POTENCIA vs DISMINUCIÓN DE ENERGÍA



ANEXO A.1.4 GRÁFICO DE LOS VALORES MENSUALES DEL CAUDAL Y POTENCIA GENERADA Años 2000-2003



ANEXO A.2.1
Compensación de la Nivelación de la Poligonal Topográfica

Longitud de la Nivelación (K) en km = 1.9 km
 Error Máximo Permissible $0,01 \cdot \text{RAIZ}(K) = 13.8 \text{ mm}$

Punto	Cota	Vista Atrás	Nivel	Vista adelante	Cota Corregida
PI-0	854.085	2.712	856.797		854.085
PI-1	856.174			0.623	856.174
P-C	856.686			0.111	
		1.228	857.914		
BM-ANX	855.165			2.749	855.165
		2.648	857.813		
PI-2	856.612			1.201	856.612
PI-3	856.059			1.754	856.059
		1.057	857.116		
PI-4	856.070			1.046	856.070
		1.325	857.395		
PI-5	855.109			2.286	855.109
		2.244	857.353		
PI-6	856.858			0.495	856.858
		1.198	858.056		
PI-7	857.028			1.028	857.028
PI-8	856.163			1.893	856.163
		1.154	857.317		
P-C	856.444			0.873	
		2.393	858.837		
PI-9	858.733			0.104	858.733
PI-10	855.990			2.847	855.990
		1.950	857.940		
PI-11	856.925			1.015	856.925
		1.472	858.397		
P-C	855.860			2.537	
		3.114	858.974		
PI-12	857.103			1.871	857.103
PI-13	857.239			1.735	857.239
		1.875	859.114		
PI-14	857.164			1.950	857.164
PI-15	858.656			0.458	858.656
		0.262	858.918		
PI-16	856.558			2.360	856.558
		2.341	858.899		
PI-17	858.205			0.694	858.205
		1.436	859.641		
PI-18	858.647			0.994	858.647
		0.954	859.601		
PI-19	858.456			1.145	858.456
		3.371	861.827		
PI-20	857.955			3.872	857.955
		2.832	860.787		
PI-21	857.941			2.846	857.941
		2.905	860.846		
PI-22	858.901			1.945	858.901
PI-23	858.124			2.722	858.124
PI-24	858.433			2.413	858.433
PI-25	860.605			0.241	860.605
		2.774	863.379		
BM-I	863.374			0.005	863.374
		0.114	860.719		
PI-26	860.191			0.528	860.191
		1.826	862.017		
PI-27	858.591			3.426	858.591
P-C	860.663			1.354	
		1.590	862.253		
PI-28	861.121			1.132	861.121
PI-29	861.486			0.767	861.486
		3.272	864.758		
P-C	864.117			0.641	
		3.422	867.539		
PI-30	866.537			1.002	866.537
P-C	863.737			3.802	
		0.105	863.842		
P-C	860.001			3.841	
		0.762	860.763		
PI-31	856.762			4.001	856.762
PI-32	858.648			2.115	858.648
		2.348	880.996		

Punto	Cota	Vista Atrás	Nivel	Vista adelante	Cota Corregida
PI-33	857.248			3.748	857.248
		2.226	859.474		
PI-34	857.151			2.323	857.151
		2.933	860.084		
PI-35	856.740			3.344	856.740
		3.625	860.365		
PI-36	860.114			0.251	860.114
		0.003	860.117		
P-C	855.902			4.215	
		0.052	855.954		
PI-37	853.674			2.280	853.674
		1.250	854.924		
PI-37A	851.173			3.751	851.173
		3.768	854.941		
PI-37B	854.393			0.548	854.393
		3.450	857.843		
P-C	857.263			0.580	
		2.560	859.823		
PI-37C	859.673			0.150	859.673
		0.250	859.923		
P-C	856.033			3.890	
		0.136	856.169		
PI-37D	853.723			2.446	853.723
		4.178	857.901		
P-C	857.761			0.140	
		3.189	860.950		
PI-38	859.283			1.667	859.283
		3.005	862.288		
PI-39	860.534			1.754	860.534
		1.380	861.914		
PI-40	860.354			1.560	860.354
PI-41	858.330			3.584	858.330
		0.52	858.850		
P-C	855.370			3.480	
		0.496	855.866		
P-C	851.303			4.563	
		3.814	855.117		
P-C	855.006			0.111	
		1.254	856.260		
P-C	855.608			0.652	
		0.214	855.822		
P-C	855.192			0.63	
		0.247	855.439		
P-C	853.877			1.562	
		2.689	856.566		
P-C	854.998			1.568	
		0.457	855.455		
P-C	852.766			2.689	
		4.711	857.477		
P-C	855.118			2.359	
		1.245	856.363		
P-C	853.151			3.212	
		0.323	853.474		
P-C	853.221			0.253	
		2.514	855.735		
PI-0	854.077			1.658	

Error	8.0 mm
Error Máximo Permissible	13.8 mm

ANEXO 2.2.2
Equipos de Topografía

Equipos	Cant	Características
Estación Total marca Leica	1	Modelo TC805L
Estuche de transporte	1	Alcance: 5 km
Portaprisma con nivel de burbuja	2	Precisión: 3 mm+2 ppm; 1 segundo
Prisma simple	1	
Prisma triple	1	
Tripode de madera	1	
Baterías	2	
Cargador de baterías con suministro a 220V	1	
Cable de conexión para PC	1	
Radios portátiles	4	Motorola Talk About T5420
		Alcance: 3 km
Otros Equipos		
Cámaras fotográficas Canon	2	
GPS (Navegador portátil)		
GPS Marca MAGELLAN modelo Marine	1	Sistema WAAS, Precisión: 3 m
Nivel Marca Pentax	1	Modelo AL-240
Miras para nivelación		
Tripode de Aluminio		

ANEXO A.2.3
Relación de Vértices de la Poligonal Topográfica

	NORTE	ESTE	GOTA
PI-0	9,324,234.62	292,035.73	854.09
PI-1	9,324,281.00	292,015.00	856.17
PI-2	9,324,317.26	292,028.89	856.61
PI-3	9,324,315.89	292,094.67	856.06
PI-4	9,324,346.68	292,139.18	856.24
PI-5	9,324,383.96	292,158.82	855.11
PI-6	9,324,394.39	292,229.84	856.86
PI-7	9,324,390.40	292,259.50	857.03
PI-8	9,324,415.78	292,318.41	856.16
PI-9	9,324,430.22	292,404.77	858.73
PI-10	9,324,458.77	292,399.91	855.99
PI-11	9,324,506.35	292,424.93	856.93
PI-12	9,324,541.08	292,452.97	857.10
PI-13	9,324,586.70	292,456.29	857.24
PI-14	9,324,602.60	292,472.59	857.16
PI-15	9,324,615.71	292,503.62	858.66
PI-16	9,324,661.49	292,501.15	856.56
PI-17	9,324,707.29	292,519.87	858.21
PI-18	9,324,740.96	292,506.16	858.65
PI-19	9,324,767.22	292,500.63	858.46
PI-20	9,324,786.97	292,500.65	857.96
PI-21	9,324,799.37	292,511.84	857.94
PI-22	9,324,800.73	292,540.88	858.90
PI-23	9,324,798.15	292,567.51	858.12
PI-24	9,324,815.93	292,580.14	858.43
PI-25	9,324,831.56	292,552.81	860.60
PI-26	9,324,863.07	292,510.01	860.19
PI-27	9,324,869.61	292,488.57	858.59
PI-28	9,324,902.39	292,453.83	861.12
PI-29	9,324,908.91	292,436.28	861.49
PI-30	9,324,935.96	292,421.93	866.54
PI-31	9,324,955.55	292,373.12	856.76
PI-32	9,324,964.18	292,361.92	858.65
PI-33	9,325,021.54	292,324.74	857.25
PI-34	9,325,029.19	292,325.56	857.15
PI-35	9,325,053.97	292,334.37	856.74
PI-36	9,325,087.64	292,353.21	860.11
PI-37	9,325,231.03	292,359.17	853.67
PI-37A	9,325,387.97	292,429.75	851.17
PI-37B	9,325,393.71	292,454.09	854.39
PI-37C	9,325,411.71	292,471.99	859.67
PI-37D	9,325,455.47	292,511.97	853.72
PI-38	9,325,480.24	292,526.01	859.28
PI-39	9,325,441.51	292,572.08	860.53
PI-40	9,325,413.20	292,605.40	860.35
PI-41	9,325,399.59	292,620.76	858.33
PF	9325504.27	292724.94	813.00

ANEXO A.2.4
CUADRO N° H1: REGISTRO DE PRECIPITACIONES MENSUAL (mm)
ESTACIÓN JEPHELACIO

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1965	125.3	67.0	145.7	148.8	43.7	86.2	84.2	77.7	149.6	118.8	232.2	123.9	1403.1
1966	13.4	59.0	177.5	146.8	180.9	41.2	35.8	26.5	147.2	122.4	67.2	125.8	1143.7
1967	137.3	185.3	182.7	108.4	99.1	49.3	53.4	64.7	180.1	177.0	59.7	185.6	1482.6
1968	87.5	162.9	131.5	156.8	84.3	77.7	73.3	95.0	193.6	149.7	91.1	91.5	1394.9
1969	112.1	107.4	129.5	89.9	58.9	160.1	39.3	106.2	60.5	176.1	194.3	110.4	1344.7
1970	135.5	81.5	224.2	265.4	71.3	127.9	91.1	54.2	114.0	200.6	346.3	127.2	1839.2
1971	212.0	201.6	370.7	96.1	206.4	73.2	69.9	59.1	162.1	161.0	147.4	157.2	1916.7
1972	238.8	92.6	418.2	194.0	82.2	106.3	80.4	119.4	166.3	129.6	98.3	78.5	1804.6
1973	228.8	143.0	169.5	193.7	90.7	121.2	92.0	83.5	95.7	159.1	78.3	92.8	1548.3
1974	207.3	125.3	303.0	205.4	109.9	229.6	54.1	78.3	94.8	110.0	91.4	140.5	1749.6
1975	213.9	102.7	214.9	112.7	150.9	139.2	136.2	121.4	90.7	111.9	134.3	71.5	1600.3
1976	169.3	54.0	212.5	104.0	56.8	126.5	64.7	94.0	83.6	136.9	115.0	126.9	1344.2
1977	110.1	319.2	289.0	262.2	65.3	48.5	44.9	167.0	141.6	182.9	159.0	151.0	1950.7
1978	98.4	65.7	101.7	111.4	69.0	10.3	109.8	73.7	149.1	196.8	114.6	91.1	1191.6
1979	68.3	119.4	275.3	126.8	89.4	29.6	62.2	81.8	71.5	106.0	83.7	48.0	1162.0
1980	262.1	91.7	211.9	104.5	34.4	110.1	23.5	59.1	49.9	62.8	53.0	35.8	1098.8
1981	262.1	246.5	232.9	21.2	69.4	20.5	50.1	53.9	46.6	42.5	92.5	191.7	1329.9
1982	84.3	56.2	154.7	85.9	50.6	106.0	27.7	13.1	21.6	284.3	329.0	312.2	1525.6
1983	284.1	153.2	42.4	40.1	77.3	58.6	48.9	40.4	67.9	109.9	123.0	139.0	1184.8
Promedio	160.6	128.1	209.9	135.5	89.0	90.6	65.3	77.3	109.8	144.6	137.4	126.3	1474.5

PRECIPITACION MEDIA ANUAL (mm) : 1474.5

Cuadro N° H2
CAUDALES DIARIOS HISTORICOS: Años 2000-2003
(m3/s)

Día	2000	2001	2002	2003	Promedio	Día	2000	2001	2002	2003	Promedio
1-Ene	2.17	8.09	5.16	1.49	4.23	1-Abr	6.46	10.51	4.20	3.23	6.10
2-Ene	12.66	11.21	4.56	1.41	7.46	2-Abr	248.84	10.87	6.06	2.84	67.15
3-Ene	4.29	7.97	4.06	1.30	4.41	3-Abr	74.50	43.64	4.56	3.01	31.43
4-Ene	2.80	3.20	3.59	1.30	2.72	4-Abr	12.09	55.56	12.21	3.59	20.86
5-Ene	2.34	2.72	3.23	1.30	2.40	5-Abr	7.83	17.24	5.46	4.54	8.77
6-Ene	2.05	2.36	2.87	1.30	2.15	6-Abr	6.88	30.97	5.89	4.58	12.08
7-Ene	2.19	2.11	2.64	1.49	2.11	7-Abr	5.83	134.35	6.22	2.82	37.30
8-Ene	2.55	2.09	2.55	1.60	2.20	8-Abr	4.75	49.96	3.43	2.58	15.18
9-Ene	2.01	1.95	2.55	1.55	2.01	9-Abr	5.42	17.44	8.15	4.46	8.87
10-Ene	25.34	1.88	2.95	12.20	10.59	10-Abr	5.09	18.36	4.92	10.04	9.60
11-Ene	6.25	1.96	3.61	4.84	4.16	11-Abr	5.10	21.83	4.12	4.43	8.87
12-Ene	4.69	4.55	3.07	2.51	3.71	12-Abr	10.05	18.68	3.78	5.15	9.41
13-Ene	3.15	2.66	2.57	1.88	2.56	13-Abr	5.44	13.55	3.48	3.41	6.47
14-Ene	2.67	2.01	13.43	1.73	4.96	14-Abr	4.16	11.17	8.62	2.78	6.68
15-Ene	2.34	3.09	6.87	1.65	3.49	15-Abr	6.28	7.97	13.04	2.52	7.45
16-Ene	2.19	2.69	2.85	1.88	2.40	16-Abr	7.41	6.51	8.46	2.39	6.19
17-Ene	2.79	2.28	2.65	2.05	2.44	17-Abr	4.38	5.93	8.59	2.30	5.30
18-Ene	3.16	2.32	2.90	2.61	2.75	18-Abr	3.59	5.21	7.04	3.50	4.83
19-Ene	2.98	2.23	2.57	1.88	2.42	19-Abr	3.17	4.49	6.74	2.62	4.25
20-Ene	6.53	3.23	2.39	1.74	3.47	20-Abr	3.54	4.64	5.87	2.42	4.12
21-Ene	5.77	3.34	2.21	4.25	3.89	21-Abr	3.56	3.99	4.31	2.43	3.57
22-Ene	5.72	2.43	4.36	2.44	3.74	22-Abr	3.15	3.59	4.64	2.50	3.47
23-Ene	3.62	2.28	3.00	2.57	2.87	23-Abr	2.72	3.26	4.05	6.17	4.05
24-Ene	2.95	2.23	2.84	2.07	2.52	24-Abr	5.74	3.69	3.65	3.88	4.24
25-Ene	2.43	2.34	2.17	1.99	2.23	25-Abr	6.13	3.17	3.53	2.85	3.92
26-Ene	2.19	1.97	2.32	1.88	2.09	26-Abr	7.41	3.09	2.95	2.61	4.01
27-Ene	3.38	1.88	3.37	1.98	2.65	27-Abr	4.27	2.87	46.56	3.21	14.23
28-Ene	3.51	1.80	3.26	1.41	2.50	28-Abr	3.85	2.64	26.43	3.14	9.02
29-Ene	2.35	1.65	2.14	3.18	2.33	29-Abr	3.29	2.64	8.59	2.92	4.36
30-Ene	2.55	1.65	3.13	6.49	3.46	30-Abr	2.95	2.55	5.74	3.46	3.68
31-Ene	24.89	1.53	5.24	6.57	9.56	1-May	3.05	23.13	7.82	2.81	9.20
1-Feb	25.34	1.47	9.44	4.01	10.06	2-May	3.44	7.23	5.09	2.92	4.67
2-Feb	8.40	1.41	6.72	3.89	5.11	3-May	4.23	10.87	5.93	4.04	6.27
3-Feb	5.02	1.38	8.56	30.03	11.25	4-May	3.12	8.64	4.83	2.78	4.84
4-Feb	3.72	1.41	6.71	20.02	7.96	5-May	4.13	5.83	7.84	30.82	12.16
5-Feb	2.98	2.80	5.87	13.06	6.18	6-May	3.91	4.96	50.55	42.05	25.37
6-Feb	2.79	2.32	4.05	6.08	3.81	7-May	3.72	4.56	21.57	39.43	17.32
7-Feb	2.48	3.64	10.26	7.59	5.99	8-May	3.35	4.50	10.27	10.13	7.06
8-Feb	2.30	3.06	6.44	48.31	15.03	9-May	5.09	4.05	7.34	6.09	5.64
9-Feb	2.11	2.90	4.91	14.37	6.07	10-May	4.60	13.70	5.73	4.59	7.15
10-Feb	2.03	2.79	3.59	6.74	3.79	11-May	26.16	19.55	5.04	4.59	13.83
11-Feb	1.86	2.22	3.78	4.69	3.14	12-May	8.91	8.81	5.31	5.60	7.16
12-Feb	1.80	1.89	4.74	4.26	3.17	13-May	5.61	6.61	4.34	4.39	5.24
13-Feb	1.70	1.93	3.59	4.31	2.88	14-May	4.75	30.20	3.75	4.05	10.69
14-Feb	3.01	12.31	2.87	3.27	5.37	15-May	4.52	11.34	3.43	3.25	5.64
15-Feb	2.70	30.34	2.69	3.04	9.69	16-May	4.02	7.71	3.59	2.88	4.55
16-Feb	10.86	3.57	2.79	2.74	4.99	17-May	3.62	6.41	3.31	2.71	4.01
17-Feb	4.62	2.55	3.75	2.60	3.38	18-May	3.80	5.60	3.03	2.58	3.75
18-Feb	12.04	2.09	4.71	2.23	5.27	19-May	10.65	4.71	2.74	2.45	5.14
19-Feb	8.37	6.55	4.79	2.11	5.45	20-May	5.70	4.46	2.57	2.36	3.77
20-Feb	5.01	4.50	5.64	2.11	4.31	21-May	4.75	7.75	2.40	2.33	4.31
21-Feb	3.81	2.76	4.49	1.99	3.26	22-May	4.19	7.36	2.21	2.16	3.98
22-Feb	2.95	2.46	3.35	1.95	2.68	23-May	3.59	4.72	2.15	2.19	3.16
23-Feb	2.79	3.19	3.30	1.95	2.81	24-May	3.14	3.95	2.03	2.22	2.83
24-Feb	2.43	3.71	4.61	2.15	3.22	25-May	2.79	3.56	1.99	1.98	2.58
25-Feb	5.04	2.60	42.93	1.95	13.13	26-May	2.60	3.32	3.24	2.11	2.81
26-Feb	4.31	2.58	64.29	1.84	18.25	27-May	2.43	3.14	3.24	1.93	2.68

Cuadro Nº H2
CAUDALES DIARIOS HISTORICOS: Años 2000-2003
(m3/s)

Día	2000	2001	2002	2003	Promedio	Día	2000	2001	2002	2003	Promedio
27-Feb	4.31	2.26	4.60	2.20	3.34	28-May	2.75	3.06	2.30	2.28	2.59
28-Feb	3.01	2.13	4.05	6.46	3.91	29-May	2.50	23.13	2.25	3.37	7.81
29-Feb	57.70				57.70	30-May	2.41	8.23	2.11	10.43	5.79
1-Mar	37.73	436.38	4.46	9.21	121.94	31-May	1.44	5.17	1.97	6.22	3.70
2-Mar	12.82	253.00	3.78	4.24	68.46	1-Jun	2.32	4.93	3.92	27.14	9.57
3-Mar	8.21	204.47	4.75	3.04	55.12	2-Jun	2.07	4.70	4.55	20.86	8.05
4-Mar	5.13	49.39	3.38	15.55	18.36	3-Jun	1.99	5.43	4.55	13.27	6.31
5-Mar	23.13	37.81	2.84	41.12	26.23	4-Jun	1.95	8.13	3.53	7.64	5.31
6-Mar	17.52	17.15	47.01	15.30	24.25	5-Jun	2.30	8.80	3.07	6.02	5.05
7-Mar	7.43	9.98	6.25	10.62	8.57	6-Jun	3.74	5.09	2.95	5.46	4.31
8-Mar	5.24	8.03	4.89	6.74	6.22	7-Jun	3.38	4.12	2.85	4.48	3.71
9-Mar	4.71	6.99	3.99	8.08	5.94	8-Jun	9.67	3.85	2.84	4.64	5.25
10-Mar	4.64	6.02	3.69	5.84	5.04	9-Jun	30.53	3.65	3.01	4.34	10.38
11-Mar	4.37	6.94	2.90	4.37	4.65	10-Jun	9.88	4.49	4.45	3.57	5.60
12-Mar	3.95	5.38	3.39	7.77	5.12	11-Jun	21.29	5.43	7.16	3.25	9.28
13-Mar	3.50	4.66	2.79	17.44	7.10	12-Jun	8.54	4.09	5.01	2.95	5.15
14-Mar	3.07	3.85	2.84	6.03	3.95	13-Jun	4.72	3.38	3.91	2.68	3.67
15-Mar	2.87	4.33	2.64	5.05	3.72	14-Jun	3.88	3.29	3.23	2.52	3.23
16-Mar	3.00	4.87	2.45	26.39	9.18	15-Jun	3.38	3.29	3.66	2.55	3.22
17-Mar	2.48	8.38	2.15	8.08	5.27	16-Jun	3.05	2.90	7.93	2.36	4.06
18-Mar	2.23	8.21	2.26	5.48	4.54	17-Jun	3.11	2.69	3.73	2.42	2.99
19-Mar	2.19	10.37	2.41	4.45	4.86	18-Jun	3.79	2.69	3.35	2.25	3.02
20-Mar	2.39	159.00	2.41	9.68	43.37	19-Jun	2.60	3.30	2.93	2.72	2.88
21-Mar	2.21	53.41	2.14	7.79	16.39	20-Jun	2.39	2.65	2.84	4.18	3.01
22-Mar	2.49	15.14	2.07	6.20	6.48	21-Jun	2.36	2.43	2.84	8.20	3.96
23-Mar	2.55	8.76	1.95	11.06	6.08	22-Jun	5.45	2.34	2.45	5.08	3.83
24-Mar	3.82	6.84	2.39	6.65	4.92	23-Jun	2.79	2.28	2.39	4.11	2.89
25-Mar	4.40	10.58	2.26	11.20	7.11	24-Jun	2.43	2.13	2.25	2.95	2.44
26-Mar	2.65	9.73	1.88	6.28	5.13	25-Jun	2.19	2.03	2.17	3.10	2.37
27-Mar	2.41	9.26	1.95	4.43	4.51	26-Jun	2.07	1.95	2.03	2.71	2.19
28-Mar	2.86	7.21	1.95	4.79	4.20	27-Jun	2.03	2.09	1.95	2.39	2.11
29-Mar	1.25	4.51	1.95	4.76	3.12	28-Jun	1.95	2.05	1.95	3.29	2.31
30-Mar	3.97	6.59	1.95	4.35	4.21	29-Jun	2.28	1.86	1.95	4.06	2.53
31-Mar	7.79	18.38	2.64	4.52	8.33	30-Jun	2.03	1.75	1.80	6.15	2.93
1-Jul	3.19	1.79	1.80	4.25	2.76	1-Oct	2.36	1.33	1.50	10.43	3.91
2-Jul	2.37	1.73	1.80	2.99	2.22	2-Oct	2.09	1.26	1.41	5.18	2.49
3-Jul	2.53	1.72	1.80	6.74	3.20	3-Oct	1.95	1.19	1.19	4.55	2.22
4-Jul	2.58	1.66	1.80	3.21	2.31	4-Oct	2.26	1.19	1.39	4.68	2.38
5-Jul	3.61	1.33	1.80	2.74	2.37	5-Oct	2.31	1.19	1.30	3.84	2.16
6-Jul	2.60	2.36	1.80	2.55	2.33	6-Oct	3.07	1.62	1.99	17.38	6.01
7-Jul	2.19	3.16	2.11	2.28	2.43	7-Oct	2.52	1.52	2.52	7.01	3.39
8-Jul	1.97	4.50	17.46	2.16	6.52	8-Oct	2.41	1.76	2.41	15.00	5.39
9-Jul	2.20	3.18	18.12	2.14	6.41	9-Oct	2.31	1.15	2.40	20.41	6.57
10-Jul	3.02	3.32	9.36	1.95	4.41	10-Oct	2.67	1.19	1.95	7.68	3.37
11-Jul	2.17	3.54	5.08	1.95	3.19	11-Oct	2.44	1.14	1.73	5.41	2.68
12-Jul	3.70	2.65	3.98	4.01	3.59	12-Oct	2.05	1.42	1.82	35.64	10.23
13-Jul	23.50	2.45	3.35	2.71	8.00	13-Oct	1.86	2.16	2.82	8.46	3.83
14-Jul	6.31	2.07	2.95	2.14	3.37	14-Oct	2.54	2.50	1.91	5.18	3.03
15-Jul	4.17	2.35	2.84	1.90	2.82	15-Oct	2.46	2.17	1.41	4.09	2.54
16-Jul	3.01	2.92	2.64	1.73	2.58	16-Oct	2.01	3.03	1.41	3.25	2.43
17-Jul	2.67	5.23	1.14	1.66	2.68	17-Oct	2.66	19.71	1.66	2.78	6.70
18-Jul	2.36	2.88	3.29	1.66	2.55	18-Oct	3.39	5.68	3.73	2.45	3.81
19-Jul	2.17	2.60	3.23	1.66	2.42	19-Oct	3.00	4.12	2.45	2.22	2.95
20-Jul	12.97	2.17	2.84	1.66	4.91	20-Oct	2.60	4.23	1.90	2.11	2.71
21-Jul	4.88	2.27	2.28	1.58	2.75	21-Oct	3.64	4.16	1.88	2.11	2.95
22-Jul	3.14	1.97	2.09	1.47	2.17	22-Oct	3.23	3.47	1.54	2.11	2.59
23-Jul	3.23	1.95	2.01	1.47	2.17	23-Oct	3.54	2.46	11.06	2.11	4.79

Cuadro N° H2
CAUDALES DIARIOS HISTORICOS: Años 2000-2003
(m3/s)

Día	2000	2001	2002	2003	Promedio	Día	2000	2001	2002	2003	Promedio
24-Jul	3.99	8.23	2.02	1.43	3.92	24-Oct	3.42	2.09	5.09	2.06	3.16
25-Jul	3.09	3.43	2.84	1.43	2.70	25-Oct	2.65	2.79	2.57	3.71	2.93
26-Jul	2.57	2.43	3.36	1.67	2.51	26-Oct	2.36	2.55	2.74	2.30	2.49
27-Jul	2.86	2.55	2.34	1.49	2.31	27-Oct	2.01	7.72	7.84	2.72	5.07
28-Jul	2.11	6.81	2.11	1.41	3.11	28-Oct	1.86	6.76	10.42	3.41	5.61
29-Jul	1.95	5.64	2.33	1.34	2.81	29-Oct	3.49	10.94	8.94	2.40	6.44
30-Jul	1.86	3.38	2.17	1.30	2.18	30-Oct	4.98	13.76	5.95	11.11	8.95
31-Jul	1.80	2.62	1.91	1.30	1.91	31-Oct	2.58	6.33	21.35	6.02	9.07
1-Ago	1.75	2.32	1.75	1.26	1.77	1-Nov	2.30	17.93	6.50	11.05	9.44
2-Ago	1.73	2.03	1.55	1.65	1.74	2-Nov	10.52	14.04	4.65	9.85	9.77
3-Ago	1.88	1.95	1.52	1.30	1.66	3-Nov	3.34	10.94	3.50	7.29	6.27
4-Ago	20.03	1.82	1.58	1.47	6.23	4-Nov	2.32	5.58	2.90	5.71	4.13
5-Ago	11.09	1.68	1.33	1.43	3.88	5-Nov	1.92	4.09	2.12	4.36	3.12
6-Ago	4.63	1.66	1.47	1.30	2.27	6-Nov	1.72	10.72	6.20	3.87	5.63
7-Ago	3.50	1.63	1.46	1.25	1.96	7-Nov	1.62	7.98	5.49	5.75	5.21
8-Ago	2.98	1.84	1.54	1.19	1.89	8-Nov	1.55	7.51	3.30	4.39	4.19
9-Ago	2.95	1.62	1.34	10.00	3.98	9-Nov	1.50	4.50	3.06	4.25	3.33
10-Ago	2.77	1.55	1.27	9.91	3.88	10-Nov	1.45	3.47	2.45	3.06	2.61
11-Ago	17.63	1.47	1.30	3.16	5.89	11-Nov	1.41	3.01	2.74	4.87	3.01
12-Ago	7.20	1.41	1.30	2.19	3.03	12-Nov	1.33	2.60	4.61	3.10	2.91
13-Ago	4.57	1.31	1.30	1.80	2.25	13-Nov	1.30	2.50	1.45	2.74	2.00
14-Ago	3.41	1.30	1.30	1.53	1.89	14-Nov	1.20	2.28	7.98	2.66	3.53
15-Ago	2.92	1.58	1.30	1.41	1.81	15-Nov	1.25	2.11	4.34	6.90	3.65
16-Ago	2.57	1.37	1.30	1.32	1.64	16-Nov	1.19	8.27	3.26	3.80	4.13
17-Ago	2.39	1.33	1.30	1.43	1.61	17-Nov	1.46	1.99	4.12	3.21	2.70
18-Ago	2.19	1.30	1.30	1.65	1.61	18-Nov	1.32	2.07	3.26	2.64	2.32
19-Ago	2.13	1.30	1.30	1.36	1.52	19-Nov	1.22	1.93	2.74	2.36	2.06
20-Ago	2.11	1.33	1.30	1.25	1.50	20-Nov	1.30	1.91	2.28	2.14	1.91
21-Ago	1.98	1.99	1.30	1.21	1.62	21-Nov	1.46	4.85	2.38	10.32	4.75
22-Ago	1.95	1.49	1.30	1.25	1.50	22-Nov	1.34	2.50	16.65	3.21	5.93
23-Ago	1.86	1.31	1.30	1.25	1.43	23-Nov	1.95	1.99	5.58	2.61	3.03
24-Ago	1.72	1.23	1.30	2.36	1.65	24-Nov	1.83	1.73	3.69	2.34	2.40
25-Ago	1.88	1.20	1.30	1.42	1.45	25-Nov	1.56	1.66	4.74	2.28	2.56
26-Ago	2.21	1.18	1.30	1.49	1.54	26-Nov	2.08	11.08	3.72	12.65	7.38
27-Ago	2.52	1.34	1.30	1.58	1.68	27-Nov	1.84	6.75	3.02	10.84	5.61
28-Ago	2.22	1.85	1.30	1.30	1.67	28-Nov	1.31	5.27	2.74	4.45	3.44
29-Ago	1.75	1.74	1.30	1.32	1.53	29-Nov	1.30	5.27	2.39	3.32	3.07
30-Ago	1.62	1.45	1.64	1.14	1.46	30-Nov	1.21	5.04	2.43	3.29	2.99
31-Ago	1.58	1.30	2.12	1.14	1.54	1-Dic	1.29	2.84	2.30	2.99	2.35
1-Sep	1.55	1.65	2.26	1.14	1.65	2-Dic	1.21	3.18	2.70	6.23	3.33
2-Sep	1.60	2.33	1.78	1.10	1.70	3-Dic	1.10	9.52	3.01	3.49	4.28
3-Sep	1.41	2.20	3.26	1.18	2.01	4-Dic	1.09	8.59	2.75	31.38	10.95
4-Sep	2.19	1.78	1.95	1.10	1.75	5-Dic	1.03	5.55	2.74	9.31	4.66
5-Sep	2.07	26.16	1.60	1.11	7.73	6-Dic	1.83	3.66	2.60	4.64	3.18
6-Sep	1.73	8.25	1.46	1.10	3.13	7-Dic	40.74	3.20	2.75	5.90	13.15
7-Sep	1.50	3.49	1.30	1.05	1.83	8-Dic	7.88	3.06	2.15	3.70	4.20
8-Sep	1.41	2.69	1.22	1.45	1.69	9-Dic	51.16	4.39	2.11	3.06	15.18
9-Sep	1.47	2.62	1.19	1.16	1.61	10-Dic	11.09	5.21	2.20	2.71	5.30
10-Sep	1.60	2.35	1.19	2.67	1.95	11-Dic	4.57	3.41	2.09	2.48	3.14
11-Sep	1.43	3.73	1.30	26.26	8.18	12-Dic	3.12	3.01	1.90	2.49	2.63
12-Sep	1.34	2.60	1.30	5.27	2.63	13-Dic	2.48	2.72	1.67	4.75	2.90
13-Sep	1.31	2.07	1.30	2.59	1.82	14-Dic	2.26	2.46	2.32	3.57	2.65
14-Sep	1.30	1.89	1.92	1.86	1.74	15-Dic	2.01	2.36	2.58	3.68	2.66
15-Sep	1.55	2.96	1.45	1.62	1.89	16-Dic	1.86	2.45	2.43	3.74	2.62
16-Sep	1.68	2.79	1.30	1.45	1.81	17-Dic	6.04	2.36	4.63	4.25	4.32
17-Sep	6.57	2.14	1.19	1.41	2.83	18-Dic	5.55	2.03	4.81	4.16	4.14
18-Sep	5.66	1.80	1.19	1.67	2.58	19-Dic	2.99	2.13	2.90	5.61	3.41

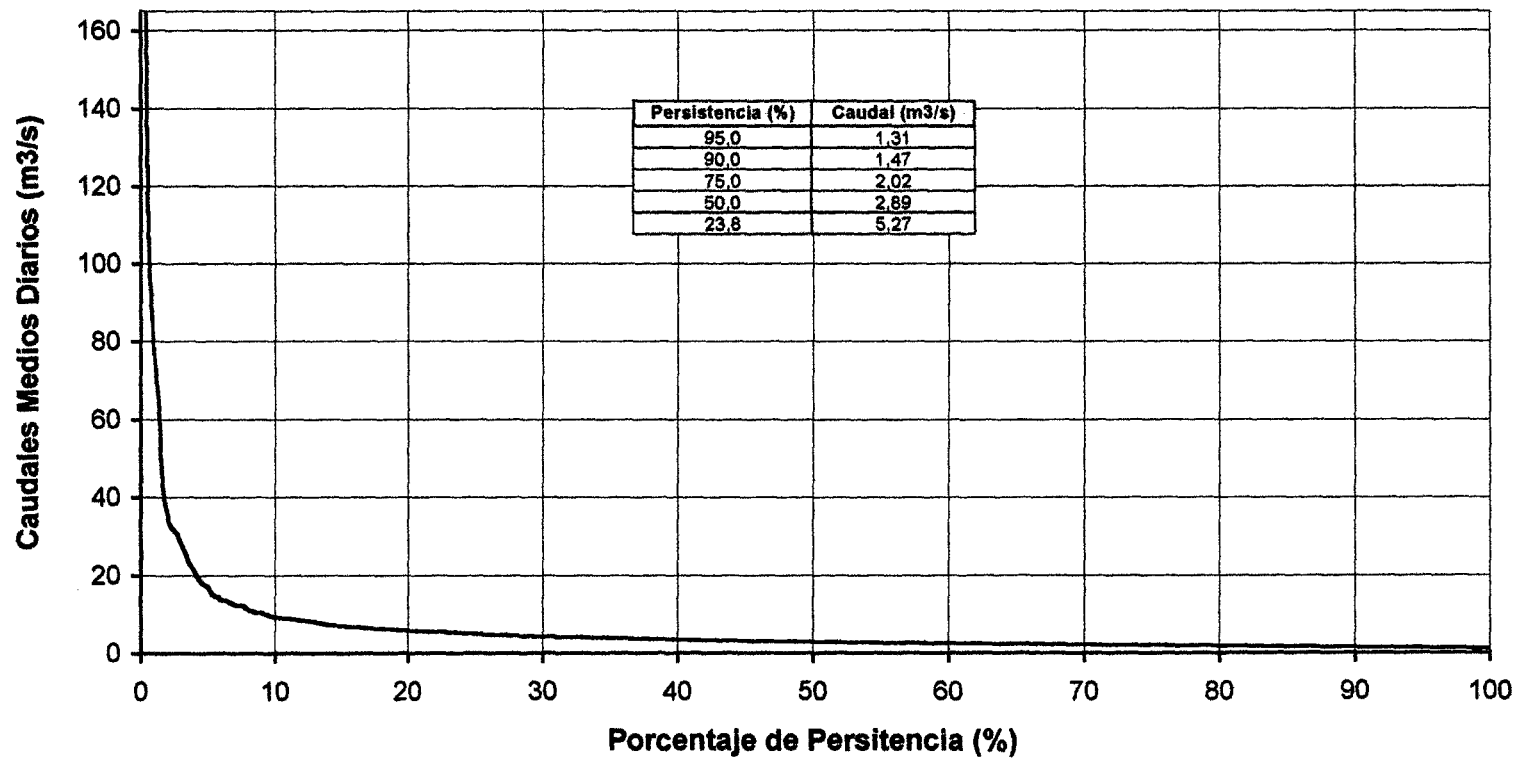
Cuadro N° H2
CAUDALES DIARIOS HISTORICOS: Años 2000-2003
(m3/s)

Día	2000	2001	2002	2003	Promedio	Día	2000	2001	2002	2003	Promedio
19-Sep	2.00	1.77	1.19	1.30	1.57	20-Dic	2.31	2.85	2.30	3.63	2.77
20-Sep	2.05	2.46	1.19	1.25	1.74	21-Dic	2.01	2.32	2.25	5.90	3.12
21-Sep	1.91	1.90	1.14	1.19	1.54	22-Dic	2.05	2.01	2.26	8.44	3.69
22-Sep	1.77	1.66	1.63	1.27	1.58	23-Dic	3.92	1.79	1.99	5.29	3.25
23-Sep	2.17	1.57	1.19	1.62	1.64	24-Dic	3.93	1.70	1.80	5.61	3.26
24-Sep	1.86	1.59	1.06	1.30	1.45	25-Dic	2.87	1.66	1.30	37.41	10.81
25-Sep	3.55	2.37	1.10	2.07	2.27	26-Dic	2.72	13.73	2.07	10.93	7.36
26-Sep	3.93	1.60	1.10	1.34	1.99	27-Dic	6.33	5.83	1.95	7.65	5.44
27-Sep	7.59	1.37	1.66	11.47	5.52	28-Dic	15.66	3.89	2.75	5.41	6.92
28-Sep	3.72	1.57	1.30	3.03	2.41	29-Dic	9.31	3.01	1.98	20.39	8.67
29-Sep	2.80	1.58	1.80	2.96	2.29	30-Dic	4.76	2.84	1.80	16.53	6.49
30-Sep	2.43	1.53	1.47	25.25	7.67	31-Dic	8.94	2.52	1.60	13.24	6.57

ANEXO A.2.5

CURVA DE PERSISTENCIA

Caudales Medios Diarios de la Estación Limnimétrica Gera



ANEXO A.3.1

Características Hidráulicas de Túneles tipo Baúl para distintos Tirantes

d/r	P/r	R/r	$K_q \cdot n/r^{4/3}$
2.00	6.9266	0.5116	2.269
1.99	6.6435	0.5331	2.329
1.98	6.5260	0.5422	2.353
1.97	6.4355	0.5491	2.370
1.96	6.3590	0.5549	2.383
1.95	6.2915	0.5600	2.394
1.94	6.2302	0.5644	2.402
1.93	6.1737	0.5684	2.408
1.92	6.1213	0.5720	2.413
1.91	6.0716	0.5754	2.417
1.90	6.0246	0.5784	2.419
1.89	5.9797	0.5814	2.420
1.88	5.9367	0.5840	2.421
1.87	5.8953	0.5865	2.421
1.86	5.8555	0.5887	2.420
1.85	5.8170	0.5908	2.418
1.84	5.7795	0.5928	2.416
1.83	5.7435	0.5946	2.414
1.82	5.7080	0.5963	2.410
1.81	5.6736	0.5979	2.406
1.80	5.6393	0.5994	2.405
1.70	5.3362	6.6088	2.330
1.60	5.0784	0.6105	2.236
1.50	4.8326	0.6063	2.100
1.40	4.6084	0.5970	1.952
1.30	4.3918	0.5834	1.781
1.20	4.1881	0.5650	1.620
1.10	3.9857	0.5452	1.453
1.00	3.7854	0.5213	1.280

- d = Tirante de agua
 r = Radio de la bóveda
 A = Área mojada
 R = Radio hidráulico
 n = Coeficiente de rugosidad

ANEXO A.3.2
Anclajes y Apoyos de la Tubería de Presión

a) Anclajes

Para el cálculo de las dimensiones de los anclajes, es necesario conocer las fuerzas actuantes sobre estos, por lo que a continuación se hace un análisis de los anclajes de acuerdo a los datos geométricos y características técnicas de la tubería de presión. Estas fuerzas son calculadas de acuerdo a lo especificado en la sección 3.4.6 .

Para la convención del signo de las fuerzas estableceremos lo siguiente:

- El origen de coordenadas coincide con el punto de cambio de dirección en el anclaje.
- La fuerza F_H (+) será la horizontal resultante de izquierda a derecha.
- La fuerza F_V (+) será la vertical resultante hacia arriba.

I. ANCLAJE N° 2

▪ Datos Geométricos y Características Técnicas

Caudal (m ³ /s)	:	5,27
Diámetro interior (m)	:	1,3
Espesor de tubería (m)	:	0,009525
Ángulo vert. aguas arriba (°)	:	35
Ángulo vert. aguas abajo (°)	:	42
Longitud entre apoyos (m)	:	10
Coef. Rozamiento en apoyos	:	0,5
Coef. Rozamiento en el terreno	:	0,3
Carga en anclaje (m)	:	19
Carga en Junta de		
dilatación Superior (m)	:	10
Long.tub.: Anclaje-Junta		
dilatac. superior (m)	:	15
Carga en Junta de		
dilatación Inferior (m)	:	24,4

Long.tub.: Anclaje-Junta		
dilatac. inferior(m)	:	8
Peso acero (ton/m ³)	:	7,85
Peso agua (ton/m ³)	:	1
Factor de sobre presión	:	1,5
D1 = D+2e (m)	:	1,319
Velocidad en la tubería (m/s)	:	3,97
Peso de la Tub. (T/m)	:	0,3076
Peso de agua (T/m)	:	1,327

• **Fuerzas en la Tubería Superior (Ton)**

Componente peso tubería + agua, normal al eje de la misma :	$F_1 = 6,696$
Componente peso tubería paralela al eje de la misma :	$F_2 = 2,647$
Fricción de la tubería en los apoyos:	$F_3 = 10,04$
Fuerza centrífuga producida por el cambio de dirección:	$F_4 = 2,133$
Fuerza axial en la junta de dilat. por diferencia de sección :	$F_5 = 0,392$
Fuerza hidrostática en el codo de la tubería (eje):	$F_6 = 37,83$
Fuerza de arrastre del agua:	$F_7 = 0,286$

• **Fuerzas en la Tubería Inferior (Ton)**

Componente peso tubería + agua, normal al eje de la misma :	$F_8 = 6,075$
Componente peso tubería paralela al eje de la misma :	$F_9 = 1,647$
Fricción de la tubería en los apoyos:	$F_{10} = 4,859$
Fuerza centrífuga producida por el cambio de dirección:	$F_{11} = 2,133$
Fuerza axial en la junta de dilat. por diferencia de sección :	$F_{12} = 0,954$
Fuerza hidrostática en el codo de la tubería (eje):	$F_{13} = 37,82$
Fuerza de arrastre del agua:	$F_{14} = 0,127$

• **Fuerzas Resultantes (Ton)**

CASO: Aumento de temperatura

$$F_H = -F_1 \cdot \text{sen}35^\circ + \text{cos}35^\circ \cdot (F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6 + F_7) - F_8 \cdot \text{sen}42^\circ + \text{cos}42^\circ \cdot (F_9 - F_{10} - F_{11} - F_{12} - F_{13} + F_{14}) = \mathbf{3,041 \text{ Ton}}$$

$$F_V = -F_1 \cdot \cos 35^\circ - \sin 35^\circ \cdot (F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6 + F_7) - F_8 \cdot \cos 42^\circ - \sin 42^\circ \cdot (F_9 - F_{10} - F_{11} - F_{12} - F_{13} + F_{14}) = -11,118 \text{ Ton}$$

$$F_r = 11,527 \text{ Ton}$$

CASO: Disminución de temperatura

$$F_H = -F_1 \cdot \sin 35^\circ + \cos 35^\circ \cdot (F_2 - F_3 + F_4 + F_5 + F_6 + F_7) - F_8 \cdot \sin 42^\circ + \cos 42^\circ \cdot (F_9 + F_{10} - F_{11} - F_{12} - F_{13} + F_{14}) = -6,191 \text{ Ton}$$

$$F_V = -F_1 \cdot \cos 35^\circ - \sin 35^\circ \cdot (F_2 - F_3 + F_4 + F_5 + F_6 + F_7) - F_8 \cdot \cos 42^\circ - \sin 42^\circ \cdot (F_9 + F_{10} - F_{11} - F_{12} - F_{13} + F_{14}) = -6,10 \text{ Ton}$$

$$F_r = 8,692 \text{ Ton}$$

• **Fuerzas de Diseño (Ton)**

$$\text{Fza. Horiz.: } 3,041 \text{ Ton} \quad \text{Fza. Vert.: } -11,118 \text{ Ton}$$

Tratándose de una codo convexo (el ángulo con la horizontal es mayor aguas abajo del anclaje de aguas arriba) la peor condición se produce con el aumento de temperatura y es para este caso que se diseña el anclaje.

• **Dimensionamiento del Anclaje**

Las dimensiones (LxBxY) del bloque de anclaje se establecen en función de las fuerzas de diseño más el peso propio W del bloque.

Las condiciones de estabilidad que deben ser satisfechas son las siguientes :

- > Las fuerzas de fricción entre el bloque y el suelo, deben ser superiores que el empuje horizontal F_H .

$$F_H < f \cdot (W \pm F_V) \quad \dots\dots\dots (\alpha)$$

- > La resultante de todas las fuerzas debe pasar dentro del tercio medio de la base.

$$\frac{M}{F_V} > \frac{B}{3} \quad \dots\dots\dots (\beta)$$

- > La presión transmitida por el bloque al suelo debe ser menor que la capacidad portante σ_t de éste.

$$\frac{W \pm F_V}{B \cdot L} < \sigma_t \quad \dots\dots\dots (\lambda)$$

Tomando un coeficiente de fricción con el suelo de $f = 0,3$, la resistencia portante del suelo $\sigma_t = 14,4 \text{ T/m}^2$ y el peso específico del concreto $\gamma_c = 2,4 \text{ T/m}^3$.

Para la primera condición de estabilidad se tiene que:

$$3,04 < 0,3 \cdot (W + 11,118) \quad \therefore W > 0$$

Lo cual nos indica que la fuerza vertical propiamente dicha, mantiene estable al bloque.

Luego, asumimos que la dimensión en el sentido del flujo es $L = 4 \text{ m}$

En la figura "A" se muestra la colocación de la tubería dentro del bloque para que tenga un recubrimiento de por lo menos 30 cm, y las dimensiones del bloque. Se obtiene una altura igual $Y = 5,5 \text{ m}$

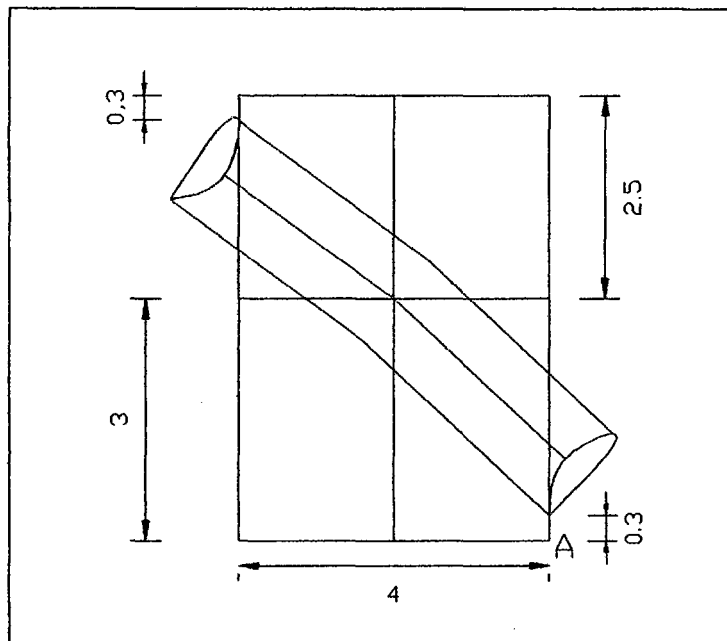


Figura A

El ancho del bloque se podría obtener dividiendo el volumen mínimo (que se puede obtener por la primera condición de estabilidad) para las dimensiones ya obtenidas; pero en nuestro caso, como la fuerza vertical resultante controla la estabilidad, se asume un ancho B igual a :

$$B = \text{ancho de la tubería} + 0,6 \text{ cm de recubrimiento en cada lado}$$

$$B = 1,3 + 2 \times 0,6 = 2,5 \text{ m}$$

Para las dimensiones $L \times B \times Y$ obtenidas, se verificara las dos condiciones restantes.

El peso del anclaje sería entonces:

$$2,4 \times (5,5 \times 4 \times 2,5 - 6,81) = 116 \text{ Ton} \quad \text{donde: } 6,81 \text{m}^3 \text{ es el volumen que ocupa el tubo.}$$

Siendo este peso el más crítico; pudiéndose reducir el volumen del anclaje al darle una forma tal que se adecue al perfil del terreno. Esta reducción es posible por lo concluido en la primera condición.

La suma de las fuerzas verticales $W+F_v$ es:

$$116 + 11,118 = 127 \text{ Ton}$$

Entonces, para la tercera condición:

$$\frac{127}{2,5 \times 4} = 12,7 < 14,4 \text{ T/m}^2 \quad \text{iii Correcto!!!!}$$

Ahora, para la segunda condición se tiene:

La suma de momentos (M) respecto al punto A es:

$$M = 127 \times 2 - 3,041 \times 2,75 = 246 \text{ T.m}$$

$$\frac{246}{127} = 1,94 > \frac{4}{3} = 1,33 \quad \text{iii Correcto!!!!}$$

Por lo tanto las dimensiones del anclaje N° 2 son: 4 x 2,5 x 5,5m

II. ANCLAJE N° 1

▪ Datos Geométricos y Características Técnicas

Caudal (m ³ /s)	:	5,27
Diámetro interior (m)	:	1,3
Espesor de tubería (m)	:	0,009525
Ángulo vert. aguas arriba (°)	:	0
Ángulo vert. aguas abajo (°)	:	35
Longitud entre apoyos (m)	:	10
Coef. Rozamiento en apoyos	:	0,5
Coef. Rozamiento en el terreno	:	0,3
Carga en anclaje (m)	:	5,5
Carga en Junta de dilatación Superior (m)	:	0

Long.tub.: Anclaje-Junta		
dilatac. superior (m)	:	0
Carga en Junta de		
dilatación Inferior (m)	:	10,4
Long.tub.: Anclaje-Junta		
dilatac. inferior(m)	:	8,5
Peso acero (ton/m ³)	:	7,85
Peso agua (ton/m ³)	:	1
Factor de sobre presión	:	1,5
D1 = D+2e (m)	:	1,319
Velocidad en la tubería (m/s)	:	3,97
Peso de la Tub. (T/m)	:	0,3076
Peso de agua (T/m)	:	1,327

• **Fuerzas en la Tubería Superior (Ton)**

Componente peso tubería + agua, normal al eje de la misma :	$F_1 = 0$
Componente peso tubería paralela al eje de la misma :	$F_2 = 0$
Fricción de la tubería en los apoyos:	$F_3 = 0$
Fuerza centrífuga producida por el cambio de dirección:	$F_4 = 0$
Fuerza axial en la junta de dilat. por diferencia de sección :	$F_5 = 0$
Fuerza hidrostática en el codo de la tubería (eje):	$F_6 = 10,95$
Fuerza de arrastre del agua:	$F_7 = 0$

• **Fuerzas en la Tubería Inferior (Ton)**

Componente peso tubería + agua, normal al eje de la misma :	$F_8 = 6,70$
Componente peso tubería paralela al eje de la misma :	$F_9 = 1,50$
Fricción de la tubería en los apoyos:	$F_{10} = 5,69$
Fuerza centrífuga producida por el cambio de dirección:	$F_{11} = 2,13$
Fuerza axial en la junta de dilat. por diferencia de sección :	$F_{12} = 0,41$
Fuerza hidrostática en el codo de la tubería (eje):	$F_{13} = 10,95$
Fuerza de arrastre del agua:	$F_{14} = 0,135$

• **Fuerzas Resultantes (Ton)**

CASO: Aumento de temperatura

$$F_H = -F_1 \cdot \text{sen}0^\circ + \text{cos}0^\circ \cdot (F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6 + F_7) - F_8 \cdot \text{sen}35^\circ + \text{cos}35^\circ \cdot (F_9 - F_{10} - F_{11} - F_{12} - F_{13} + F_{14}) = -7,26 \text{ Ton}$$

$$F_V = -F_1 \cdot \text{cos}0^\circ - \text{sen}0^\circ \cdot (F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6 + F_7) - F_8 \cdot \text{cos}35^\circ - \text{sen}35^\circ \cdot (F_9 - F_{10} - F_{11} - F_{12} - F_{13} + F_{14}) = 4,58 \text{ Ton}$$

$$Fr = 8,56 \text{ Ton}$$

CASO: Disminución de temperatura

$$F_H = -F_1 \cdot \text{sen}0^\circ + \text{cos}0^\circ \cdot (F_2 - F_3 + F_4 + F_5 + F_6 + F_7) - F_8 \cdot \text{sen}35^\circ + \text{cos}35^\circ \cdot (F_9 + F_{10} - F_{11} - F_{12} - F_{13} + F_{14}) = 2,06 \text{ Ton}$$

$$F_V = -F_1 \cdot \text{cos}0^\circ - \text{sen}0^\circ \cdot (F_2 - F_3 + F_4 + F_5 + F_6 + F_7) - F_8 \cdot \text{cos}35^\circ - \text{sen}35^\circ \cdot (F_9 + F_{10} - F_{11} - F_{12} - F_{13} + F_{14}) = -1,95 \text{ Ton}$$

$$Fr = 2,87 \text{ Ton}$$

• **Fuerzas de Diseño (Ton)**

Fza. Horiz.: -7,26 ton

Fza. Vert.: 4,58 ton.

Tratándose de una codo convexo (el ángulo con la horizontal es mayor aguas abajo del anclaje de aguas arriba) la peor condición se produce con el aumento de temperatura y es para este caso que se diseña el anclaje.

Con esta fuerzas y aplicando los coeficientes de seguridad (FV=2,5 y FS=1,5) se dimensiona el anclaje.

III. ANCLAJE N° 3

▪ **Datos Geométricos y Características Técnicas**

Caudal (m3/s)	:	5,27
Diámetro interior (m)	:	1,3
Espesor de tubería (m)	:	0,009525
Ángulo vert. aguas arriba (°)	:	42
Ángulo vert. aguas abajo (°)	:	0
Longitud entre apoyos (m)	:	10
Coef. Rozamiento en apoyos	:	0,5
Coef. Rozamiento en el terreno	:	0,3
Carga en anclaje (m)	:	36

Carga en Junta de dilatación Superior (m)	:	24
Long.tub.: Anclaje-Junta dilatac. superior (m)	:	27,5
Carga en Junta de dilatación Inferior (m)	:	0
Long.tub.: Anclaje-Junta dilatac. inferior(m)	:	0
Peso acero (ton/m ³)	:	7,85
Peso agua (ton/m ³)	:	1
Factor de sobre presión	:	1,5
D1 = D+2e (m)	:	1,319
Velocidad en la tubería (m/s)	:	3,97
Peso de la Tub. (T/m)	:	0,3076
Peso de agua (T/m)	:	1,327

• **Fuerzas en la Tubería Superior (Ton)**

Componente peso tubería + agua, normal al eje de la misma :	$F_1 = 6,075$
Componente peso tubería paralela al eje de la misma :	$F_2 = 5,660$
Fricción de la tubería en los apoyos:	$F_3 = 16,71$
Fuerza centrífuga producida por el cambio de dirección:	$F_4 = 2,133$
Fuerza axial en la junta de dilat. por diferencia de sección :	$F_5 = 0,940$
Fuerza hidrostática en el codo de la tubería (eje):	$F_6 = 71,68$
Fuerza de arrastre del agua:	$F_7 = 0,438$

• **Fuerzas en la Tubería Inferior (Ton)**

Componente peso tubería + agua, normal al eje de la misma :	$F_8 = 8,175$
Componente peso tubería paralela al eje de la misma :	$F_9 = 0$
Fricción de la tubería en los apoyos:	$F_{10} = 0$
Fuerza centrífuga producida por el cambio de dirección:	$F_{11} = 2,133$
Fuerza axial en la junta de dilat. por diferencia de sección :	$F_{12} = 0$
Fuerza hidrostática en el codo de la tubería (eje):	$F_{13} = 71,68$

Fuerza de arrastre del agua:

$$F_{14} = 0$$

• **Fuerzas Resultantes (Ton)**

CASO: Aumento de temperatura

$$F_H = -F_1 \cdot \text{sen}42^\circ + \text{cos}42^\circ \cdot (F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6 + F_7) - F_8 \cdot \text{sen}0^\circ + \text{cos}0^\circ \cdot (F_9 - F_{10} - F_{11} - F_{12} - F_{13} + F_{14}) = -5,377 \text{ Ton}$$

$$F_V = -F_1 \cdot \text{cos}42^\circ - \text{sen}42^\circ \cdot (F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6 + F_7) - F_8 \cdot \text{cos}0^\circ - \text{sen}0^\circ \cdot (F_9 - F_{10} - F_{11} - F_{12} - F_{13} + F_{14}) = -77,96 \text{ Ton}$$

$$F_r = 78,15 \text{ Ton}$$

CASO: Disminución de temperatura

$$F_H = -F_1 \cdot \text{sen}42^\circ + \text{cos}42^\circ \cdot (F_2 - F_3 + F_4 + F_5 + F_6 + F_7) - F_8 \cdot \text{sen}0^\circ + \text{cos}0^\circ \cdot (F_9 + F_{10} - F_{11} - F_{12} - F_{13} + F_{14}) = -30,207 \text{ Ton}$$

$$F_V = -F_1 \cdot \text{cos}42^\circ - \text{sen}42^\circ \cdot (F_2 - F_3 + F_4 + F_5 + F_6 + F_7) - F_8 \cdot \text{cos}0^\circ - \text{sen}0^\circ \cdot (F_9 + F_{10} - F_{11} - F_{12} - F_{13} + F_{14}) = -55,607 \text{ Ton}$$

$$F_r = 63,28 \text{ Ton}$$

• **Fuerzas de Diseño (Ton)**

Fza. Horiz.: -5,377 ton

Fza. Vert.: -77,96 ton.

Con estas fuerzas y aplicando los coeficientes de seguridad (FV=2,5 y FS=1,5) se dimensiona el anclaje.

b) Apoyos – Cálculo de las Fuerzas de Diseño

Los apoyos son bloques de concreto que permiten que la tubería se deslice sobre ellos, cuando cambia de longitud debido a variaciones térmicas.

Las únicas fuerzas que actúan son las equivalentes a F_1 y F_3 .

I. APOYO TIPO I :

Caudal (m ³ /s) :	5,27	Peso acero (ton/m ³) :	7,85
Diámetro interior (m):	1,3	Peso concreto (ton/m ³):	2,4
Espesor de tub. (mm):	9,525	Peso de agua (ton/m) :	0,3076
Ángulo tubería (°):	35	Peso de tub. (ton/m) :	1,327
Long.entre apoyos (m):	10	Velocidad (m/s) :	3,97
Coef. rozam. en apoyos:	0,5	Coef. rozam. Terreno:	0,30

- **Fuerzas en la Tubería (Ton)**

Componente peso tubería + agua, normal al eje de la misma : $F_1 = 13,39$

Fricción de la tubería en los apoyos: $F_3 = 6,695$

- **Fuerzas Resultantes (Ton)**

CASO: Aumento de temperatura

Fza. Horiz.: -2,195 ton;

Fza. Vert. : -14,807 ton

Fza. result.: 14,969 ton

CASO: Disminución de temperatura

Fza. Horiz.: -13,164 ton;

Fza. Vert. : -7,128 ton

Fza. result.: 14,969 ton

- **Fuerzas de Diseño (Ton)**

Caso: Disminución de temperatura

Fza. Horiz.: -13,164 ton;

Fza. Vert.: -7,128 ton.

Con esta fuerzas se dimensiona el apoyo.

II. APOYO TIPO II :

Caudal (m ³ /s) :	5,27	Peso acero (ton/m ³) :	7,85
Diámetro interior (m):	1,3	Peso concreto (ton/m ³):	2,4
Espesor de tub. (mm):	9,525	Peso de agua (ton/m) :	0,3076
Ángulo tubería (°):	42	Peso de tub. (ton/m) :	1,327
Long.entre apoyos (m):	10	Velocidad (m/s) :	3,97
Coef. rozam. en apoyos:	0,5	Coef. rozam. Terreno:	0,30

- **Fuerzas en la Tubería (Ton)**

Componente peso tubería + agua, normal al eje de la misma : $F_1 = 12,147$

Fricción de la tubería en los apoyos: $F_3 = 6,074$

- **Fuerzas Resultantes (Ton)**

CASO: Aumento de temperatura

Fza. Horiz.: -3,614 ton;

Fza. Vert. : -13,091 ton

Fza. result.: 13,581 ton

CASO: Disminución de temperatura

Fza. Horiz.: -12,642 ton;

Fza. Vert. : -4,963 ton

Fza. result.: 13,581 ton

• **Fuerzas de Diseño (Ton)**

Caso: Disminución de temperatura

Fza. Horiz.: -12,642 ton;

Fza. Vert.: -4,963 ton.

Con esta fuerzas se dimensiona el apoyo.

ANEXO A.3.3

ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO DE ALTERNATIVAS PARA LA DESCARGA DE LAS AGUAS TURBINADAS

Ubicación: El canal de descarga cruza perpendicularmente la carretera Fernando Belaúnde y la localidad Las Delicias del Gera. Lcanal=227m, S=0,18%, sección 2,00 x 1,70 m.

Alternativa : Consiste en evacuar las aguas turbinadas aguas abajo del río Mayo, aprovechando la mayor sección del río. Long. adicional = L(m) , Caída ganada = h(m).

Para: L = 221 m h = 1 m

Ubicación	D Costo (US\$) = 0	D Venta (US\$) = 0
------------------	--------------------	--------------------

Alternativa	Años	D Costo (US\$)	D Venta (US\$)
	0	129888	0
	1		19104
	2		19104
	3		19104
	4		19104
	5		19104
	6		19104
	7		19104
	8		19104
	9		19104
	10		19104
	11		19104
	12		19104
	13		19104
	14		19104
	15		19104
	VAN =		130,113

Ubic.	Costo Adic. = \$	0
	Beneficio Adic. = \$	0
	B - C = \$	0
Alt	Costo Adic. = \$	129888
	Beneficio Adic. = \$	130,113
	B - C = \$	225

**ANEXO A.4.1
PRESUPUESTO BASE**

OBRA : CENTRAL HIDROELECTRICA GERA II
DEPARTAMENTO : SAN MARTIN
PROVINCIA : MOYOBAMBA
DISTRITO : JEPELACIO

OBRAS CIVILES

Costos a : Abril del 2004

ITEM	DESCRIPCIÓN DE PARTIDA	Un	METRADO	COSTOS (S/.)		
				UNITARIO	PARCIAL	SUB TOTAL
01.00.00	OBRAS PRELIMINARES					72,388.33
01.01.00	CARTEL DE IDENTIFICACION DE OBRA (3.6 x 2.4 m)	UND	2.00	414.23	828.46	
01.02.00	OFICINAS Y ALMACEN DEL CONTRATISTA Y SUPERVISION	M2	300.00	62.76	18,828.00	
01.03.00	ALMACEN PARA EXPLOSIVOS	M2	75.00	50.70	3,802.50	
01.04.00	MOVILIZAC. Y DESMOVILIZAC. DE EQUIPO Y MAQUINARIA	GLB	1.00	16,760.14	16,760.14	
01.05.00	TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO	M2	11,198.00	0.96	10,750.08	
01.06.00	CAMINOS DE ACCESO DE OFIC. A FRENDES DE TRABAJO	KM	1.05	7,349.19	7,716.65	
01.07.00	REFORESTACION PROTECCION DE TALUDES	M2	6,750.00	2.03	13,702.50	
02.00.00	OBRAS DE TOMA					23,863.09
02.01.00	PICADO DE SUPERFICIE DE CONCRETO E=1"	M2	19.65	3.37	66.22	
02.02.00	EXCAVACION CON EQUIPO EN MATERIAL SUELTO	M3	173.00	4.59	794.07	
02.03.00	EXCAVACION MANUAL EN MATERIAL SUELTO	M3	16.70	19.65	328.16	
02.04.00	ELIMINAC. DE MAT. EXCEDENTE A BOTADERO (Dmedia = 1KM)	M3	202.00	5.02	1,014.04	
02.05.00	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO	M3	29.70	11.68	346.90	
02.06.00	CONCRETO F'C = 175 KG/CM2	M3	19.17	260.33	4,990.53	
02.07.00	ARMADURA FY = 4200 KG/CM2	KG	1,009.00	2.42	2,441.78	
02.08.00	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	112.30	22.90	2,571.67	
02.09.00	CONCRETO SIMPLE C:H 1:8 + 25% PM	M3	3.00	178.25	534.75	
02.10.00	CONCRETO SOLADO C:H 1:12 E=2"	M2	21.10	15.84	334.22	
02.11.00	CONCRETO F'C = 140 KG/CM2	M3	1.00	252.62	252.62	
02.12.00	JUNTA DE CONSTRUCCION TIPO BRUÑA (IGAS NEGRO)	ML	6.00	16.18	97.08	
02.13.00	SUMINISTRO .E INSTALACION DE ATAGUIA DE MADERA 2" x 1.40 x 2.00 M	UND	1.00	1,263.48	1,263.48	
02.14.00	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE ATAGUIA DE MADERA 2" x 2.00 x 2.00 M	UND	1.00	1,420.14	1,420.14	
02.15.00	BARANDAS DE SEGURIDAD TUB. AC. NEGRO ELECTROSOLDADO Ø=2"	ML	4.40	87.33	384.25	
02.16.00	EMPALME DE CANAL DE DESCARGA CON CANAL DE ADUCCION	GLB	1.00	7,023.18	7,023.18	
03.00.00	CANAL DE ADUCCION					1,987,015.54
03.01.00	CANAL					1,843,177.73
03.01.01	DEMOLICION DE MUROS CONCRETO	M3	12.5	26.09	326.13	
03.01.02	DEMOLIC. DE MUROS DE LADRILLO	M2	81.00	12.04	975.24	
03.01.03	RECONSTRUCCION DE JARDIN C/MURO DE ALBAÑILERIA	M2	26.00	53.28	1,385.36	
03.01.04	RECONSTRUCCION DE MURO DE ALBAÑILERIA-CERCO	M2	32.00	45.90	1,468.92	
03.01.05	REACONDICIONAMIENTO DE LINEAS DE TUBERIA PVC	ML	17.00	6.85	116.41	
03.01.06	MTS.)	M2	12.00	535.34	6,424.08	
03.01.07	LIMPIEZA Y DESBROCE DEL TERRENO	M2	30,996.00	0.49	15,188.04	
03.01.08	EXCAVACION C/ EQUIPO EN MATERIAL SUELTO	M3	26,100.00	4.59	119,799.00	
03.01.09	EXCAVACION C/EQUIPO EN ROCA SUELTA	M3	5,086.00	14.43	73,390.98	
03.01.10	EXCAVACION C/EQUIPO EN ROCA FIJA	M3	636.00	70.82	45,041.52	
03.01.11	NIVELACION Y COMPACTACION C/ PLANCHA	M2	4,095.00	3.23	13,226.85	
03.01.12	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO	M3	2,225.50	11.68	25,993.84	
03.01.13	RELLENO APISONADO C/MATERIAL PROPIO SOBRE CANAL TAPADO	M3	1,300.00	15.37	19,981.00	
03.01.14	ELIMINAC. DE MAT. EXCEDENTE A BOTADERO (Dmedia = 1KM)	M3	34,610.00	5.02	173,742.20	
03.01.15	CONCRETO SOLADO C:H 1:12 E=2"	M2	3,972.50	15.84	62,924.40	
03.01.16	CONCRETO F'C = 210 KG/CM2	M3	171.45	286.52	49,123.85	
03.01.17	CONCRETO F'C = 175 KG/CM2	M3	2,233.00	260.33	581,316.89	
03.01.18	CONCRETO F'C = 175 KG/CM2 C/CEMENTO TIPO II MS	M3	11.50	288.33	3,315.80	
03.01.19	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	10,544.00	22.90	241,457.60	
03.01.20	ENCOFRADO CURVO	M2	4,935.00	25.92	127,915.20	
03.01.21	ARMADURA FY = 4200 KG/CM2	KG	105,545.00	2.42	255,418.90	

PRESUPUESTO BASE

OBRA : CENTRAL HIDROELECTRICA GERA II
DEPARTAMENTO : SAN MARTIN
PROVINCIA : MOYOBAMBA
DISTRITO : JEPELACIO

OBRAS CIVILES

Costos a : Abril del 2004

ITEM	DESCRIPCIÓN DE PARTIDA	Un	METRADO	COSTOS (S/.)		
				UNITARIO	PARCIAL	SUB TOTAL
03.01.22	JUNTA DE CONSTRUCCION SELLO DE AGUA (WATER STOP 6")	ML	785.00	30.56	23,989.60	
03.01.23	ESCALINES DE FIERRO Ø=3/4"	UND	64.00	6.15	393.60	
03.01.24	TAPA DE INSPECCIÓN 0.4M x 0.8M x 0.10 M C/AGARRADERA	M2	12.00	21.86	262.32	
03.02.00	<u>CUNETAS</u>					74,924.13
03.02.01	EXCAVACION MANUAL EN MATERIAL SUELTO	M3	449.00	21.08	9,464.92	
03.02.02	ELIMINAC. DE MAT. EXCEDENTE A BOTADERO (Dmedia = 1KM)	M3	540.00	5.02	2,710.80	
03.02.03	CONCRETO F'C = 140 KG/CM2	M3	197.20	252.62	49,816.66	
03.02.04	JUNTA DE CONSTRUCCION TIPO BRUÑA (IGAS NEGRO)	ML	400.00	16.18	6,472.00	
03.02.05	PERFILADO DE TALUD	M2	2,025.00	3.19	6,459.75	
03.03.00	<u>BUZONES</u>					18,428.77
03.03.01	EXCAVACION MANUAL EN MATERIAL SUELTO	M3	204.00	21.08	4,300.32	
03.03.02	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO	M3	33.84	11.68	395.25	
03.03.03	RELLENO COMPACT. CON MATERIAL SELECCIONADO	M3	16.32	36.54	596.33	
03.03.04	ELIMINAC. DE MAT.L EXCEDENTE A BOTADERO (Dmedia = 1KM)	M3	192.00	5.02	963.84	
03.03.05	CONCRETO F'C = 175 KG/CM2	M3	17.21	260.33	4,480.28	
03.03.06	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	133.00	22.90	3,045.70	
03.03.07	ARMADURA FY = 4200 KG/CM2	KG	1,050.00	2.42	2,541.00	
03.03.08	JUNTA DE CONSTRUCCION TIPO BRUÑA (IGAS NEGRO)	ML	17.50	16.18	283.15	
03.03.09	SUMINST. E INSTALAC. DE TUBERIA DE DRENAJE PVC SAL 8"	ML	54.00	24.67	1,332.18	
03.03.10	CAMA DE ARENA PARA APOYO	M3	10.32	47.55	490.72	
03.04.00	<u>CANOAS</u>					26,040.90
03.04.01	EXCAVACION C/ EQUIPO EN MATERIAL SUELTO	M3	66.20	4.59	303.86	
03.04.02	EXCAVACION MANUAL EN MATERIAL SUELTO	M3	61.10	21.08	1,287.99	
03.04.03	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO	M3	168.00	11.68	1,962.24	
03.04.04	REVESTIMIENTO DE PIEDRA Ø=0.30M ASENTADA CON CONCRETO F'C=175 KG/CM2 Y EMBOQUILLADO 1:5	M2	80.50	36.81	2,963.21	
03.04.05	REVESTIMIENTO DE PIEDRA Ø=0.30M ASENTADA CON CONCRETO F'C=175 KG/CM2 Y EMBOQUILLADO 1:5, CEMENTO TIPO II MS	M2	165.50	38.56	6,381.68	
03.04.06	MURO DE ALBAÑILERIA DE PIEDRA ASENTADA CON CONCRETO F'C=175KG/CM2, CEMENTO TIPO II MS	M2	102.00	26.85	2,738.70	
03.04.07	CONCRETO F'C = 175 KG/CM2	M3	14.40	260.33	3,748.75	
03.04.08	CONCRETO F'C = 175 KG/CM3 C/CEMENTO TIPO II MS	M3	4.45	288.33	1,283.07	
03.04.09	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	78.00	22.90	1,786.20	
03.04.10	ARMADURA FY = 4200 KG/CM2	KG	578.00	2.42	1,398.76	
03.04.11	JUNTA DE CONSTRUCCION SELLO DE AGUA (WATER STOP 6")	ML	40.00	30.56	1,222.40	
03.04.12	RELLENO PARA FILTRO C/MATERIAL GRAVOSO	M3	10.80	66.42	717.34	
03.04.13	SUMINIST. E INSTALAC. DE TUBERIA DE DRENAJE PVC Ø=8"	ML	10.00	24.67	246.70	
03.05.00	<u>ALCANTARILLA 0+916.60</u>					19,737.40
03.05.01	EXCAVACION C/ EQUIPO EN MATERIAL SUELTO	M3	144.00	4.59	660.96	
03.05.02	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO	M3	408.00	11.68	4,765.44	
03.05.03	CONCRETO F'C = 175 KG/CM2	M3	14.68	260.33	3,821.64	
03.05.04	CONCRETO SOLADO C:H 1:12 E=4"	M2	18.00	23.74	427.32	
03.05.05	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	35.28	22.90	807.91	
03.05.06	ARMADURA FY = 4200 KG/CM2	KG	661.00	2.42	1,599.62	
03.05.07	SUMINISTRO E INSTALACION DE ALCANTARILLA TMC TIPO ARMCO Ø = 100 MM.	ML	12.60	276.83	3,488.06	
03.05.08	MURO DE ALBAÑILERIA DE PIEDRA ASENTADA CON CONCRETO F'C=175KG/CM2	M2	100.00	25.10	2,510.00	
03.05.09	REVESTIMIENTO DE PIEDRA Ø=0.30M ASENTADA CON CONCRETO F'C=175 KG/CM2 Y EMBOQUILLADO 1:5	M2	45.00	36.81	1,656.45	

PRESUPUESTO BASE

OBRA : CENTRAL HIDROELECTRICA GERA II
DEPARTAMENTO : SAN MARTIN
PROVINCIA : MOYOBAMBA
DISTRITO : JEPELACIO

OBRAS CIVILES

Costos a : Abril del 2004

ITEM	DESCRIPCIÓN DE PARTIDA	Un	METRADO	COSTOS (S/.)		
				UNITARIO	PARCIAL	SUB TOTAL
03.06.00	<u>PUENTES PEATONALES</u>					4,706.61
03.06.01	EXCAVACION MANUAL EN MATERIAL SUELTO	M3	28.70	21.08	605.00	
03.06.02	ELIMINAC. DE MAT. EXCEDENTE A BOTADERO (D< 1KM)	M3	35.00	5.02	175.70	
03.06.03	CONCRETO F'C = 175 KG/CM2	M3	6.70	260.33	1,744.21	
03.06.04	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	53.00	22.90	1,213.70	
03.06.05	ARMADURA FY = 4200 KG/CM2	KG	400.00	2.42	968.00	
04.00.00	<u>TUNEL</u>					225,439.93
04.01.00	<u>EXCAVACION EN ROCA</u>					
04.01.01	EXCAVACION TUNEL EN ROCA TIPO I	M3	118.00	141.64	16,713.52	
04.01.02	EXCAVACION TUNEL EN ROCA TIPO II	M3	257.00	162.38	41,731.66	
04.01.03	EXCAVACION TUNEL EN ROCA TIPO III	M3	52.00	222.91	11,591.32	
04.01.04	EXCAVACION TUNEL EN ROCA TIPO IV	M3	113.10	280.02	31,670.26	
04.01.05	ELIMINAC. DE MAT. EXCEDENTE A BOTADERO (Dmedia = 2KM)	M3	756.00	8.50	6,426.00	
04.02.00	<u>PORTALES DE TUNEL</u>					
04.02.01	CONCRETO SOLADO C-H 1:12 E = 4"	M2	2.50	23.74	59.35	
04.02.02	CONCRETO F'C = 210 KG/CM2 EN PORTALES	M3	3.33	315.33	1,050.05	
04.02.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN PORTALES	M2	16.20	20.90	338.58	
04.02.04	ACERO DE REFUERZO PARA TUNEL	KG	803.00	2.80	2,248.40	
04.03.00	<u>REVESTIMIENTO EN SECCION DE ROCA TIPO I</u>					
04.03.01	CONCRETO SOLADO C-H 1:12 E = 4"	M2	53.00	23.74	1,258.22	
04.03.02	TRANSPORTE Y COLOCACION(E = 0.20 m	M3	26.70	339.07	9,053.17	
04.03.03	SET (1 1/4" x 2m) O SIMILAR	UND	23.00	101.58	2,336.34	
04.03.04	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO PARA MUROS Y ARCO DE TUNEL	M2	89.70	24.40	2,188.68	
04.04.00	<u>REVESTIMIENTO EN SECCION DE ROCA TIPO II</u>					
04.04.01	CONCRETO SOLADO C-H 1:12 E = 4"	M2	115.00	23.74	2,730.10	
04.04.02	CONCRETO F'C = 210 KG/CM2P/REVESTIMIENTO (INC.	M3	73.00	339.07	24,752.11	
04.04.03	PERNOS DE ANCLAJE DE FRICCION POR EXPANSION TIPO SPLIT	UND	150.00	101.58	15,237.00	
04.04.04	GUNITA E= 0.05M TIPO DE CONCRETO F'C = 245 KG/CM2	M2	100.00	18.34	1,834.00	
04.04.05	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO PARA MUROS Y ARCO DE TUNEL	M2	265.00	24.40	6,466.00	
04.05.00	<u>REVESTIMIENTO EN SECCION DE ROCA TIPO III</u>					
04.05.01	CONCRETO SOLADO C-H 1:12 E = 4"	M2	23.00	23.74	546.02	
04.05.02	PERNOS DE ANCLAJE DE FRICCION POR EXPANSION TIPO SPLIT	UND	10.00	101.58	1,015.80	
04.05.03	GUNITA E= 0.05M TIPO DE CONCRETO F'C = 245 KG/CM2	M2	40.00	18.34	733.60	
04.05.04	CIMBRA METALICA PARA SOSTENIMIENTO	KG	580.00	6.95	4,031.00	
04.05.05	CONCRETO F'C = 210 KG/CM2P/REVESTIMIENTO (INC.	M3	14.54	339.07	4,930.08	
04.05.06	ACERO DE REFUERZO PARA TUNEL	KG	450.00	2.80	1,260.00	
04.05.07	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO PARA MUROS Y ARCO DE TUNEL	M2	49.00	24.40	1,195.60	
04.06.00	<u>REVESTIMIENTO EN SECCION DE ROCA TIPO IV</u>					
04.06.01	CONCRETO SOLADO C-H 1:12 E = 4"	M2	51.00	23.74	1,210.74	
04.06.02	PERNOS DE ANCLAJE DE FRICCION POR EXPANSION TIPO SPLIT	UND	22.00	101.58	2,234.76	
04.06.03	GUNITA E= 0.05M TIPO DE CONCRETO F'C = 245 KG/CM2	M2	88.00	18.34	1,613.92	
04.06.04	CIMBRA METALICA PARA SOSTENIMIENTO	KG	1,277.00	6.95	8,875.15	
04.06.05	MARCHAVANTES E = 1.5"	M2	66.00	16.41	1,083.06	
04.06.06	CONCRETO F'C = 210 KG/CM2P/REVESTIMIENTO (INC.	M3	32.00	339.07	10,850.24	
04.06.07	ACERO DE REFUERZO PARA TUNEL	KG	1,160.00	2.80	3,248.00	
04.06.08	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO PARA MUROS Y ARCO DE TUNEL	M2	108.00	24.40	2,635.20	
04.07.00	<u>MISCELANEOS</u>					
04.07.01	JUNTA DE CONSTRUCCION SELLO DE AGUA (WATER STOP 6")	ML	75.00	30.56	2,292.00	
05.00.00	<u>CAMARA DE CARGA</u>					295,394.46
05.01.00	LIMPIEZA Y DESBROCE DEL TERRENO	M2	1,100.00	0.54	594.00	
05.02.00	EXCAVACION MANUAL EN MATERIAL SUELTO	M3	165.00	21.08	3,478.20	
05.03.00	EXCAVACION C/ EQUIPO EN MATERIAL SUELTO	M3	2,802.00	4.59	12,861.18	
05.04.00	EXCAVACION C/EQUIPO EN ROCA SUELTA	M3	330.00	14.43	4,761.90	

PRESUPUESTO BASE

OBRA : CENTRAL HIDROELECTRICA GERA II
DEPARTAMENTO : SAN MARTIN
PROVINCIA : MOYOBAMBA
DISTRITO : JEPELACIO

OBRAS CIVILES

Costos a : Abril del 2004

ITEM	DESCRIPCIÓN DE PARTIDA	Un	METRADO	COSTOS (S/.)		
				UNITARIO	PARCIAL	SUB TOTAL
05.05.00	ELIMINAC. DE MAT. EXCEDENTE A BOTADERO (Dmedia = 2KM)	M3	3,180.00	8.50	27,030.00	
05.06.00	NIVELACION Y COMPACTACION C/ PLANCHA	M2	375.00	3.23	1,211.25	
05.07.00	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO	M3	859.00	11.68	10,033.12	
05.08.00	CONCRETO F'C = 210 KG/CM2	M3	435.00	286.52	124,636.20	
05.09.00	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	1,459.00	22.90	33,411.10	
05.10.00	ARMADURA FY = 4200 KG/CM2	KG	26,629.00	2.42	64,442.18	
05.11.00	CONCRETO SOLADO C:H 1:12 E=4"	M2	281.00	23.74	6,670.94	
05.12.00	JUNTA DE CONSTRUCCION SELLO DE AGUA (WATER STOP 6")	ML	66.50	30.56	2,032.24	
05.13.00	SUMINISTRO E INSTALACIÓN ESCALERA DE SERVICIO FoGo 1" C/PASOS 0.5M@0.25M L=6.60M	UND	1.00	870.51	870.51	
05.14.00	TAPA DE INSPECCIÓN 0.4M x 0.8M x 0.10 M C/AGARRADERA	UND	2.00	21.55	43.10	
05.15.00	BARANDAS DE SEGURIDAD TUB. AC. NEGRO ELECTROSOLDADO Ø=2"	ML	38.00	87.33	3,318.54	
06.00.00	CANAL DE DEMASIAS					223,754.73
06.01.00	LIMPIEZA Y DESBROCE DEL TERRENO	M2	968.00	0.56	542.08	
06.02.00	EXCAVACION MANUAL EN MATERIAL SUELTO	M3	209.00	21.08	4,405.72	
06.03.00	EXCAVACION C/ EQUIPO EN MATERIAL SUELTO	M3	2,109.00	4.59	9,680.31	
06.04.00	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO	M3	207.00	11.68	2,417.76	
06.05.00	ELIMINAC. DE MAT. EXCEDENTE A BOTADERO (Dmedia = 2KM)	M3	2,850.00	8.50	24,225.00	
06.06.00	NIVELACION Y COMPACTACION C/ PLANCHA	M2	462.00	3.23	1,492.26	
06.07.00	CONCRETO SOLADO C:H 1:12 E=4"	M2	462.00	23.74	10,967.88	
06.08.00	CONCRETO F'C = 175 KG/CM2	M3	384.20	260.33	100,018.79	
06.09.00	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	1,162.00	22.90	26,609.80	
06.10.00	ARMADURA FY = 4200 KG/CM2	KG	17,490.00	2.42	42,325.80	
06.11.00	JUNTA DE CONSTRUCCION SELLO DE AGUA (WATER STOP 6")	ML	12.00	30.56	366.72	
06.12.00	JUNTA DE CONSTRUCCION SELLO DE AGUA (WATER STOP 9")	ML	14.40	37.63	541.87	
06.13.00	SUMINIST. E INSTALAC. DE TUBERIA DE DRENAJE PVC Ø=1"	ML	18.00	8.93	160.74	
07.00.00	TUBERIA DE PRESIÓN (ANCLAJES Y APOYOS)					108,604.89
07.01.00	<u>PERFIL DE LA TUBERIA</u>					14,298.34
07.01.01	LIMPIEZA Y DESBROCE DEL TERRENO	M2	602.00	0.54	325.08	
07.01.02	EXCAVACION MANUAL EN MATERIAL SUELTO	M3	10.00	21.08	210.80	
07.01.03	EXCAVACION C/ EQUIPO EN MATERIAL SUELTO	M3	703.00	4.59	3,226.77	
07.01.04	EXCAVACION C/EQUIPO EN ROCA SUELTA	M3	37.00	14.43	533.91	
07.01.05	ELIMINAC. DE MAT. EXCEDENTE A BOTADERO (Dmedia = 2KM)	M3	973.00	8.50	8,270.50	
07.01.06	NIVELACION Y COMPACTACION C/ PLANCHA	M2	536.00	3.23	1,731.28	
07.02.00	<u>ANCLAJES Y APOYOS</u>					62,630.91
07.02.01	EXCAVACION MANUAL EN MATERIAL SUELTO	M3	85.00	21.08	1,791.80	
07.02.02	EXCAVACION C/ EQUIPO EN MATERIAL SUELTO	M3	54.00	4.59	247.86	
07.02.03	EXCAVACION C/EQUIPO EN ROCA SUELTA	M3	10.00	14.43	144.30	
07.02.04	ELIMINAC. DE MAT. EXCEDENTE A BOTADERO (Dmedia = 2KM)	M3	194.00	8.50	1,649.00	
07.02.05	NIVELACION Y COMPACTACION C/ PLANCHA	M2	70.00	3.23	226.10	
07.02.06	CONCRETO F'C = 210 KG/CM2	M3	151.40	286.52	43,379.13	
07.02.07	CONCRETO SOLADO C:H 1:12 E=4"	M2	46.00	23.74	1,092.04	
07.02.08	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	209.00	22.90	4,786.10	
07.02.09	ARMADURA FY = 4200 KG/CM2	KG	3,849.00	2.42	9,314.58	
07.03.00	<u>MISCELANEOS</u>					14,622.36
07.03.01	TRANSP. DE TUB. A OBRA Ø=1.320mm L=6M (APROX. 25 TON)	GLB	1.00	8,300.00	8,300.00	
07.03.02	ALINEAMIENTO DE TUBERIA	PZA	10.00	165.42	1,654.21	
07.03.03	PINTURA DE RESANE (20% SUPERF. TOTAL)	M2	57.00	39.39	2,245.47	
07.03.05	PRUEBAS HIDROSTATICA AL 150% PRESION NOMINAL	GLB	1.00	2,422.68	2,422.68	

PRESUPUESTO BASE

OBRA : CENTRAL HIDROELECTRICA GERA II
DEPARTAMENTO : SAN MARTIN
PROVINCIA : MOYOBAMBA
DISTRITO : JEPELACIO

OBRAS CIVILES

Costos a : Abril del 2004

ITEM	DESCRIPCIÓN DE PARTIDA	Un	METRADO	COSTOS (S/.)		
				UNITARIO	PARCIAL	SUB TOTAL
07.04.00	ESCALERA DE INSPECCIÓN - CUNETAS					17,053.28
07.04.01	ALBAÑILERIA DE PIEDRA Ø=0,20m ASENTADA C/F' C=140KG/CM2	M2	315.00	36.81	11,595.15	
07.04.02	BARANDAS DE SEGURIDAD TUB. AC. NEGRO ELECTROSOLDADO Ø=2"	ML	62.50	87.33	5,458.13	
08.00.00	CASA DE MAQUINAS					359,707.19
08.01.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS P/PLATAFORMA					86,223.19
08.01.01	LIMPIEZA Y DESBROCE DEL TERRENO	M2	2,120.00	0.54	1,144.80	
08.01.02	EXCAVACION CON EQUIPO EN MATERIAL SUELTO	M3	5,154.00	4.59	23,656.86	
08.01.03	EXCAVACION CON EQUIPO EN ROCA SUELTA	M3	271.00	14.43	3,910.53	
08.01.04	NIVELACION Y COMPACTACION C/PLANCHA	M2	700.00	3.23	2,261.00	
08.01.05	ELIMINAC. DE MAT.L EXCEDENTE A BOTADERO (Dmedia=2KM)	M3	6,500.00	8.50	55,250.00	
08.02.00	CIMENTACION					10,047.10
08.02.01	EXCAVACION MANUAL EN MATERIAL SUELTO	M3	30.00	21.08	632.40	
08.02.02	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO	M3	2.18	11.68	25.46	
08.02.03	ELIMINAC. DE MAT.L EXCEDENTE A BOTADERO (Dmedia=2KM)	M3	33.00	8.50	280.50	
08.02.04	CONC. CIMIENTOS CORRIDOS C:H 1:10+30% P. GRANDE	M3	19.50	183.68	3,581.81	
08.02.05	CONCRETO SOBRECIMIENTO ARMADO F'C=175 KG/CM2	M3	4.35	278.83	1,212.91	
08.02.06	CONCRETO SOBRECIMIENTO DE CONCRETO SIMPLE C:H;1:8 + 25%	M3	2.00	183.50	367.00	
08.02.07	CONCRETO F'C = 175 KG/CM2 PARA ZAPATAS	M3	5.00	269.76	1,348.80	
08.02.08	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE SOBRECIMIENTOS	M2	53.00	27.88	1,477.76	
08.02.09	ARMADURA FY = 4200 KG/CM2	KG	463.00	2.42	1,120.46	
08.03.00	CIMENTACION ARMADA DE EQUIPOS					37,294.19
	CIMENTACION ARMADA DE LOS TRANSFORMADORES :					
08.03.01	EXCAVACION MANUAL EN MATERIAL SUELTO	M3	7.44	21.08	156.84	
08.03.02	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO	M3	2.64	11.68	30.84	
08.03.03	ELIMINAC. DE MAT. EXCEDENTE A BOTADERO (D = 2KM)	M3	11.16	8.50	94.86	
08.03.04	CONCRETO SOLADO C:H 1:12 E=4"	M2	14.90	23.74	353.73	
08.03.05	CONCRETO F'C = 210 KG/CM2	M3	8.04	286.52	2,303.62	
08.03.06	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	23.04	22.90	527.62	
08.03.07	ARMADURA FY = 4200 KG/CM2	KG	768.00	2.42	1,858.56	
08.03.08	SUMINISTRO Y COLOCACION DE RIEL P/TRANSFORMADOR	ML	9.00	21.17	190.53	
08.03.09	SUMINISTRO Y MONTAJE DE TUBERIA D=3"	ML	14.40	36.81	530.06	
08.03.10	VALVULA DE FIERRO D=3"	UND	1.20	161.22	193.46	
08.03.11	TAPA C/PLANCHA ESTRIADA E = 1/4"	M2	0.50	235.61	117.81	
	CIMENTACION ARMADA DE TURBINA					
08.03.12	EXCAVACION MANUAL EN MATERIAL SUELTO	M3	55.00	21.08	1,159.40	
08.03.13	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO	M3	24.00	11.68	280.32	
08.03.14	ELIMINAC. DE MAT. EXCEDENTE A BOTADERO (D = 2KM)	M3	37.00	8.50	314.50	
08.03.15	CONCRETO F'C = 210 KG/CM2	M3	40.00	286.52	11,460.80	
08.03.16	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	60.00	22.90	1,374.00	
08.03.17	ARMADURA FY = 4200 KG/CM2	KG	6,500.00	2.42	15,730.00	
08.03.18	SOLADO DE CONCRETO C:H 1:10; E=4"	M2	26.00	23.74	617.24	
08.04.00	COLUMNAS					8,569.77
08.04.01	CONCRETO F'C = 210 KG/CM2	M3	8.60	326.21	2,805.41	
08.04.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	115.00	29.86	3,433.90	
08.04.03	ARMADURA FY = 4200 KG/CM2	KG	963.00	2.42	2,330.46	
08.05.00	VIGAS					12,046.22
08.05.01	CONCRETO F'C =210 KG/CM2	M3	14.50	273.27	3,962.42	
08.05.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	130.00	34.26	4,453.80	
08.05.03	ARMADURA FY = 4200 kg/cm2	KG	1,500.00	2.42	3,630.00	

PRESUPUESTO BASE

OBRA : CENTRAL HIDROELECTRICA GERA II
DEPARTAMENTO : SAN MARTIN
PROVINCIA : MOYOBAMBA
DISTRITO : JEPELACIO

OBRAS CIVILES

Costos a : Abril del 2004

ITEM	DESCRIPCIÓN DE PARTIDA	Un	METRADO	COSTOS (S/.)		
				UNITARIO	PARCIAL	SUB TOTAL
08.06.00	<u>LOSA ALIGERADA H = 0,25 M</u>					23,107.52
08.06.01	CONCRETO F'C =210 KG/CM2	M3	30.70	262.71	8,065.20	
08.06.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	240.00	19.20	4,608.00	
08.06.03	LADRILLO DE ARCILLA 20x30x30 CM	UN	2,414.00	1.96	4,731.44	
08.06.04	ARMADURA FY = 4200 kg/cm2	KG	430.00	2.42	1,040.60	
08.06.05	TEJA ANDINA	M2	188.00	22.31	4,194.28	
08.06.06	TUBO DE DESCARGA 2"(CANALETA DE LLUVIA L=6.5m c/u)	UND	20.00	23.40	468.00	
08.07.00	<u>POZA DE CANAL DE DESCARGA</u>					58,506.19
08.07.01	EXCAVACION CON EQUIPO EN MATERIAL SUELTO	M3	417.00	4.59	1,914.03	
08.07.02	ELIMINAC. DE MAT. EXCEDENTE A BOTADERO (D = 2KM)	M3	521.00	8.50	4,428.50	
08.07.03	NIVELACION Y COMPACTACION C/PLANCHA	M2	64.00	3.23	206.72	
08.07.04	CONCRETO F'C=210 KG/CM2 C/ ADITIVO IMPERMEABILIZANTE	M3	96.40	297.89	28,716.60	
08.07.05	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	340.00	22.90	7,786.00	
08.07.06	ARMADURA FY = 4200 KG/CM2	KG	4,820.00	2.42	11,664.40	
08.07.07	CONCRETO SOLADO C:H , 1:12 E=4"	M2	64.00	23.74	1,519.36	
08.07.08	BARANDAS DE SEGURIDAD TUB. AC. NEGRO ELECTROSOLDADO Ø=2"	ML	26.00	87.33	2,270.58	
08.08.00	<u>CANALETA DE CABLES Y DRENAJE</u>					13,373.63
08.08.01	EXCAVACION MANUAL EN MATERIAL SUELTO	M3	30.10	21.08	634.51	
08.08.02	CONCRETO fc=175 Kg/cm2	M3	15.20	260.33	3,957.02	
08.08.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	105.00	22.90	2,404.50	
08.08.04	ARMADURA FY = 4200 kg/cm2	KG	660.00	2.42	1,597.20	
08.08.05	JUNTA DE DILATACION C/IGAS NEGRO	ML	16.00	16.18	258.88	
08.08.06	TAPA DE CANALETA C/PLANCHA ESTRIADA E = 1/4"	M2	17.30	235.61	4,076.05	
08.08.07	DUCTO 0,40X0,40M DE 4 VIAS (PREFABRICADO)	ML	14.00	28.96	405.44	
08.08.08	TUBO PVC-SAP D=1/2" (INC. COLOCACION) P/CANALETA DE DRENAJE	ML	6.00	6.67	40.03	
08.09.00	<u>TANQUE SEPTICO Y POZO DE PERCOLACION</u>					3,734.74
08.09.01	CONCRETO fc=175 Kg/cm2	M3	3.57	260.33	929.38	
08.09.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	20.80	22.90	476.32	
08.09.03	ARMADURA FY = 4200 kg/cm2	KG	93.00	2.42	225.06	
08.09.04	MUROS DE CABEZA DE LADRILLO K.K.	M2	7.00	51.79	362.55	
08.09.05	RELLENO CON MATERIAL GRAVOSO	M3	5.00	58.02	290.09	
08.09.06	EXCAVACION MANUAL EN MATERIAL SUELTO	M3	28.00	21.08	590.24	
08.09.07	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO	M3	13.00	11.68	151.84	
08.09.08	ELIMINAC. DE MAT. EXCEDENTE A BOTADERO (D = 2KM)	M3	21.00	8.50	178.50	
08.09.09	TUBERIA DE PVC SAL DE D=4"	ML	10.00	16.56	165.59	
08.09.10	ACCESORIOS PARA TANQUE SEPTICO	GLB	1.00	184.57	184.57	
08.09.11	ACCESORIOS PARA POZO DE PERCOLACION	GLB	1.00	180.60	180.60	
08.10.00	<u>MUROS DE ALBAÑILERIA</u>					10,452.74
08.10.01	MUROS DE SOGA C/ LADRILLO K.K DE CEMENTO 24 x 13 x 9 CM.	M2	12.00	45.20	542.35	
08.10.02	MUROS DE CABEZA C/ LADRILLO K.K DE CEMENTO 24 x 13 x 9 CM.	M2	143.00	69.30	9,910.39	
08.11.00	<u>REVOQUES Y ENLUCIDOS</u>					9,659.61
08.11.01	TARRAJEO DE MUROS	M2	304.00	13.70	4,166.30	
08.11.02	TARRAJEO COLUMNAS MEZ. C:A 1:5, E = 1,5 CM	M2	63.00	17.18	1,082.04	
08.11.03	TARRAJEO VIGAS MEZ. C:A 1:5, E = 1,5 CM	M2	60.00	22.50	1,349.94	
08.11.04	TARRAJEO DE CANALETAS PLUVIALES (TECHO)	M2	109.00	15.78	1,720.15	
08.11.05	TARRAJEO PRIMARIO (C:A 1:5)	M2	6.60	12.77	84.27	
08.11.06	DERRAMES EN PUERTAS Y VENTANAS	ML	81.00	7.70	623.64	

PRESUPUESTO BASE

OBRA : CENTRAL HIDROELECTRICA GERA II
DEPARTAMENTO : SAN MARTIN
PROVINCIA : MOYOBAMBA
DISTRITO : JEPELACIO

OBRAS CIVILES

Costos a : Abril del 2004

ITEM	DESCRIPCIÓN DE PARTIDA	Un	METRADO	COSTOS (S/.)		
				UNITARIO	PARCIAL	SUB TOTAL
08.11.07	CONTRAZOCALO DE CEMENTO PULIDO H = 0.25 M.	ML	46.00	7.58	348.68	
08.11.08	ZOCALO DE MAYOLICA .20 x .20	M2	6.60	43.12	284.59	
08.12.00	<u>PISOS</u>					12,251.08
08.12.01	NIVELACION Y COMPACTACION C/PLANCHA	M2	231.50	3.23	747.75	
08.12.02	FALSO PISO DE 4" DE CONCRETO 1:10 C:H	M2	141.00	31.78	4,480.81	
08.12.03	PISO CEMENTO BRUÑADO 2"	M2	141.00	19.97	2,816.39	
08.12.04	VEREDAS DE CONCRETO E=4"	M2	59.50	45.09	2,683.03	
08.12.05	ENRIPIADO (ESPESOR 2")	M2	450.00	3.38	1,523.10	
08.13.00	<u>PINTURAS EN GENERAL</u>					3,743.79
08.13.01	PINTURA LATEX - 2 MANOS	M2	536.00	6.10	3,269.06	
08.13.02	PINTURA BARNIZ EN CARPINTERIA DE MADERA	M2	3.90	3.28	12.80	
08.13.03	PINTURA ESMALTE	M2	95.00	4.86	461.93	
08.14.00	<u>CARPINTERIA METALICA</u>					27,052.57
08.14.01	VENTANA METALICA C/ PROTECCION	M2	37.00	267.73	9,906.12	
08.14.02	PUERTA METALICA PRINCIPAL	M2	23.00	240.79	5,538.06	
08.14.03	PORTON 2 HOJAS CON MALLA GALVANIZADA DE 2", MARCOS DE T	M2	30.00	233.58	7,007.45	
08.14.04	CERCO DE MALLA GALVANIZADA DE 2", MARCOS DE TUBOS DE 2"	M2	9.00	63.37	570.36	
08.14.05	CHAPA PARA PUERTA EXTERIOR	UND	2.00	22.39	44.79	
08.14.06	CABALLETE METALICO	UND	1.00	3,985.79	3,985.79	
08.15.00	<u>CARPINTERIA DE MADERA</u>					613.91
08.15.01	PUERTA CONTRAPLACADA	M2	3.90	129.03	503.24	
08.15.02	CHAPA PARA PUERTA INTERIOR	UND	2.00	55.33	110.67	
08.16.00	<u>VIDRIOS</u>					1,391.64
08.16.01	VIDRIO INCOLORO SEMIDOBLE	P2	400.00	3.48	1,391.64	
08.17.00	<u>INSTALACIONES SANITARIAS</u>					1,234.17
08.17.01	SALIDA DE AGUA FRIA	PTO	3.00	69.91	209.73	
08.17.02	SALIDA DE DESAGUE	PTO	4.00	73.38	293.52	
08.17.03	CAJA DE REGISTRO DE DESAGUE 12"x 24"	PZA	1.00	105.46	105.46	
08.17.04	CONEXION DEL SISTEMA DE AGUA A LA TUBERIA FORZADA	UND	1.00	576.10	576.10	
08.17.05	TUBERIA PVC- SAP DIAMETRO = 4"	ML	1.50	32.91	49.36	
08.18.00	<u>APARATOS SANITARIOS</u>					714.93
08.18.01	LAVATORIO DE PARED BLANCO 1 LLAVE	PZA	1.00	192.67	192.67	
08.18.02	INODORO TANQUE BAJO BLANCO	PZA	1.00	280.30	280.30	
08.18.03	LAVADERO METALICO	PZA	1.00	216.10	216.10	
08.18.04	TAPA REGISTRO 4"	UND	1.00	25.86	25.86	
08.19.00	<u>CERCO PERIMETRICO</u>					39,690.20
08.19.01	EXCAVACION MANUAL DE ZANJAS	M3	42.40	28.11	1,191.83	
08.19.02	RELLENO CON MATERIAL PROPIO	M3	7.20	11.68	84.10	
08.19.03	ELIMINAC. DE MAT. EXCEDENTE A BOTADERO (D<= 2KM)	M3	42.00	8.50	357.00	
08.19.04	CONC. CIMENTOS CORRIDOS C:H 1:10+30% P. GRANDE	M3	23.00	183.70	4,225.10	
08.19.05	CONCRETO SOBRECIMENTOS C:H 1:8 + 25% P. MEDIANA	M3	9.53	194.16	1,850.33	
08.19.06	ENCOFRADO DE SOBRECIMENTOS	M2	147.00	27.88	4,098.68	
08.19.07	ENCOFRADO DE COLUMNAS	M2	100.00	29.86	2,986.00	
08.19.08	MUROS DE LADRILLO DE ARCILLA CARAVISTA - SOGA	M2	190.00	112.62	21,398.45	
08.19.09	CONCRETO F'c = 175 KG/CM2	M3	6.70	260.33	1,744.21	
08.19.10	ARMADURA FY = 4200 KG/CM2	KG	725.00	2.42	1,754.50	

PRESUPUESTO BASE

OBRA : CENTRAL HIDROELECTRICA GERA II
DEPARTAMENTO : SAN MARTIN
PROVINCIA : MOYOBAMBA
DISTRITO : JEPELACIO

OBRAS CIVILES

Costos a : Abril del 2004

ITEM	DESCRIPCIÓN DE PARTIDA	Un	METRADO	COSTOS (S/.)		
				UNITARIO	PARCIAL	SUB TOTAL
09.00.00	CAMINO DE ACCESO A LA CASA DE MÁQUINAS GERA II					23,126.36
09.01.00	LIMPIEZA Y DESBROCE DEL TERRENO	M2	360.00	0.54	194.40	
09.02.00	EXCAVACION CON EQUIPO EN MATERIAL SUELTO	M3	144.00	4.59	660.96	
09.03.00	ELIMINAC. DE MAT.L EXCEDENTE A BOTADERO (D< 2KM)	M3	180.00	8.50	1,530.00	
09.04.00	EXPLANACIÓN Y AFIRMADO (2 capas de 0.20 mts)	M2	420.00	15.85	6,657.00	
09.05.00	CONFORMACION DE TERRAPLEN C/MATERIAL PROPIO SELECCIONADO	M3	1,400.00	10.06	14,084.00	
10.00.00	CANAL DE DESCARGA					362,551.43
10.01.00	LIMPIEZA Y DESBROCE DEL TERRENO	M2	720.00	0.54	388.80	
10.02.00	EXCAVACION CON EQUIPO EN MATERIAL SUELTO	M3	4,692.00	4.59	21,536.28	
10.03.00	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO	M3	3,077.00	11.68	35,939.38	
10.04.00	ELIMINAC. DE MAT. EXCEDENTE A BOTADERO (Dmedia = 2KM)	M3	2,019.00	8.50	17,161.50	
10.05.00	CONCRETO SOLADO C:H 1:12 E=2"	M2	580.00	23.74	13,769.20	
10.06.00	CONCRETO F'C = 175 KG/CM2	M3	483.50	260.33	125,869.56	
10.07.00	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	2,240.00	22.90	51,296.00	
10.08.00	ARMADURA FY = 4200 KG/CM2	KG	38,211.00	2.42	92,470.62	
10.09.00	JUNTA DE CONSTRUCCION SELLO DE AGUA (WATER STOP 6")	ML	117.00	30.56	3,575.52	
10.10.00	MAMPOSTERIA DE PIEDRA (0.50m) CON CONCRETO F'C=175	M3	22.50	24.20	544.59	
11.00.00	CRUCE DE CARRETERA					20,190.27
11.01.00	OBRA DE DESVIO A LAS DELICIAS DEL GERA	GLB	1.00	2,824.35	2,824.35	
11.02.00	DEMOLICION DE CARPETA ASFALTICA	M2	96.00	4.44	426.00	
11.03.00	EXCAVACION CON EQUIPOS EN MATERIAL SUELTO	M3	872.00	4.59	4,002.48	
11.04.00	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO	M3	768.00	11.68	8,970.24	
11.05.00	ELIMINAC. DE MAT. EXCEDENTE A BOTADERO (Dmedia = 2KM)	M3	125.00	8.50	1,062.50	
11.06.00	CONFORMACIÓN DE LA SUB - BASE (e= 0.20m)	M2	96.00	8.80	845.03	
11.07.00	CONFORMACIÓN DE LA BASE GRANULAR (e= 0.20m)	M2	96.00	8.88	852.71	
11.08.00	IMPRIMACIÓN ASFALTICA MANUAL	M2	96.00	4.36	418.56	
11.09.00	CARPETA ASFALTICA E = 2"	M2	96.00	2.12	203.52	
11.10.00	PINTURA DE PAVIMENTO	ML	24.00	24.37	584.88	
	SUB TOTAL					3,702,036.22

**ANEXO A.4.2
FORMULA POLINOMICA**

OBRAS CIVILES

$$K = 0.215 \frac{Mor}{Moo} + 0.173 \frac{Agr}{Ago} + 0.074 \frac{Acr}{Aco} + 0.166 \frac{Cer}{Ceo} + 0.036 \frac{Mdr}{Mdo} + 0.066 \frac{Mqr}{Mqo} + 0.069 \frac{Mir}{Mio} + 0.202 \frac{Ggur}{Gguo}$$

SIMBOLO	COEF. INCIDENCIA	ELEMENTO REPRESENTATIVO	INDICE	PORCENTAJE DE INCIDENCIA
Mo	0.215	MANO DE OBRA, INCLUYE LEYES SOCIALES	47	100%
Ag	0.173	AGREGADOS	5	100%
Ac	0.074	ACERO DE CONSTRUCCION	3	100%
Ce	0.166	CEMENTO PORTLAND	21	100%
Md	0.036	MADERA PARA ENCOFRADO	43	100%
Mq	0.066	MAQUINARIA Y EQUIPO NACIONAL	48	100%
Mi	0.069	MAQUINARIA Y EQUIPO IMPORTADO	49	100%
Ggu	0.202	GASTOS GENERALES Y UTILIDADES	39	100%

1.001

ANEXO A.4.3
EVALUACIÓN ECONÓMICA
Central Hidroeléctrica Gera II 2 MW

Nº	Años	Demanda Promedio Anual Generada por C.H. Gera II-2 MW		COSTOS EN LA ALTERNATIVA I (mil US \$)					BENEFICIOS	
		Pot. Punta (KW) (1)	Energ. Total (MWh-año) (1)	Inversiones (2)	CO y M - S.E. y L.T. 10 kV (3)	CO y M - de la C.H. Gera II (4)	Pérd. Energ. LT 10 kV y Traf (5)	Total Costos (6)	Total Beneficios US \$ (7)	Beneficios Netos Totales (8)
1	2004			(a) 2630.069				2630		-2630
2	2005	1210	10591		5	20	10	36	810	775
3	2006	1210	10591		5	20	10	36	810	775
4	2007	1210	10591		5	20	10	36	810	775
5	2008	1210	10591		5	20	10	36	810	775
6	2009	1210	10591		5	20	10	36	810	775
7	2010	1210	10591		5	20	10	36	810	775
8	2011	1210	10591		5	20	10	36	810	775
9	2012	1210	10591		5	20	10	36	810	775
10	2013	1210	10591		5	20	10	36	810	775
11	2014	1210	10591		5	20	10	36	810	775
12	2015	1210	10591		5	20	10	36	810	775
13	2016	1210	10591		5	20	10	36	810	775
14	2017	1210	10591		5	20	10	36	810	775
15	2018	1210	10591		5	20	10	36	810	775
16	2019	1210	10591		5	20	10	36	810	775
17	2020	1210	10591		5	20	10	36	810	775
18	2021	1210	10591		5	20	10	36	810	775
19	2022	1210	10591		5	20	10	36	810	775
20	2023	1210	10591	(b) -947	5	20	10	-911	810	1722

Variables Importantes

(1) Generación media anual de de potencia y energía

(2) Inversiones de la C.H Gera II sin IGV -Mil US \$

Costo de obras electromecánicas 1204

Costo de obras civiles 1091

Costo indirecto 335.270

Total de Inversiones 2630.07 (a)

Depreciación lineal 947 (b)

-40 años para obras civiles 545

-30 años para obras elctromecánicas 401

(3) Costos de operación y mantenimiento en las subestación Gera II y la línea-10 kV :
3.5% de la inversión (Reconocidos para los SST por OSINERG-GART)

(4) Costos de operación y mantenimiento en la central Hidroeléctrica Gera II

(5) Pérdidas de potencia y energía en la línea primaria 10 kV Gera I - Gera II y el transformador de potencia , obtenidas del análisis de flujo de carga:

(6) Total de Costos (2+3+4+5)

(7) Precio de venta de de potencia y energía

PPB= 24.58 \$/kWh-mes, 'EBP= 23.260 c\$/kWh, PEBF= 23.260 c\$/kWh

(8) Beneficios Netos Totales : (14)-(9)

Notas :

- Tasa de Cambio T.C = 3.48 \$/ / \$

- Caudal máximo 5.27 m³/s

- Caudal medio al año 3.27 m³/s

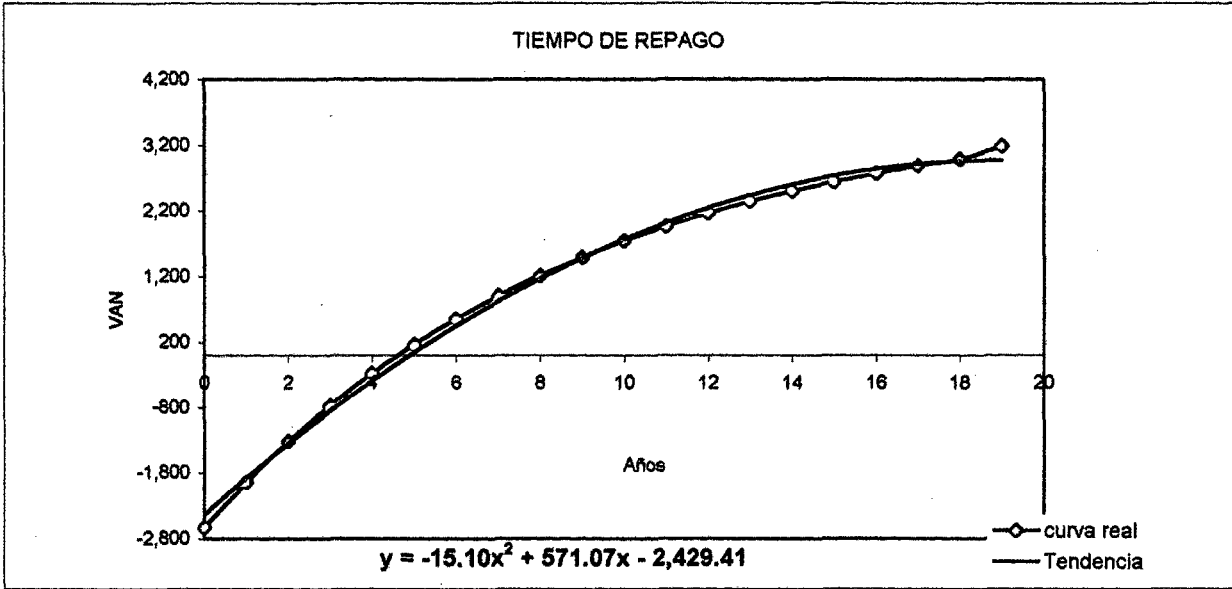
- Factor de planta 0.62

RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN ECONÓMICA
Indicadores Económicos

Tasa de descuento	12%
Valor Actual Neto (VAN) Millones US\$	3.186
Tasa Interna de Retorno (TIR)	29%
Relación Beneficio Costo (B/C)	3.26
Tiempo de Repago	4.88

CALCULO DEL TIEMPO DE REPAGO

AÑOS	VAN(MII US \$)
0	-2,630
1	-1,938
2	-1,321
3	-769
4	-277
5	163
6	555
7	906
8	1,219
9	1,496
10	1,747
11	1,970
12	2,169
13	2,347
14	2,505
15	2,647
16	2,773
17	2,886
18	2,987
19	3,186



ax ² +bx+c=0					
a=	-15.10	b=	571.07	c=	-2,429.01
x1	4.88	x2	32.93		
t	4.88	años			

Fase de Operación y Mantenimiento

Acciones que pueden causar impacto Ambiental

Factores ambientales	Efectos Ambientales	A. Modificación del Régimen		B. Transformación de Tierra y Construcción				D. Procesos	E. Alteración de paisajes	F. Cambios en el transporte	G. Disposición y Tratamiento de Desechos			H. Accidentes						
		Alteración de aguas e hidrología	Alteración de drenajes	Control de cauces de río y flujo	Canalización	Ruido y vibración	Construcción de edificaciones industriales	Caminos de acceso	Líneas de transmisión	Canales revestidos	Generación de energía	Control de erosión y terrazas	Transporte de personal	Disposición de desechos industriales	Disposición de residuos sólidos domésticos	Descarga de efluentes	Uso de lubricantes	Explosiones	Caídas y golpes	Inundaciones
Tierra	Alteración de la calidad del suelo								X							X				
	Alteración del perfil del suelo									X										
	Cambios físicos de la calidad de suelos																			
Agua	Alteración de aguas superficiales y su uso	X	X																	
	Alteración de la calidad de aguas														X	X				
	Modificación de calidad																			
Aire	Calidad (gases, partículas, ruido)																			
	Clima																			
Flora	Árboles							X												
	Arbustos							X												
	Pastos																			
	Cultivos																			
	Especies en extinción																			
Fauna	Aves	X				X		X												
	Animales terrestres	X						X	X											
	Peces	X		X	X			X												
	Especies en extinción																			
	Barreras			X																
	Agricultura																			
Status cultural	Calidad de vida								X			X	X							
	Salud y seguridad								X											
	Empleo								X	X	X							X	X	X
	Densidad poblacional																			
Infraestructura	Estructura eléctrica								X									X	X	X
	Repleno sanitario e industrial											X	X							
	Suministro de energía								X									X	X	X

ANEXO A.5.2
Tabla de Valoración de Impactos – Fase Construcción

Actividad	Impacto	Ocurrencia				Severidad				Medidas de Control				Puntaje Total	Categoría de Significación
		A. Probabilidad	B. Duración	C. Extensión	D. Población	E. Salud Humana	F. Ecosistema	G. Socio cultural	H. Económico	I. Prevención	J. Mitigación	K. Mantenimiento	L. Monitoreo		
Excavación del terreno	Materiales de construcción	1.0	0.3	0.1			-0.1		0.4		1.0		1.0	0.84	Baja
	Alteración de la calidad de suelos	0.3	0.2	0.1			-0.7			0.5	0.2		1.0	-0.71	Baja
	Alteración del perfil del suelo	1.0	1.0	0.1			-0.2				0.5	1.0	0.8	-0.97	Baja
	Alteración de la calidad de aguas	1.0	1.0	0.1		0.2	0.5		-0.2				0.8	0.17	Baja
	Calidad (gases, partículas, ruido)	1.0	1.0	0.1		1.0	-0.4			0.5			0.8	-3.82	Media
	Árboles	1.0	0.2	0.2	0.1		-0.7			1.0				-1.05	Media
	Arbustos	1.0	0.1	0.4	0.2		-0.2			1.0				-0.34	Baja
	Aves	0.4	1.0	0.2	0.1		-0.2						0.5	-0.17	Baja
	Animales terrestres	1.0	1.0	0.2	0.1		-0.4		-0.2	1.0			0.5	-2.07	Media
	Peces	1.0	1.0	0.1	0.1		-0.4			1.0			0.5	-1.32	Media
	Salud y seguridad	0.2				0.5		-0.4	-0.7	1.0	0.5	0.2	1.0	-0.86	Baja
	Empleo	1.0	0.2	0.5	0.2			0.7	0.7				0.5	1.33	Media
	Refrero sanitario e industrial	1.0	0.2	0.4			-0.5		-0.2		0.1		0.5	-0.67	Baja
Alteración de aguas e hidrología	Alteración de aguas superficiales y su uso	1.0	1.0	0.2		0.2	-1.0	-0.5		0.3		0.8	-4.11	Media	
	Peces	1.0	1.0	0.1	0.1		-1.0					0.5	-1.10	Media	
Control de cauces de río y flujo	Alteración de aguas superficiales y su uso	1.0	1.0	0.1			-1.0	-0.5				0.8	-2.52	Media	
	Animales terrestres	1.0	1.0	0.1	0.1		-0.1		-0.2	1.0		0.8	-1.19	Media	
	Peces	1.0	1.0	0.1	0.1		-1.0					0.5	-1.10	Media	
	Agricultura	0.1		0.1			-0.2	-0.1	-0.8	0.2		0.8	0.8	-0.40	Baja
Ruido y vibración	Aves	1.0	1.0	0.1			-0.2	-1.0	-0.2		0.1		-0.29	Baja	
Construcción de edificaciones industriales	Materiales de construcción	1.0	0.2	0.1	0.2		-1.0	-0.2				0.8	-1.44	Media	
	Alteración de la calidad de suelos	0.3	0.2	0.1			-0.7			0.5	0.2	1.0	-0.71	Baja	
	Alteración del perfil del suelo	0.2	1.0	1.0			-0.6	-0.5				0.8	-1.94	Media	
	Calidad (gases, partículas, ruido)	1.0	1.0	0.1		1.0	-0.4			0.5		0.8	-3.82	Media	
	Calidad de paisaje	1.0	1.0	0.1			-0.2	-0.4	-0.2			1.0	-1.68	Media	
	Salud y seguridad	0.3		0.1		1.0	-0.3	-0.8				1.0	-0.84	Baja	
	Empleo	1.0	1.0	0.2		0.4		1.0	0.4			0.5	1.10	Media	
Caminos de acceso	Alteración del perfil del suelo	1.0	1.0	0.1			-0.5	0.4	0.4			1.0	0.63	Baja	
	Árboles	1.0	0.1	0.1	0.1		-0.4	-0.2				0.5	-0.39	Baja	
	Arbustos	1.0	0.1	0.4	0.2		-0.4	-0.2				0.5	-0.51	Baja	
	Aves	1.0	0.7	0.1	0.3		-0.4	-0.3				1.0	-1.47	Media	
	Animales terrestres	1.0	0.7	0.1	0.3		-0.4	-0.3				1.0	-1.47	Media	
	Empleo	1.0	0.3	0.2		0.3	-0.2	0.4	0.3			1.0	0.30	Baja	
Líneas de transmisión	Árboles	1.0	0.1	0.1			-0.4	-0.2	0.1	1.0			-0.60	Baja	
	Arbustos	1.0	0.1	0.4			-0.4	-0.2	0.1	1.0			-0.75	Baja	
	Empleo	1.0	0.1	0.1	0.1			1.0	0.2		1.0		1.56	Media	
Canales revestidos	Materiales de construcción	1.0	0.1	0.1			-0.2			0.5		0.5	-0.24	Baja	
	Alteración del perfil del suelo	1.0	1.0	0.1		0.1	-0.4	-0.3				0.5	-0.84	Baja	
	Animales terrestres	0.4	0.1	0.1			-0.4		-0.2		0.5	0.5	-0.36	Baja	
Instalaciones de la central	Aves	1.0	0.2	0.1			-0.4	-0.3		0.5		0.5	-0.91	Baja	
	Calidad del paisaje	1.0	0.2	0.1			-1.0	-0.3		0.5	0.3		-1.35	Media	
	Empleo	1.0	0.1	0.1	0.1			1.0	0.2		1.0		1.56	Media	
Transporte de personal	Salud y seguridad	0.2		0.1	0.1	1.0		-1.0	0.5			0.5	-0.80	Baja	
Transporte de equipos	Salud y seguridad	0.4		0.1	0.1	1.0		-1.0	0.5			0.5	-1.20	Media	
Disposición de residuos sólidos domésticos	Salud y seguridad	1.0	1.0	0.1		0.3	-0.4		0.5			0.5	-1.47	Media	
Explosiones	Salud y seguridad	0.1	0.1	0.1		0.7		-1.0	0.5			0.5	-0.51	Baja	
Caídas y golpes	Salud y seguridad	1.0	0.1	0.1		0.7		-1.0	0.5			0.5	-2.04	Media	
Fallas humanas	Salud y seguridad	1.0	0.2	0.1		0.7		-1.0	0.5			0.5	-2.21	Media	

Tabla de Valoración de Impactos – Fase de Operación y Mantenimiento

Actividad	Impacto	Ocurrencia				Severidad				Medidas de Control				Puntaje Total	Categoría de Significación
		A. Probabilidad	B. Duración	C. Extensión	D. Población	E. Salud humana	F. Ecosistema	G. Socio cultural	H. Económico	I. Prevención	J. Mitigación	K. Mantenimiento	L. Monitoreo		
Alteración de aguas e hidrología	Alteración de aguas superficiales y su uso	1.0	1.0	0.1			-0.4	-0.5		0.2			0.8	-1.89	Media
	Aves	0.1	1.0	0.1			-0.4	-0.5			0.5			-0.54	Baja
	Animales terrestres	0.1	1.0	0.1			-0.4	-0.5			0.5			-0.54	Baja
	Peces	0.5	1.0	0.3			-0.4	-0.5			0.5			-0.81	Baja
Alteración de drenajes	Alteración de aguas superficiales y su uso	1.0	1.0	0.1			-0.5			0.5	0.2	0.5		-1.26	Media
Control de cauces de río y flujo	Peces	0.5	1.0	0.3			-0.4	-0.5		0.5				-0.81	Baja
	Barreras	1.0	1.0	0.3			-0.4	-0.5		0.5				-1.04	Media
Canalización	Peces	1.0	1.0	0.3			-0.3	-0.5		0.5				-0.92	Baja
Ruido y vibración	Aves	0.5	1.0	0.1			-0.4	-0.5		0.5				-0.72	Baja
Caminos de acceso	Aves	0.4	0.3	0.2			-0.4	-0.2		0.5	0.5			-0.54	Baja
	Animales terrestres	0.6	0.3	0.2			-0.5	-0.2		0.5	0.5			-0.77	Baja
	Peces	0.1	0.3	0.2			-0.4	-0.2		0.5	0.5			-0.36	Baja
Líneas de transmisión	Árboles	1.0	1.0	0.2			-0.5		0.1	0.5	0.5			-0.88	Baja
	Arbustos	1.0	1.0	0.4			-0.5			0.5	0.5			-1.20	Media
	Calidad de paisaje	1.0	1.0	0.1			-0.4	-0.3		0.5		0.5		-1.47	Media
Canales revestidos	Alteraciones de la calidad de suelos	0.1		0.2		-0.3	-0.2			0.5		0.5	0.5	-0.23	Baja
	Animales terrestres	0.6	0.3	0.2			-0.5	-0.2		0.5	0.5			-0.77	Baja
Generación de energía	Calidad de vida	1.0	1.0	1.0	1.0			1.0	1.0	0.5	0.5	0.5		12.0	Alta
	Salud y seguridad	0.2	0.1			-0.1			-0.2	0.5			0.5	-0.09	Baja
	Empleo	0.2	0.2		0.2	-0.2	-0.2	0.2	0.3	0.5		0.8		0.08	Baja
	Estructura eléctrica	1.0	1.0	0.2	0.2			1.0	1.0	0.5	0.5	0.5		7.20	Alta
	Suministro de energía	1.0	1.0	1.0	1.0			1.0	1.0	0.5		0.5		8.00	Alta
Transporte de personal	Empleo	1.0	0.3	0.2				0.1	0.2	0.5		0.5	0.45	Baja	
Uso de lubricantes	Alteración de la calidad de suelos	1.0	1.0	0.2		-0.1	-0.5			0.5		0.5	0.5	-1.98	Media
	Alteración de la calidad de aguas	1.0	1.0	0.4		-0.4	-0.5			0.5		0.5	0.5	-3.24	Media
Caídas y golpes	Empleo	0.2	0.2	0.2		-0.4				0.5		0.5	0.5	-0.36	Baja
	Estructura eléctrica	0.2	0.2	0.2		-0.5				0.5		0.5	0.5	-0.45	Baja
	Suministro de energía	0.2	0.1	0.1				-0.4	-0.2	0.5	0.5	0.5		-0.36	Baja
Inundaciones	Empleo	0.2	0.1	0.2		-0.4	-0.3		-0.2	0.5	0.5		0.5	-0.68	Baja
	Estructura eléctrica	0.2	0.1	0.3		-0.4	-0.3		-0.2	0.5	0.5		0.5	-0.81	Baja
	Suministro de energía	0.2	0.1	0.7		-0.4	-0.3		-0.2	0.5	0.5		0.5	-1.35	Media
Fallas humanas	Empleo	0.2	0.2	0.3		-0.2	-0.2	-0.7	-0.7	0.2	0.2		0.5	-1.13	Media
	Estructura eléctrica	0.2	1.0	0.3			-0.2	-0.2		0.2	0.2	0.8	0.8	-1.20	Media
	Suministro de energía	0.2	0.2	1.0				-1.0	-1.0	0.5		0.5	0.5	-4.20	Media

ANEXO A.6.1
Cálculo de la Tubería de Succión y Impulsión- Selección de la Bomba

a) Cálculo de la Tubería de Succión y Impulsión

- Volumen del Reservorio Apoyado

$$V_{\text{reservorio}} = 0.30 \times 0.42 \times 86400 = 11000 \text{ L} \approx 11 \text{ m}^3$$

- Caudal de Bombeo

$$Q_{\text{bombeo}} = V_{\text{reservorio}} / T$$

T = tiempo de llenado = 1.5 horas

$$Q_{\text{bombeo}} = 11000 / (1.5 \times 60 \times 60) = 2 \text{ L/s}$$

Con el gasto concentrado y utilizando la tabla que nos proporciona el R.N.C, hallamos la tubería de impulsión.

Gasto de Bombeo en litros/seg.	Diámetro de la Tub. de Impulsión
Hasta 0.50	3/4"
Hasta 1.00	1"
Hasta 1.60	1 1/4"
Hasta 3.00	1 1/2"
Hasta 5.00	2"
Hasta 8.00	2 1/2"
Hasta 15.00	3"
Hasta 25.00	4"

Para nuestro caso la tubería de impulsión será:

$$\phi_{\text{tubería impulsión}} = 1 \frac{1}{2}''$$

Se puede estimar que el diámetro de la tubería de succión es igual al diámetro inmediatamente superior al de la tubería de impulsión.

$$\phi_{\text{succión}} = 2''$$

b) Selección de la Bomba

- Cálculo de la Altura Dinámica Total (ADT)

$$H_{\text{ADT}} = H_s + H_i + H_{fr}$$

H_{ADT} = Altura dinámica total

H_s = Altura de succión

H_i = Altura de Impulsión

H_{ft} = Pérdida de carga en la tubería de succión más pérdida de carga en tubería de impulsión.

De acuerdo a la figura N°5:

$$H_s = 808 - 806 = 2 \text{ m}$$

$$H_i = 827.3 - 808 = 19.3 \text{ m}$$

$$H_{ft} = H_{fts} + H_{fi} = 0.48 + 10.2 = 10.68 \text{ m}$$

> Pérdida en la succión - H_{fts} ($\phi = 2''$)

Válvula de pie con coladera L.E. = 13.80 m

Codo de 90° L.E. = 2.045 m

Reducción excéntrica (6D) L.E. = 0.305 m

Entrada de borda L.E. = 1.50 m

Longitud de tubería neta 2.2 + 1 = 3.2 m

Longitud Equivalente total 20.85 m

De la fórmula de Hazen-Williams:

$$J = 0.0228 \text{ m/m} \Rightarrow H_{fts} = J \times L = 0.0228 \times 20.85 = 0.48 \text{ m}$$

> Pérdida en la impulsión - H_{fi} ($\phi = 1 \frac{1}{2}''$)

$$J = 0.092 \text{ m/m} \Rightarrow H_{fi} = J \times L = 0.092 \times 111 = 10.2 \text{ m}$$

111 es igual a la longitud de tubería de impulsión más un porcentaje del 25% por longitud equivalente en metros, debido a las válvulas y accesorios.

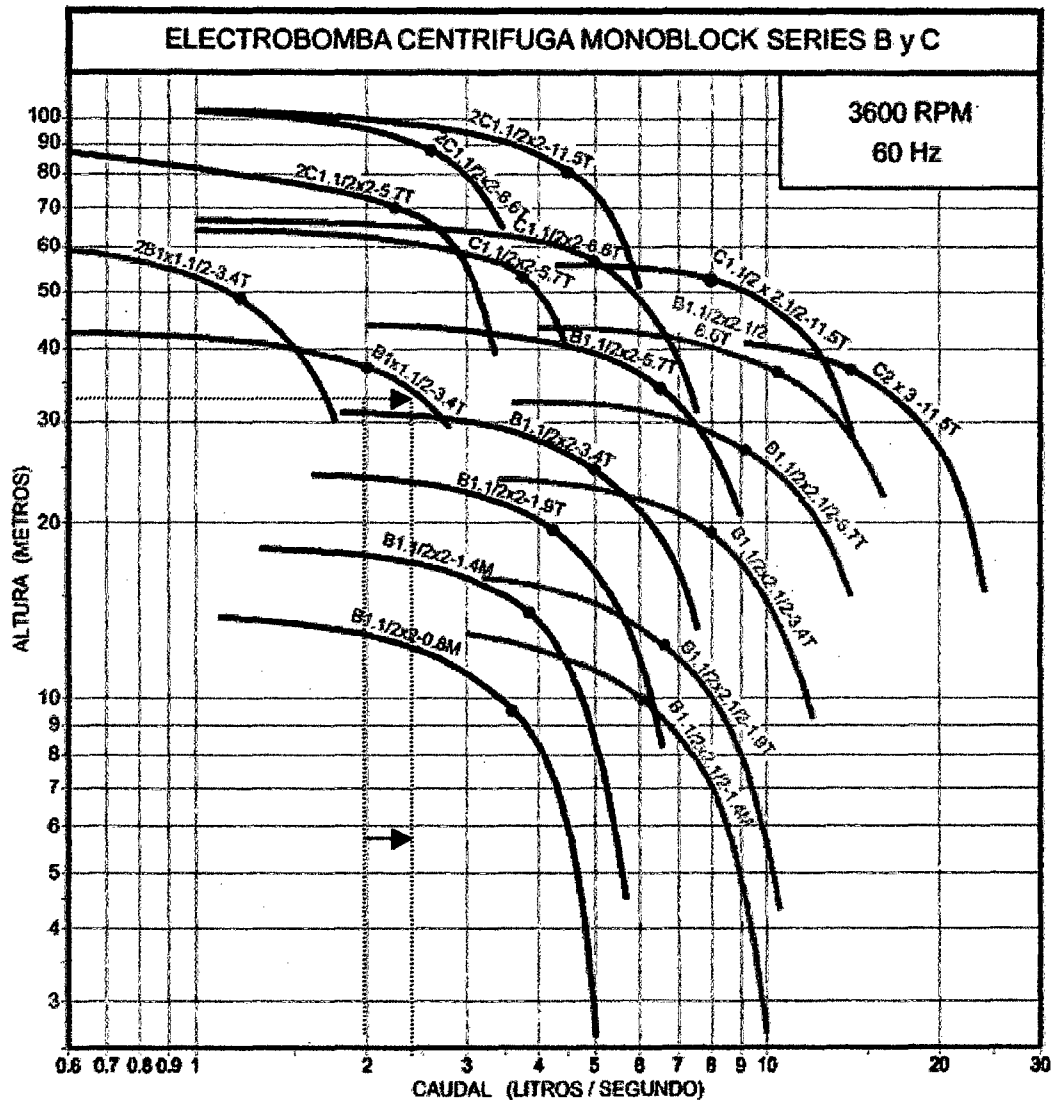
$$\text{Entonces : } H_{ADT} = 2 + 19.3 + 10.68 = 32 \text{ m}$$

- Potencia teórica de la Bomba

$$HP = \frac{2 \times 32}{75 \times 0.6} = 1.4 \text{ HP} \quad n = \text{eficiencia} = 0.6$$

Para elegir el modelo de la Bomba utilizaremos el gráfico que nos proporciona la Empresa Hidrostral; se utilizará la serie "B" por la mediana altura dinámica que se calculó (32 m).

Gráfico para elegir el Modelo de la Bomba



Para este caso, se obtiene de la gráfica de Hidrostal el siguiente modelo :

ELECTROBOMBA CENTRÍFUGA MONOBLOCK SERIE B

MODELO B1x1.1/2 – 3.4 T ADT=32m , $Q_b = 2.5 \text{ L/s}$

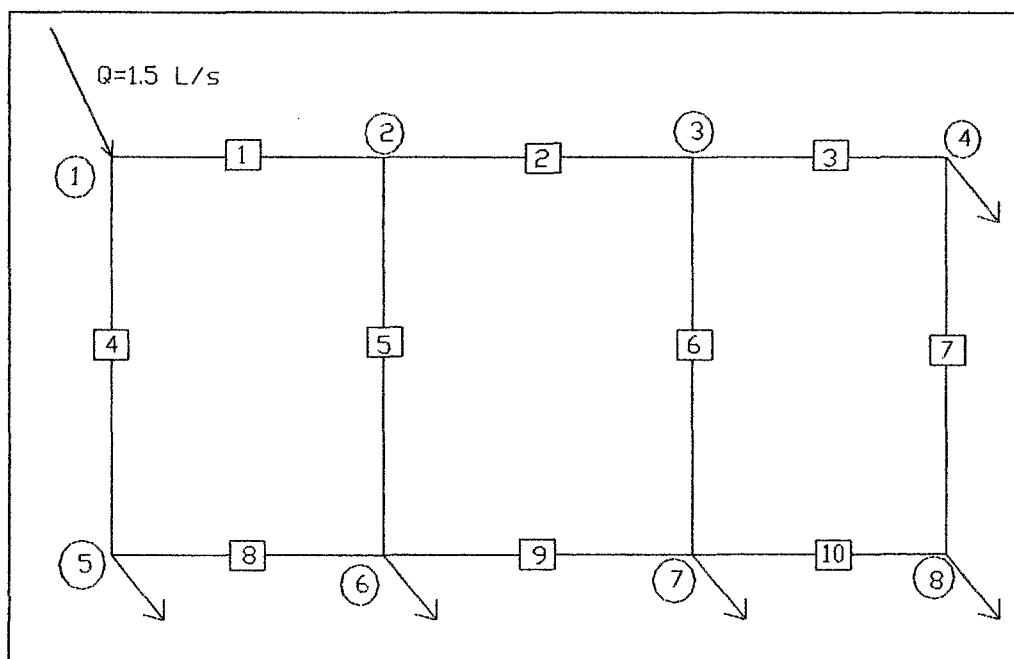
Con este nuevo caudal de bombeo, se verifica en la tabla que nos proporciona el R.N.C si el ϕ_{11} es el mismo que el obtenido en forma teórica.

Como $Q_b = 2.5 \text{ L/s} < 3 \text{ L/s}$, se continua con el diámetro de la tubería de impulsión que se calculó anteriormente.

ANEXO A.6.2 Cálculo Hidráulico de la Malla Principal

a) Cálculo Hidráulico

En el siguiente esquema se presenta la notación de la malla principal de distribución para el cálculo mediante el programa **Loop**.



- **Datos de Entrada**

Caudal de Diseño : 1.5 L/s

Área Total: 33433 m²

Áreas de influencia y caudales por nudo :

$A_4 = 3004 \text{ m}^2$ $Q_4 = 0.13 \text{ L/s}$

$A_5 = 6277 \text{ m}^2$ $Q_5 = 0.28 \text{ L/s}$

$A_6 = 8126 \text{ m}^2$ $Q_6 = 0.37 \text{ L/s}$

$A_7 = 8034 \text{ m}^2$ $Q_7 = 0.36 \text{ L/s}$

$A_8 = 7987 \text{ m}^2$ $Q_8 = 0.36 \text{ L/s}$

Cotas :

Nudo 1 = 812 msnm

Nudo 2 = 809.5 msnm

Nudo 3 = 810.8 msnm

Nudo 4 = 811 msnm

Nudo 5 = 811.1 msnm

Nudo 6 = 810.7 msnm

Nudo 7 = 810.8 msnm

Nudo 8 = 811 msnm

• **Resultados**

+-----+
 | LOOP RESULT : GERA .LOP |
 +-----+

PROYECTO : Abastecimiento de agua Las Delicias del Gera

NO. DE TRAMOS : 10

NO. DE NUDOS : 8

FACTOR DE USO : 1

MAX. GRAD. M/Km : 10

ERROR MAX.(LPS) : .0046

TRAMO	DE	A	LONGITUD	DIAM.	C	FLUJO	VELOCIDAD	PERDIDA DE CARGA	
NO.	NUDO	NUDO	(M)	(MM)	HW	(LPS)	(MPS)	(M/KM)	(M)
1	1	2	70.00	38	140	0.75	0.65	15.21HI	1.06
2	2	3	86.00	32	140	0.55	0.70	21.08HI	1.81
3	3	4	75.00	25	140	0.34	0.67	25.22HI	1.89
4	1	5	42.00	32	140	0.75	0.95	37.71HI	1.58
5	2	6	43.00	19	140	0.20	0.69	37.31HI	1.60
6	3	7	41.00	19	140	0.21	0.75	43.95HI	1.80
7	4	8	40.00	19	140	0.21	0.73	41.58HI	1.66
8	5	6	66.00	32	140	0.47	0.60	15.98HI	1.05
9	6	7	83.00	25	140	0.30	0.64	24.13HI	2.00
10	7	8	74.00	19	140	0.15	0.54	23.69HI	1.75

NUDO NO.	FLUJO (LPS)	COT. TERR. (msnm)	COT. PIEZ. (msnm)	PRESION (MCA)
1 R	1.500	812.00	821.00	9.00
2	0.000	809.50	819.94	7.32
4	-0.130	811.00	816.23	5.23
5	-0.280	811.10	819.42	8.32
6	-0.370	810.70	818.33	7.63
7	-0.360	810.80	816.32	5.52
8	-0.360	811.00	814.57	3.57

Por lo tanto:

<u>Tubería</u>	<u>Diámetro Comercial</u>
1	1 ½"
2	1 ¼"
3	1"
4	1 ¼"
5	¾"
6	¾"
7	¾"
8	1 ¼"
9	1"
10	¾"

- **Observaciones del Diseño**

- > En términos de las velocidades en la red, los tramos son satisfactorios (velocidad > 0.6 m/s) menos la tubería 10, en el cual la velocidad de 0.54 m/s , no pasa. Este problema puede ser pasado por alto debido a su cercanía al valor mínimo, el cual se dio para evitar que se produzca la sedimentación de elementos dentro de las tuberías. Además, como ya se mencionó, se trata de aguas limpias que han pasado por un proceso de sedimentación adecuado.

- › La red presenta una adecuada distribución de las presiones, superando en todos los nudos el valor mínimo de 3.5 m, establecido por DIGESA.

ANEXO A.7

INFORME N° S03-0069 (V)

SOLICITADO : ELECTRO ORIENTE S.A.
 PROYECTO : CENTRAL HIDROELÉCTRICA GERA II
 UBICACIÓN : Dpto. de San Martín
 FECHA : 18 de Febrero de 2003

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

I. ENSAYOS ESTÁNDAR

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM - D422

Calicata	C-1	C-1	C-1	C-2	C-2
Muestra	1er. Capa	2da. Capa	3era. Capa	1era. Capa	2da. Capa
Prof.(m)	0.12-0.50	0.50-0.80	0.80-1.50	0.30-1.10	1.10-1.60
Malla	(%) Acumulado que pasa				
2"	100.0				
1 1/2"	95.5			100.0	
1"	82.5			85.8	
3/4"	76.6			79.8	100.0
1/2"	66.9	100.0		77.1	98.3
3/8"	59.9	98.0	100.0	75.8	97.5
1/4"	52.8	97.0	100.0	73.3	96.2
N°4	48.6	95.7	97.3	72.1	95.3
N°10	39.2	92.4	95.3	69.8	93.4
N°20	31.2	90.3	92.9	68.1	91.8
N°30	27.7	89.4	91.2	66.9	91.1
N°40	25.9	88.9	90.0	66.0	90.7
N°60	20.3	86.1	77.4	59.4	88.5
N°100	16.9	80.8	51.8	49.6	85.4
N°200	13.6	70.7	38.3	35.9	76.6
Límite Líquido (%) ASTM D4318	20.1	30.0	23.7	28.5	32.2
Límite Plástico (%) ASTM D4318	16.0	17.6	14.9	15.7	17.7
Límite de Contracción (%) ASTM D427	13.7	13.2	11.9	14.3	16.0
CLASIFICACIÓN SUCS	GM-GC	CL	SC	SC	CL

LUISA E. SHUAN LUCAS
 ING. RESPONSABLE DE AREA
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI



ENSAYOS ESTÁNDAR

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM - D422

Calicata	C-2	C-4	C-4	C-7	C-7
Muestra	3era Capa	1era Capa	2da Capa	1era Capa	Miniteraca
Prof.(m)		0.30-1.50	0.00	0.30-2.10	
Malla	(%) Acumulado que pasa				
2"	100.0				
1 1/2"	100.0			100.0	
1"	100.0	70.6		97.5	
3/4"	100.0	69.5		96.6	97.6
1/2"	100.0	65.6		95.4	94.4
3/8"	99.1	63.5	73.5	94.3	93.2
1/4"	98.3	61.4	72.2	93.1	91.7
Nº4	97.6	59.7	71.2	92.3	90.4
Nº10	96.0	54.8	67.2	88.5	85.8
Nº20	94.7	50.6	63.2	85.2	81.9
Nº30	94.2	49.0	61.6	84.0	80.7
Nº40	94.0	48.2	60.8	83.5	80.2
Nº60	92.8	43.3	57.9	81.3	77.1
Nº100	90.3	34.6	55.1	78.5	73.8
Nº200	78.5	31.2	51.6	74.3	69.8
Límite Líquido (%) ASTM D4318	34.20	28.38	30.07	28.78	28.49
Límite Plástico (%) ASTM D4318	18.30	17.16	19.92	20.17	16.88
Límite de Contracción (%) ASTM D427	15.70	14.19	16.51	15.52	11.23
CLASIFICACIÓN SUCS	CL	GC	CL	CL	CL

LUISA E. SERNA LUCAS
ING. RESPONSABLE DE AREA
Lab. de Mecánica de Suelos UNI



ENSAYOS ESTÁNDAR

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM - D422

Calicata	C-9	C-9	C-9	C-10	C-10
Muestra	1era Capa	2da Capa	3era Capa	1era Capa	2da Capa
Prof.(m)	0.30-0.70	0.70-2.00	2.00	0.00-0.30	0.30-1.00
Malla	(% Acumulado que pasa)				
3"	100.0				100.0
2"	90.4	100.0	100.0	100.0	82.2
1 1/2"	77.6	100.0	100.0	92.9	77.4
1"	62.6	95.8	88.6	80.6	47.4
3/4"	56.2	95.8	81.0	71.4	40.8
1/2"	44.9	83.6	68.3	61.1	32.1
3/8"	39.4	79.3	61.5	56.7	27.3
1/4"	32.5	75.1	56.5	45.9	22.8
Nº4	29.0	72.7	54.2	41.0	20.2
Nº10	20.5	65.9	52.1	28.3	14.6
Nº20	15.4	62.6	48.0	22.6	12.1
Nº30	13.7	61.7	46.6	21.2	11.4
Nº40	12.8	61.2	46.0	20.6	11.1
Nº60	10.2	59.6	44.2	18.0	9.9
Nº100	8.7	57.7	43.0	15.7	8.3
Nº200	6.8	53.9	40.7	12.7	7.6
Límite Líquido (%) ASTM D4318	34.50	28.40	28.63	32.00	34.80
Límite Plástico (%) ASTM D4318	20.50	16.90	19.07	22.40	21.70
Límite de Contracción(%) ASTM D427	13.90	14.20	17.17	15.10	18.40
CLASIFICACIÓN SUCS	GP-GC	CL	GC	GC	GP-GC


LUIS E. ORJAN LUCAS
ING. RESPONSABLE DE AREA
Lab. de Mecánica de Suelos UNI



ENSAYOS ESTÁNDAR

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM - D422

Calicata	C-10	C-11	C-11	C-12	C-12
Muestra	3era. Capa	1era. Capa	2da. Capa	1era. Capa	2da. Capa
Prof.(m)	1.00-2.10	0.30-2.10	2.10-2.30	0.00-1.10	1.10-2.20
Malla	(% Acumulado que pasa				
3"	100.0			100.0	100.0
2"	79.5	100.0	100.0	84.6	78.8
1 1/2"	56.2	89.4	84.6	78.8	67.2
1"	50.8	78.2	78.0	73.9	60.3
3/4"	49.6	75.6	70.6	69.1	57.9
1/2"	43.3	66.7	56.7	62.4	50.8
3/8"	39.6	60.8	46.2	58.2	47.7
1/4"	33.0	53.4	36.0	53.4	42.5
Nº4	28.8	48.9	30.1	50.3	39.6
Nº10	18.2	35.7	21.2	42.0	29.6
Nº20	13.3	27.0	17.3	36.2	23.1
Nº30	12.1	24.1	16.3	34.7	21.5
Nº40	11.6	23.0	16.0	34.1	20.9
Nº60	10.4	19.9	14.8	32.0	19.0
Nº100	9.7	18.3	14.0	30.7	17.7
Nº200	8.6	16.3	13.0	28.2	16.0
Límite Líquido (%) ASTM D4318	29.50	27.00	33.86	40.00	35.00
Límite Plástico (%) ASTM D4318	19.20	19.00	19.64	22.50	22.00
Límite de Contracción(%) ASTM D427	15.10	15.30	15.45	18.10	16.80
CLASIFICACIÓN SUCS	GP-GC	GC	GC	GC	GC


LUISA E. SHUAN LUCÁS
 ING. RESPONSABLE DE AREA
 Lab. de Mecánica de Suelos UJI




ENSAYOS ESTÁNDAR

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM - D422


Calicata	C-12	C-14	C-14	C-14
Muestra	3era. Capa	2da. Capa	1ra. Capa	3era. Capa
Prof.(m)	2.20-2.90	1.60-2.30	1.40-1.60	2.30-3.00
Malla	(%) Acumulado que pasa			
3"	100.0			
2"	72.1			100.0
1 1/2"	72.1			95.0
1"	72.1			87.0
3/4"	67.1			80.1
1/2"	60.4			74.9
3/8"	56.0		100.0	71.6
1/4"	50.9		99.8	68.9
Nº4	47.5		99.7	65.8
Nº10	37.7		98.8	57.8
Nº20	30.7		97.5	48.0
Nº30	29.0		96.7	43.2
Nº40	28.4	100.0	96.2	40.4
Nº60	26.5	95.5	83.8	25.1
Nº100	25.3	79.5	75.2	17.0
Nº200	23.8	45.1	66.3	12.5
Limite Líquido (%) ASTM D4318	29.54	21.90	23.70	17.50
Limite Plástico (%) ASTM D4318	16.67	17.60	16.46	N.P.
Limite de Contracción(%) ASTM D427	14.70	15.40	12.54	N.P.
CLASIFICACIÓN SUCS	GC	SM-SC	CL	SM

Nota.- Las muestras fueron remitidas e identificadas por el Solicitante

Ejecución: Teca J. Chavez, J. Matecubeta, P. Davila
Revisión: Ing. L. Shuan L.


LUISA E. SHUAN LUCAS
 ING. RESPONSABLE DE AREA
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI




JOSE WILFREDO SUTERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LAB. No. 2
 Mecánica de Suelos - UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA QUÍMICA Y MANUFACTURERA
LABORATORIO N°21 INVESTIGACION Y QUIMICA APLICADA

Av. Túpac Amaru 210. Lima 25 PERU - Apartado 1301
Teléfonos Central UNI 481-1070. Central FIQM 381-3849 381-3867 anexo 37. Telefax 481-7919

INFORME N°050-03-L21-FIQM

SOLICITANTE : ELECTRO ORIENTE S.A.
REGISTRO : S03-069
MUESTRA : AGUA DE POSA DE DISIPACION
DE ENERGIA C.H.G.L AGUA TURBINADA
PROYECTO : CENTRAL HIDROELECTRICA GERA II
LUGAR : TARAPOTO
ENSAYO : ANALISIS QUIMICO
FECHA : 13-02-03

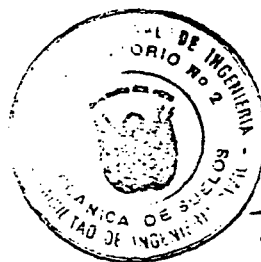
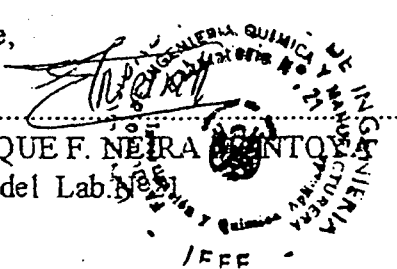
REPORTE DE RESULTADOS

SOLIDOS EN SUSPENSION, ppm 68,5
NT.ASTM-D-1888

Sin otro particular, quedamos de Uds.,

Atentamente,

ING. ENRIQUE F. NEIRA
Jefe del Lab.



JOSE WILFREDO GUTIERREZ AZARE
ING. JEFE DEL LAB. N° 2
Mecánica de Suelos - UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA QUÍMICA Y MANUFACTURERA
LABORATORIO N°21 INVESTIGACION Y QUIMICA APLICADA

Av. Túpac Amaru 210. Lima 25 PERU - Apartado 1301
Teléfonos Central UNI 481-1070. Central FIQM 381-3849 381-3867 anexo 37. Telefax 481-7919

INFORME N°052-03-L21-FIQM

SOLICITANTE : ELECTRO ORIENTE S.A.
REGISTRO : S03-069
MUESTRA : CANTERA
PROYECTO : CENTRAL HIDROELECTRICA GERA II
LUGAR : TARAPOTO
ENSAYO : ANALISIS QUIMICO
FECHA : 13-02-03

REPORTE DE RESULTADOS

SALES S. T., ppm 381,6
NT.ASTM-D-1889

Sin otro particular, quedamos de Uds.,

Atentamente,

ING. ENRIQUE F. NEIRA MUSTOYA
Jefe del Lab. N°21

JEFF



JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARUS
ING. JEFE DEL LAB. No. 2
Mecánica de Suelos - UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA QUÍMICA Y MANUFACTURERA
LABORATORIO N°21 INVESTIGACION Y QUIMICA APLICADA

Av. Túpac Amaru 210. Lima 25 PERU - Apartado 1301
Teléfonos Central UNI 481-1070. Central FIQM 381-3849 381-3867 anexo 37. Telefax 481-7919

INFORME N°051-03-L21-FIQM

SOLICITANTE : ELECTRO ORIENTE S.A.
REGISTRO : S03-069
MUESTRA : AGUA SALADA ESTUDIO VIABILIDAD
C.H. GERA II
PROYECTO : CENTRAL HIDROELECTRICA GERA II
LUGAR : TARAPOTO
ENSAYO : ANALISIS QUIMICO
FECHA : 13-02-03

REPORTE DE RESULTADOS

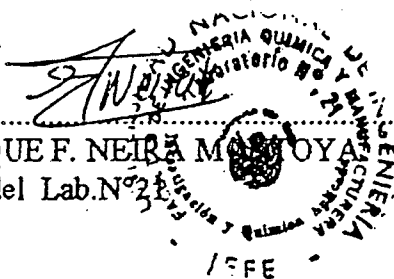
CLORURO como ion CL-, ppm .81,5
NT.ASTM-D-512

SULFATO como ion SO4-, ppm 204,0
NT.ASTM-D-516

Sin otro particular, quedamos de Uds.,

Atentamente;

ING. ENRIQUE F. NEIRA MORA
Jefe del Lab. N° 21



JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZAROS
ING. JEFE DEL LAB. No. 2
Mecánica de Suelos - UNI

INFORME N° S03 - 0069 (III)

SOLICITADO : ELECTRO ORIENTE S.A.
PROYECTO : CENTRAL HIDROELÉCTRICA GERA II
UBICACIÓN : Dpto. de San Martín
FECHA : 14 de Febrero de 2003

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

CANTERA : UCRANIA (Río Yuracyacu)
Ubicación : Lado Derecho del Río - Desvío 300m.

I. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM - D422

Malla	(%) Acumulado que pasa
3"	100.0
2"	94.8
1 1/2"	86.0
1"	72.7
3/4"	62.7
1/2"	50.0
3/8"	42.4
1/4"	33.8
N°4	28.3
N°10	16.8
N°20	9.0
N°30	6.5
N°40	5.6
N°50	3.1
N°100	2.0
N°200	1.5

II. DETERMINACIÓN DEL MATERIAL MAS FINO QUE LA MALLA N°200 ASTM C 117

Material mas fino que la malla N°200 (%) : 1.2

III. PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO ASTM C 29

Peso Unitario Suelto (kg/m³) : 1,609
Peso Unitario Varillado (kg/m³) : 1,738

IV. PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO ASTM C 29

Peso Unitario Suelto (kg/m³) : 1,483
Peso Unitario Varillado (kg/m³) : 1,703


LUISA EL SHUAN LUCAS
ING. RESPONSABLE DE AREA
Lab. de Mecánica de Suelos UNI



V. **IMPUREZAS ORGÁNICAS ASTM C-40**

Grado : "3"


VI. **ENSAYO DE DURABILIDAD CON SULFATO DE SODIO ASTM C 88**

Agregado : Grueso
Desgaste (%) : 4.698

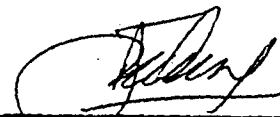
Agregado : Fino
Desgaste (%) : 2.343

Nota. La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante

Ejecución : Tco. Fred Gavila
Revisión : Ing. L. Shuan L.



LUISA E. SHUAN LUCAS
ING. RESPONSABLE DE AREA
Lab. de Mecánica de Suelos UNI



JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARO
ING. JEFE DEL LAB. No. 1
Mecánica de Suelos - UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 311070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S04 - 080

SOLICITADO : ELECTRO-ORIENTE
 PROYECTO : ESTUDIO DEFINITIVO CENTRAL HIDROELECTRICA GERA II
 UBICACIÓN : Moyobambá, San Martín
 FECHA : 10, Febrero del 2004

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

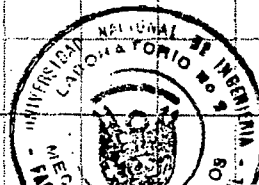
I. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM - D422

Calicata	C-5	C-5	C-6
Muestra	Canal	Canal	Canal
Prof. (m)	M-1	M-2	M-1
	0.35-0.90	0.90-1.80	0.65-2.10

Malla (%) Acumulado que pasa

3"			
2"			
1 1/2"	100.0		
1"	94.5		100.0
3/4"	92.5	100.0	98.9
1/2"	88.4	99.5	97.8
3/8"	86.5	99.2	96.6
1/4"	83.7	97.5	94.7
N°4	82.4	96.7	92.7
N°10	79.8	94.1	87.9
N°20	77.7	91.1	83.8
N°30	77.0	90.5	83.0
N°40	76.1	90.0	82.3
N°60	72.3	88.8	80.8
N°100	59.6	87.2	77.9
N°200	38.8	80.4	72.0
% de Grava	17.6	3.3	7.3
% de Arena	43.6	16.3	20.7
% de Finos	38.8	80.4	72.0
LIMITE LIQUIDO (%) ASTM D4318	18.60	25.90	42.1
LIMITE PLASTICO (%) ASTM D4318	NP	16.10	21.4
CLASIFICACION SUCS	SM	CL	CL


 ANTICCO T. QUINONES VILLANUEVA
 ING. RESPONSABLE DE AREA





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 311070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM - D422

Calicata	C-15 Casa de Máquina	C-15 Casa de Máquina	C-15 Casa de Máquina
Muestra Prof. (m)	M-1 0.10-0.45	M-2 0.45-1.20	M-3 1.20-2.10
	Malla (%) Acumulado que pasa		
3"			
2"	100.0		100.0
1 1/2"	92.5		95.9
1"	90.7	100.0	94.8
3/4"	87.4	93.8	91.9
1/2"	78.8	81.0	84.1
3/8"	74.1	78.5	80.3
1/4"	68.8	71.7	74.3
N°4	65.4	67.2	69.8
N°10	55.8	54.8	56.3
N°20	48.8	45.0	46.2
N°30	47.6	43.2	44.2
N°40	46.7	41.8	42.0
N°60	44.9	39.6	39.9
N°100	42.1	37.4	37.3
N°200	37.6	33.9	33.4
% de Grava	34.6	32.8	30.2
% de Arena	27.9	33.3	36.4
% de Finos	37.6	33.9	33.4
LIMITE LIQUIDO (%) ASTM D4318	38.60	31.00	28.8
LIMITE PLASTICO (%) ASTM D4318	21.7	17.40	18.8
CLASIFICACION SUCS	GC	SC	SC

ANTIOCHO T. QUINONES VILLANUEVA
ING. RESPONSABLE DE AREA
Lab. de Mecánica de Suelos UNI





FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

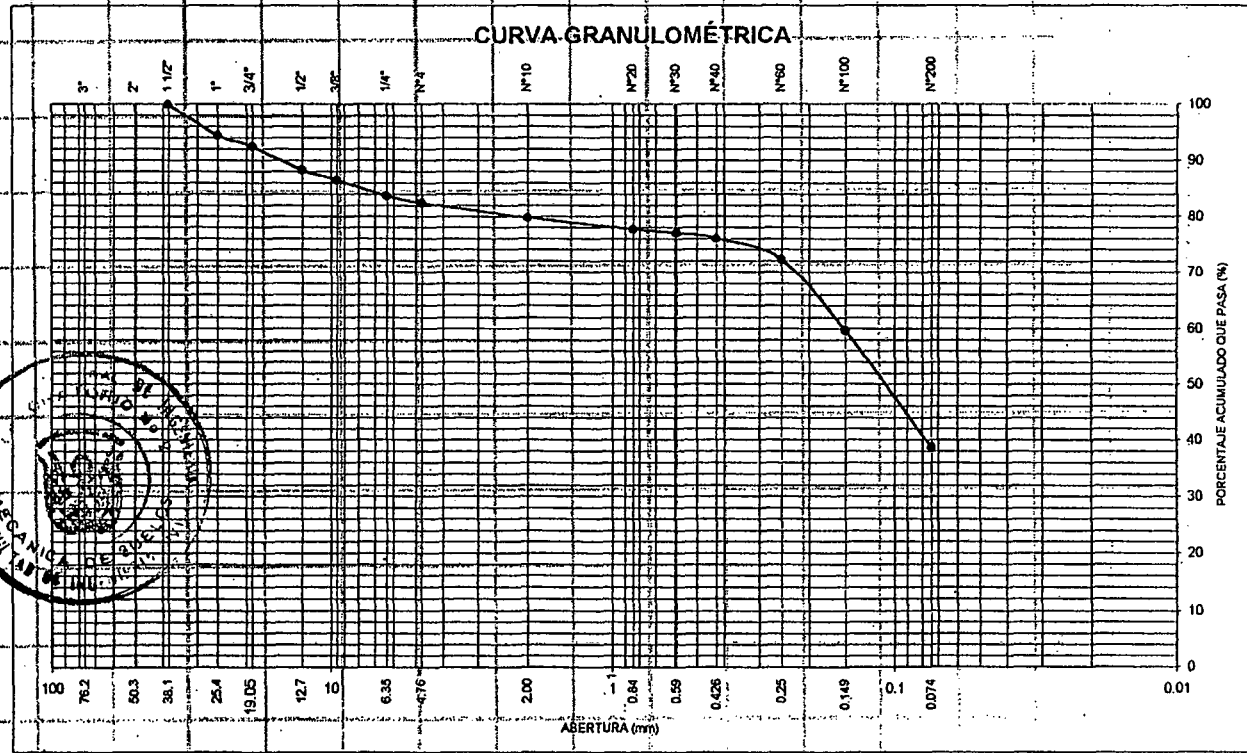
Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S04 - 080

Solicitado : ELECTRO-ORIENTE
 Proyecto : ESTUDIO DEFINITIVO CENTRAL HIDROELECTRICA GERA II
 Ubicación : Moyobamba, San Martin
 Fecha : 10, Febrero del 2004

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
 ASTM D-422

CALICATA C.5 (Canal)		M-1
Prof.(m)		0.35-0.90
Tamiz	Abertura (mm)	(%) acumulado que pasa
3"	76.200	
2"	50.300	
1-1/2"	38.100	100.0
1"	25.400	94.5
3/4"	19.050	92.5
1/2"	12.700	88.4
3/8"	9.525	86.5
1/4"	6.350	83.7
N°4	4.760	82.4
N°10	2.000	78.8
N°20	0.840	77.7
N°30	0.590	77.0
N°40	0.428	76.1
N°60	0.250	72.3
N°100	0.149	59.6
N°200	0.074	38.8



[Signature]
 ANTIOCO T. BARRONES VILLANUEVA
 INC. RESPONSABLE DE AREA
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio Nº 2 - Mecánica de Suelos

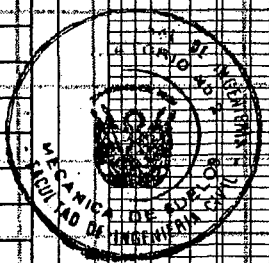
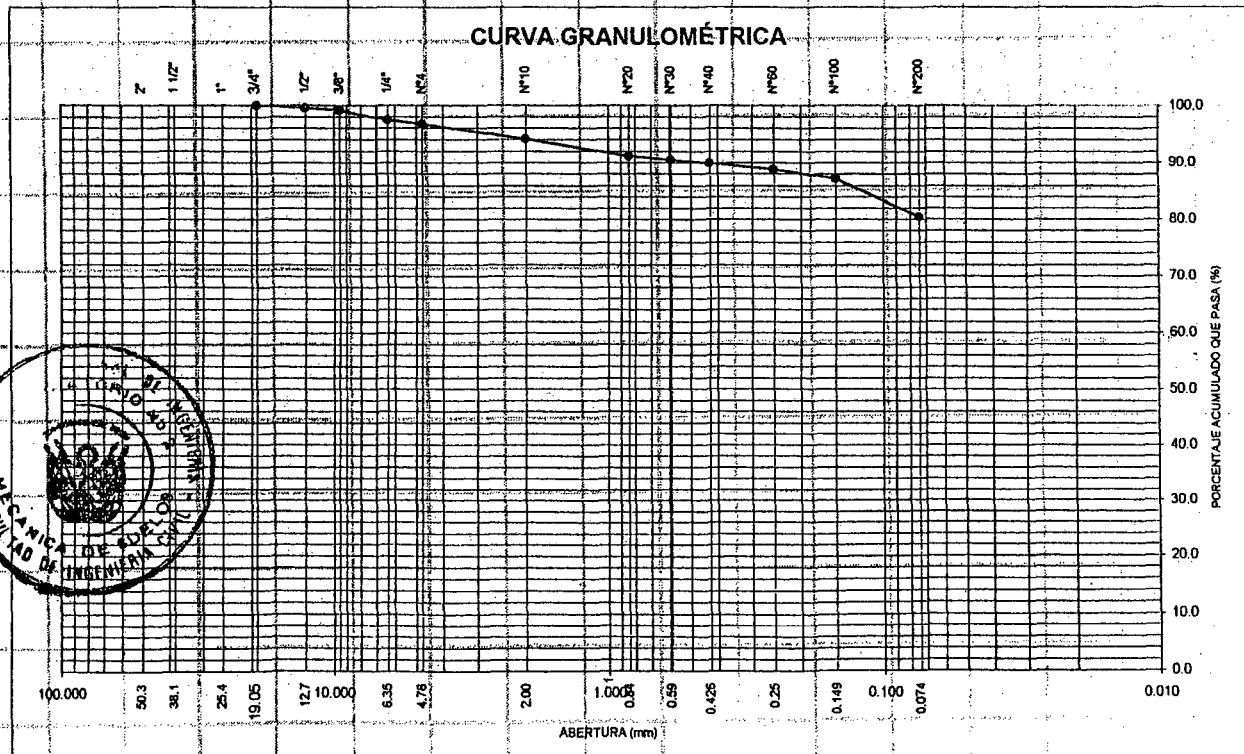
Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME Nº S04 - 080

Solicitado : ELECTRO-ORIENTE
 Proyecto : ESTUDIO DEFINITIVO CENTRAL HIDROELECTRICA GERA II
 Ubicación : Moyobamba, San Martín
 Fecha : 10, Febrero del 2004

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D - 422

CALICATA C-5 (Canal)		M-2
Prof. (m)		0.90-1.80
Tamiz	Abertura (mm)	(%) acumulado que pasa
3"	76.200	
2"	50.300	
1 1/2"	38.100	
1"	25.400	
3/4"	19.050	100.0
1/2"	12.700	99.5
3/8"	9.525	99.2
1/4"	6.350	97.5
Nº4	4.760	96.7
Nº10	2.000	94.1
Nº20	0.840	91.1
Nº30	0.590	90.5
Nº40	0.428	90.0
Nº60	0.250	88.8
Nº100	0.149	87.2
Nº200	0.074	80.4



(Handwritten signature)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

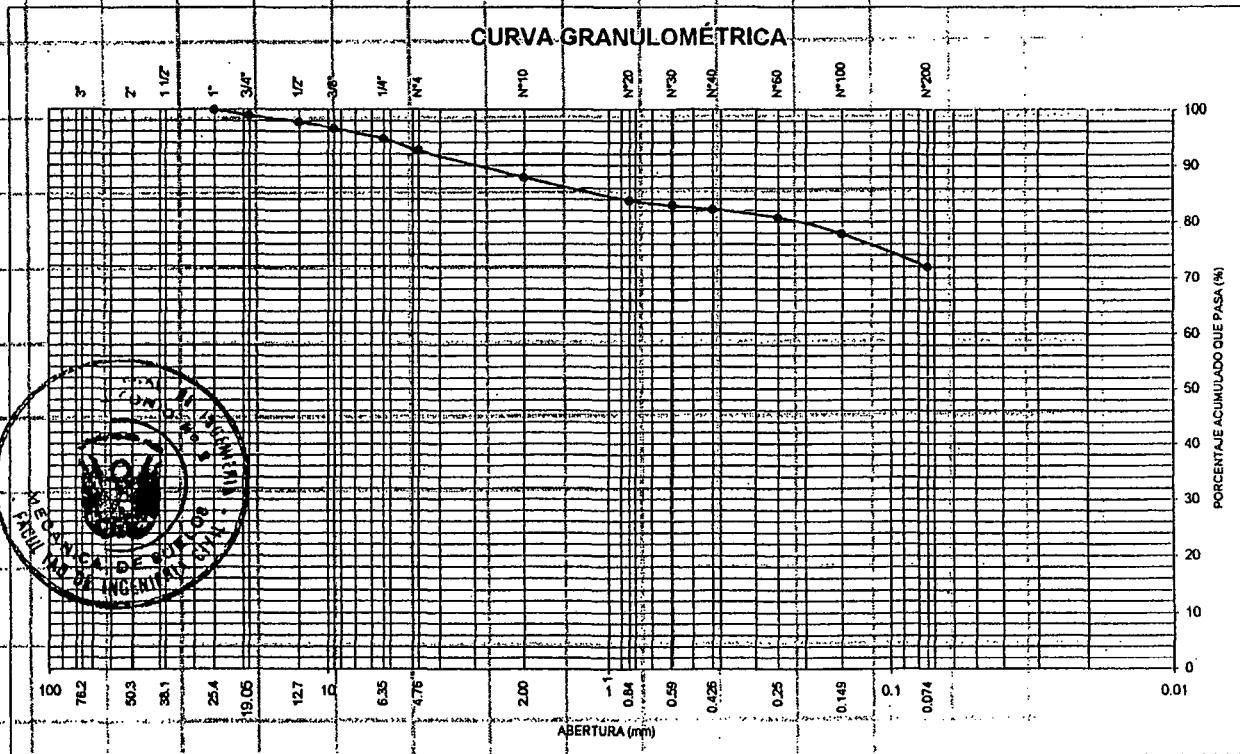
Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S04 - 080

Solicitado : ELECTRO-ORIENTE
 Proyecto : ESTUDIO DEFINITIVO CENTRAL HIDROELECTRICA GERA II
 Ubicación : Moyobamba, San Martin
 Fecha : 10, Febrero del 2004

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
 ASTM D - 422

CALICATA C-9 (Canal)		M-1
Prof.(m)		0.65-2.10
Tamiz	Abertura (mm)	(%) acumulado que pasa
3"	76.200	
2"	50.300	
1 1/2"	38.100	
1"	25.400	100.0
3/4"	19.050	98.9
1/2"	12.700	97.8
3/8"	9.525	96.6
1/4"	6.350	94.7
N°4	4.760	92.7
N°10	2.000	87.9
N°20	0.840	83.8
N°30	0.590	83.0
N°40	0.426	82.3
N°60	0.250	80.8
N°100	0.149	77.9
N°200	0.074	72.0



ANÁLISIS:
 ING. RESPON SARRÍA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

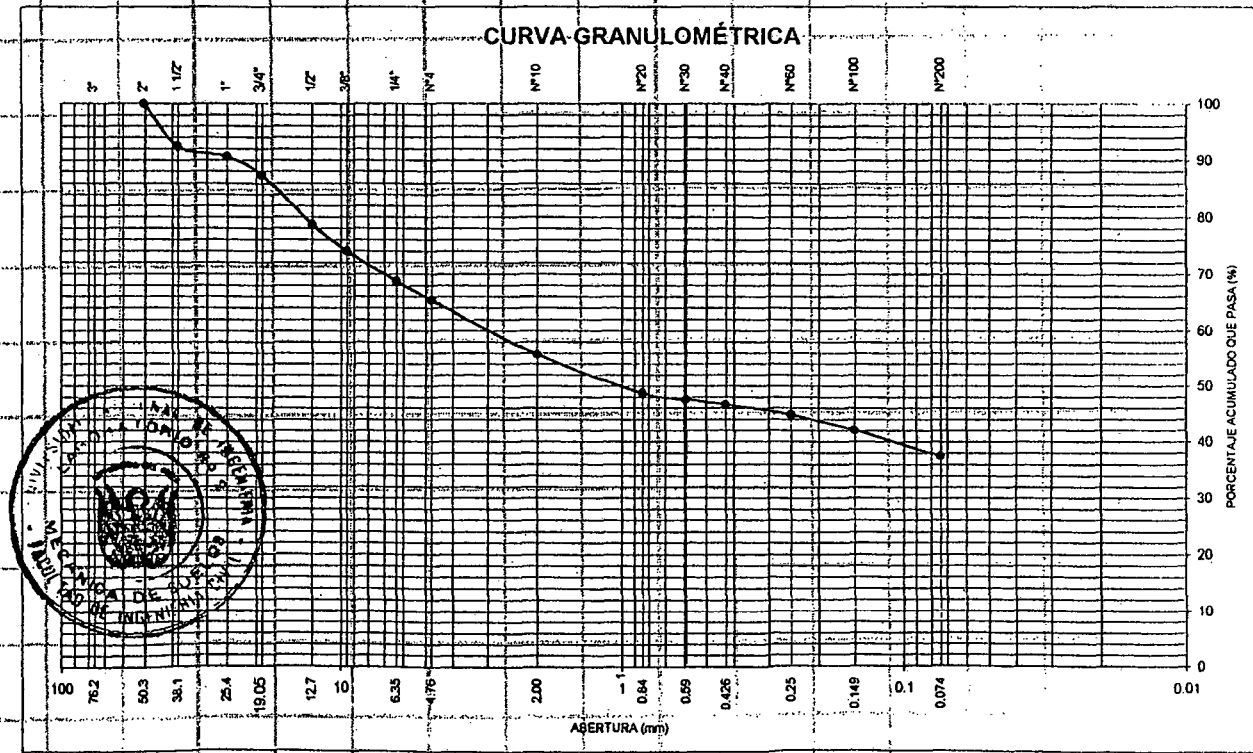
INFORME N° S04 - 080

Solicitado : ELECTRO-ORIENTE
 Proyecto : ESTUDIO DEFINITIVO CENTRAL HIDROELECTRICA GERA II
 Ubicación : Moyobamba, San Martin
 Fecha : 10, Febrero del 2004

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D-422

CALICATA		C-15 (Casa de Máquina)	M-1
Prof. (m)		0.10-0.45	
Tamiz	Abertura (mm)	(% acumulado que pasa)	
3"	76.200		
2"	50.300		100.0
1-1/2"	38.100		92.5
1"	25.400		90.7
3/4"	19.050		87.4
1/2"	12.700		78.8
3/8"	9.525		74.1
1/4"	6.350		68.8
N°4	4.760		65.4
N°10	2.000		55.8
N°20	0.840		48.8
N°30	0.590		47.6
N°40	0.426		46.7
N°60	0.250		44.9
N°100	0.149		42.1
N°200	0.074		37.6

CURVA GRANULOMÉTRICA



[Handwritten signature]
 ANTONIO S. QUISPE VILLALBA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S04 - 080

Solicitado : ELECTRO-ORIENTE

Proyecto : ESTUDIO DEFINITIVO CENTRAL HIDROELECTRICA GERA II

Ubicación : Moyobamba, San Martín

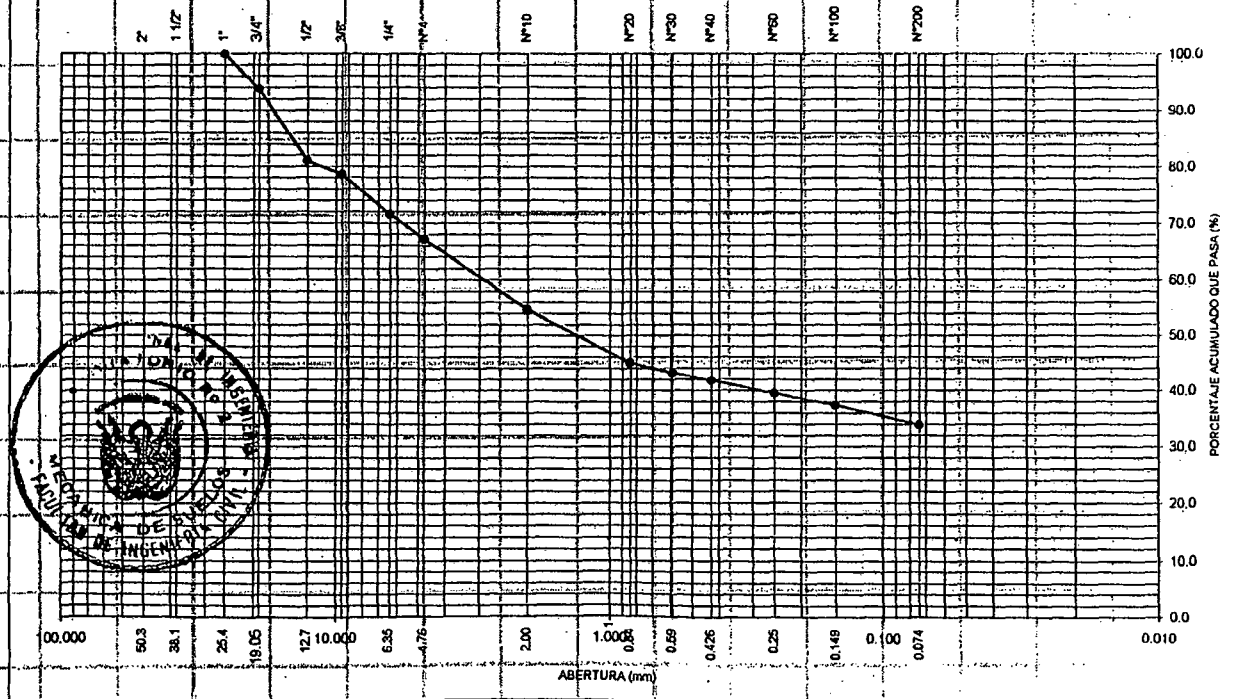
Fecha : 10, Febrero del 2004

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

ASTM D-422

CALICATA C-15 (Casa de Máquina)		M.2
Prof. (m)		0.45-1.20
Tamiz	Abertura (mm)	(%) acumulado que pasa
3"	76.200	
2"	50.300	
1 1/2"	38.100	
1"	25.400	100.0
3/4"	19.050	93.8
1/2"	12.700	81.0
3/8"	9.525	78.5
1/4"	6.350	71.7
N°4	4.760	67.2
N°10	2.000	54.8
N°20	0.840	45.0
N°30	0.590	43.2
N°40	0.426	41.8
N°60	0.250	39.6
N°100	0.149	37.4
N°200	0.074	33.9

CURVA GRANULOMÉTRICA



INGENIERO T. ROMONES VILLANUEVA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S04 - 080

Solicitado : ELECTRO-ORIENTE

Proyecto : ESTUDIO DEFINITIVO CENTRAL HIDROELECTRICA GERA II

Ubicación : Moyobamba, San Martín

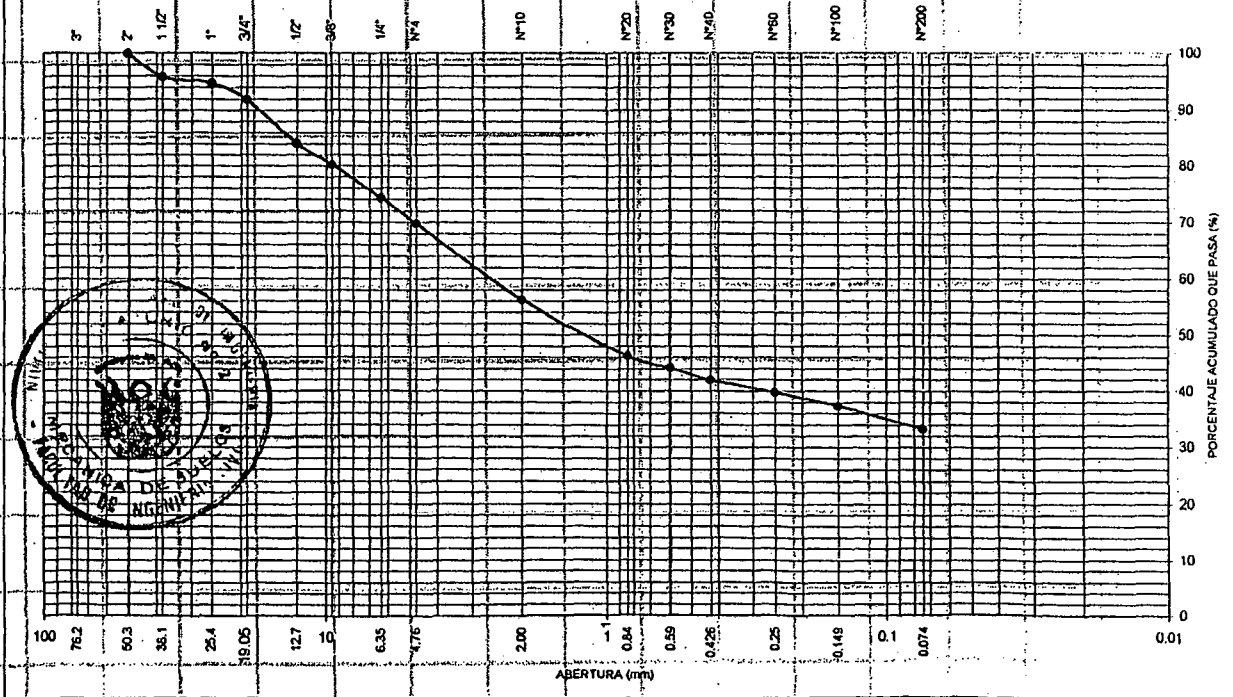
Fecha : 10, Febrero del 2004

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

ASTM D-422

CALICATA	C-15 (Casa de Máquina)	M-3
Prof.(m)	1,20-2,10	
Tamiz	Apertura (mm)	(%) acumulado que pasa
3"	76.200	
2"	50.300	100.0
1 1/2"	38.100	95.9
1"	25.400	94.8
3/4"	19.050	91.0
1/2"	12.700	84.1
3/8"	9.525	80.3
1/4"	6.350	74.3
N°4	4.760	69.8
N°10	2.000	58.3
N°20	0.840	48.2
N°30	0.590	44.2
N°40	0.426	42.0
N°60	0.250	39.9
N°100	0.149	37.3
N°200	0.074	33.4

CURVA GRANULOMÉTRICA



ANTIOCO T. QUINONES VILLANUEVA
ING. RESPONSABLE DE AREA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

II. ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM 3080

Estado : Inalterado
Muestra : M-2
Calicata : C-5 (Canal)
Prof. (m) : 0.90-1.80

Especimen N°	I	II	III
Lado de la caja (cm)	6.00	6.00	6.00
Densidad húmeda inicial (gr/cm ³)	1.932	1.932	1.932
Densidad seca inicial (gr/cm ³)	1.729	1.729	1.729
Cont. de humedad inicial (%)	11.7	11.7	11.7
Densidad húmeda final (gr/cm ³)	2.349	2.474	2.458
Densidad seca final (gr/cm ³)	1.937	2.044	2.051
Cont. de humedad final (%)	21.3	21.0	19.8
Esfuerzo normal (kg/cm ²)	0.50	1.00	1.50
Esfuerzo de corte máximo (kg/cm ²)	0.569	0.824	1.094
Angulo de fricción interna :	27.7 °		
Cohesion (kg/cm ²) :	0.30		

ANTIOCO T. QUIRONES VILLANUEVA
ING. RESPONSABLE DE AREA
Lab. de Mecánica de Suelos





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

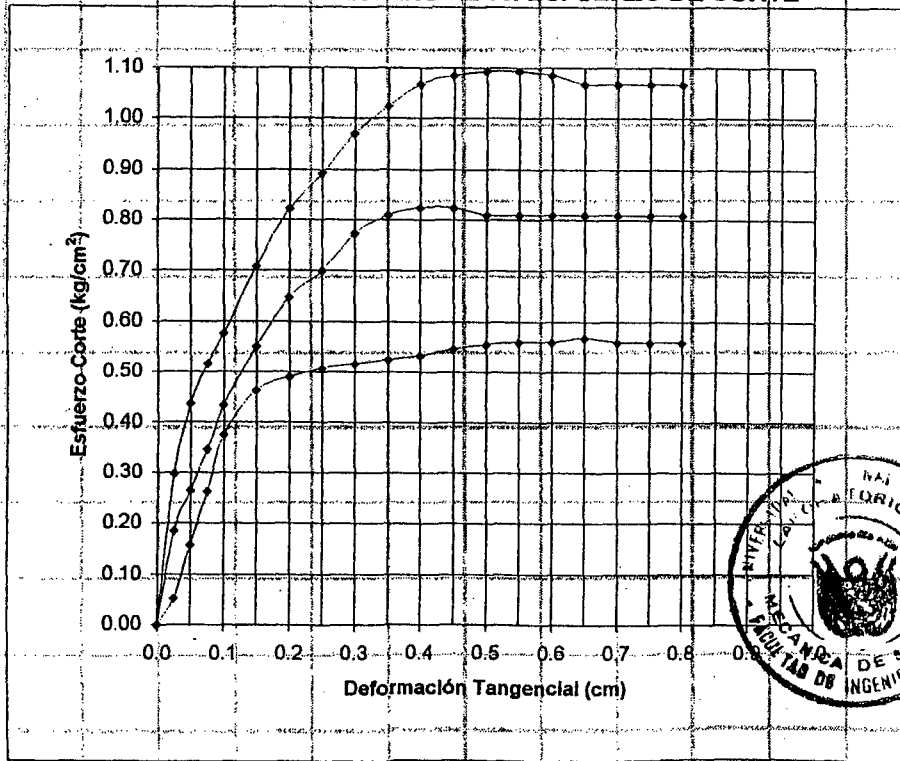
ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080

Estado : Inalterado
Muestra : M-2
Calicata : C-5 (Canal)
Prof. (m) : 0.90-1.80

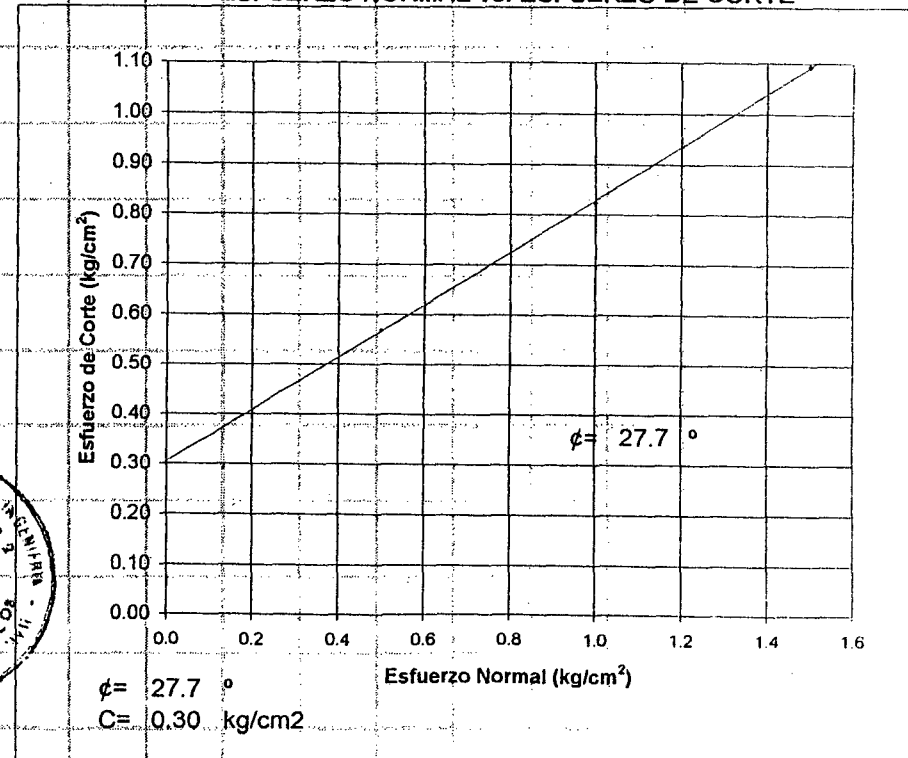
SOLICITADO : ELECTRO-ORIENTE
PROYECTO : ESTUDIO DEFINITIVO CENTRAL HIDROELECTRICA GERA II
UBICACIÓN : Moybamba, San Martin
FECHA : 10, Febrero del 2004

INFORME N° S04-080

DEFORMACION TANGENCIAL vs. ESFUERZO DE CORTE



ESFUERZO NORMAL vs. ESFUERZO DE CORTE



[Handwritten signature]



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

III. ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL

Tipo de Ensayo : No Consolidado No Drenado (UU), ASTM D2850

Velocidad del ensayo : 0.50 mm/min

Datos de la Muestra

Estado : Inalterado

Calicata : C-5 (Canal)

Muestra : M-1

Prof. (m) : 0.65-2.10

		ESPECIMENES		
Condiciones Iniciales	Und.	N° 1	N° 2	N° 3
Diámetro	cm	7.02	7.12	7.04
Altura	cm	14.88	14.36	14.89
Area	cm ²	38.67	39.83	38.89
Volumen	cm ³	575.24	571.95	579.22
Densidad Humeda	g/cm ³	1.958	2.043	2.052
Densidad seca	g/cm ³	1.616	1.728	1.744
Contenido de Humedad	%	21.1	18.2	17.7
L/D		2.12	2.02	2.12
Condiciones Finales				
Diámetro	cm	7.26	7.40	7.40
Altura	cm	13.68	13.16	13.16
Area	cm ²	42.07	43.46	44.01
Parámetros de Esfuerzos Totales				
Esf. Confinante (σ_3)	kg/cm ²	0.50	1.00	2.00
Esf. Principal (σ_1)	kg/cm ²	2.790	3.833	6.853
Def. Máxima a la Falla	mm	12.00	12.00	12.00
Cohesión (C)	kg/cm ²	0.50		
Angulo de Fricción (ϕ)	(°)	25.02		

ANTIOCHO T. QUIÑONES VILLANUEVA
ING. RESPONSABLE DE AREA
Lab. de Mecánica de Suelos UNI





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

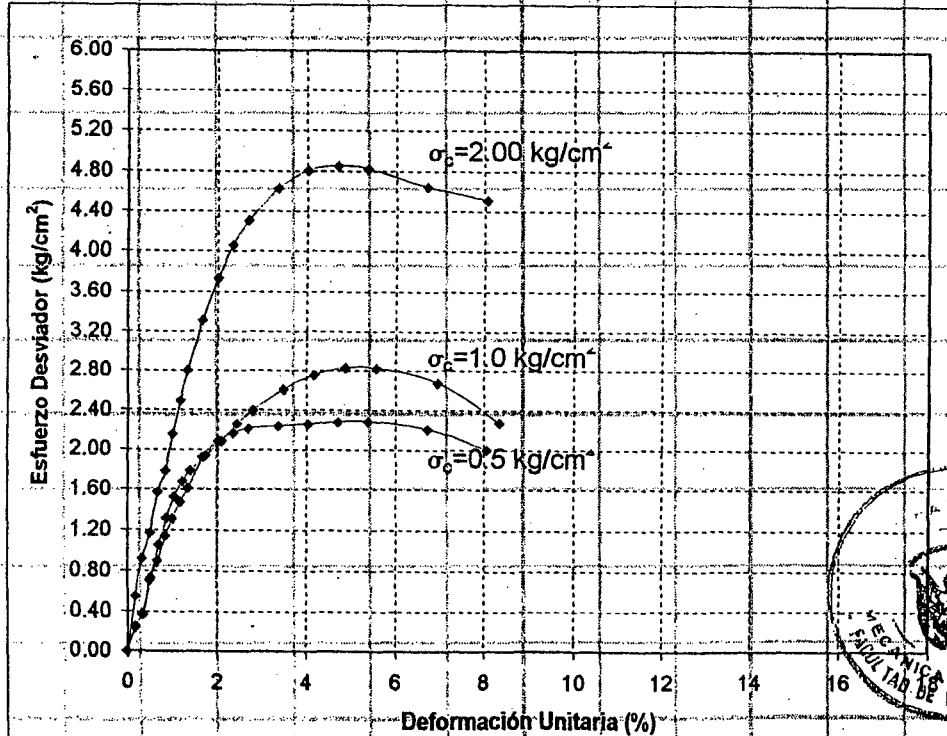
ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL NO CONSOLIDADO NO DRENADO (UU) - ASTM D2850

Estado : Inalterado
Calicata : C-6(Canal)
Muestra : M-1
Prof. (m) : 0.65-2.10

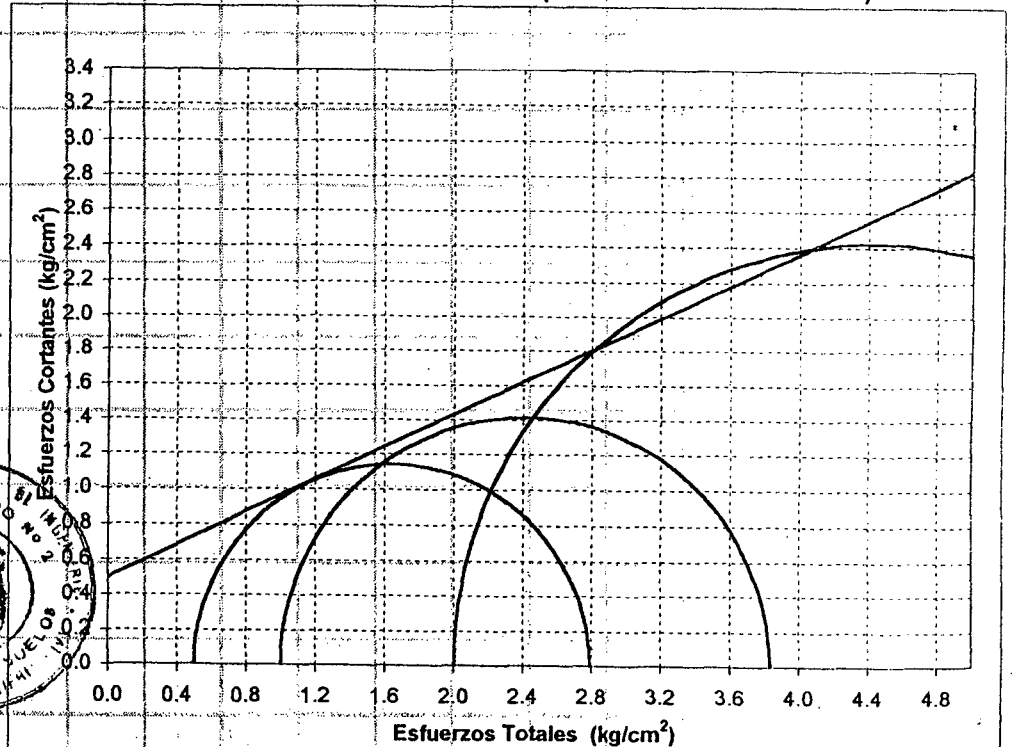
SOLICITADO : ELECTRO-ORIENTE
PROYECTO : ESTUDIO DEFINITIVO CENTRAL HIDROELECTRICA GERA II
UBICACIÓN : Moyobamba, San Martin
FECHA : 10, Febrero del 2004

INFORME N° S04 - 080

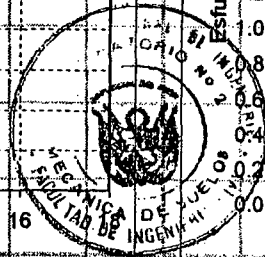
DEFORMACION NORMAL vs. ESFUERZO DESVIADOR



CIRCULO DE MOHR (ESFUERZOS TOTALES)



Cohesión (C) : 0.50 kg/cm²
Angulo de Fricción (ϕ) : 25.02 °





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL

Tipo de Ensayo : No Consolidado No Drenado (UU), ASTM D2850

Velocidad del ensayo : 0.50 mm/min

Datos de la Muestra

Estado : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)

Calicata : C-15 (Casa de Máquinas)

Muestra : M-3

Prof. (m) : 1.20-2.10

Condiciones Iniciales	Und.	ESPECIMENES		
		N° 1	N° 2	N° 3
Diámetro	cm	7.19	7.19	7.20
Altura	cm	14.35	14.36	14.35
Area	cm ²	40.59	40.59	40.69
Volumen	cm ³	582.52	582.68	583.81
Densidad Humeda	g/cm ³	1.857	1.860	1.859
Densidad seca	g/cm ³	1.697	1.699	1.698
Contenido de Humedad	%	9.4	9.5	9.5
L/D		2.00	2.00	1.99
Condiciones Finales				
Diámetro	cm	7.27	7.85	7.76
Altura	cm	13.95	11.96	12.06
Area	cm ²	41.75	48.72	48.41
Parámetros de Esfuerzos Totales				
Esf. Contingente (σ_3)	kg/cm ²	0.50	1.00	2.00
Esf. Principal (σ_1)	kg/cm ²	3.123	4.474	7.302
Def. Máxima a la Falla	mm	24.00	24.00	24.00
Cohesión (C)	kg/cm ²	0.52		
Angulo de Fricción (ϕ)	(°)	27.92		

Muestras remitidas e identificadas por el solicitante

Realizado por: Tec. Julio Chávez U.

Revisado por: Ing. A. Quinones V.

ANTIOCHO T. QUINONES VILLANUEVA
ING. RESPONSABLE DE AREA
Lab. de Mecánica de Suelos UNI





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

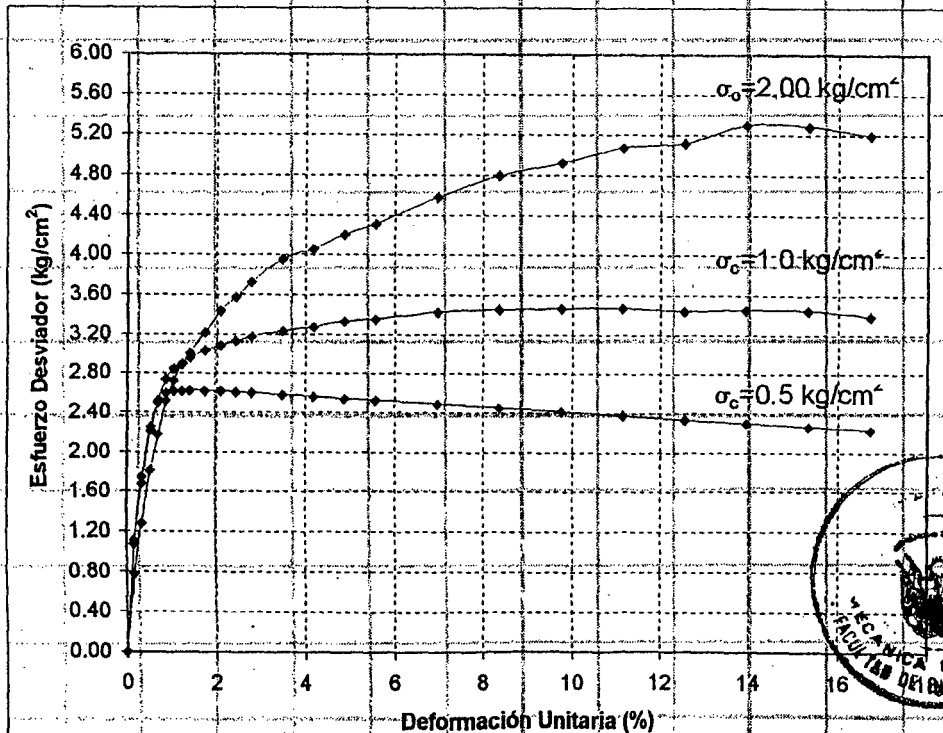
ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL NO CONSOLIDADO NO DRENADO (UU) - ASTM D2850

Estado : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)
Calicata : C-15 (Casa de Máquinas)
Muestra : M-3
Prof. (m) : 1.20-2.10

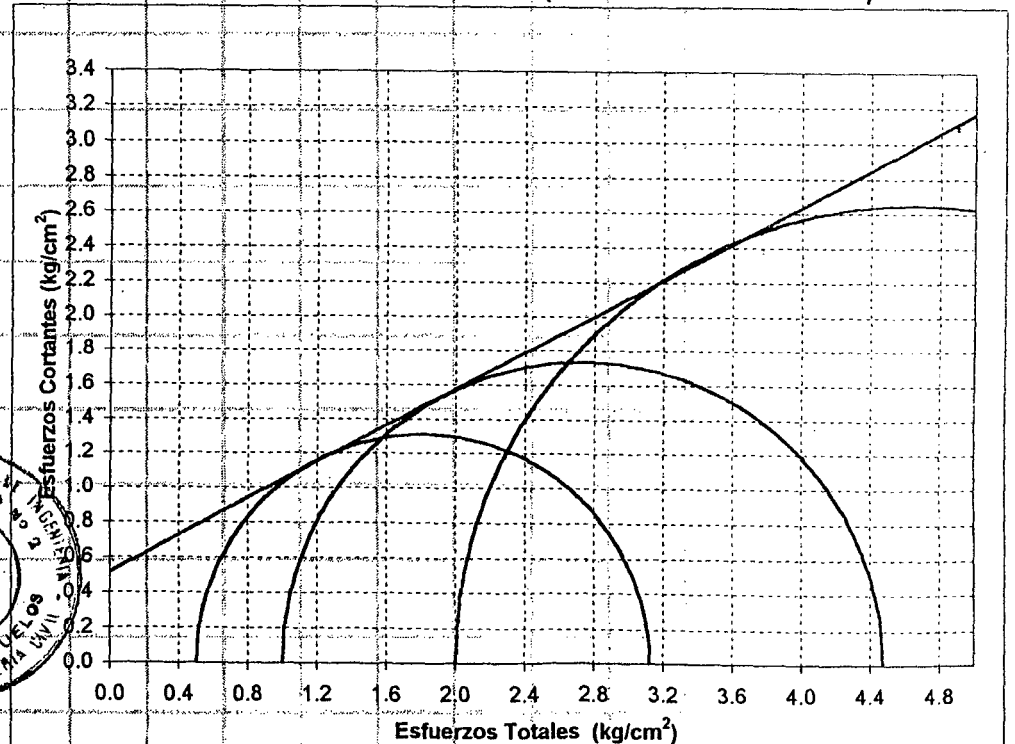
SOLICITADO : ELECTRO-ORIENTE
PROYECTO : ESTUDIO DEFINITIVO CENTRAL HIDROELECTRICA GERA II
UBICACIÓN : Moyobamba, San Martin
FECHA : 10, Febrero del 2004

INFORME N° S04 - 080

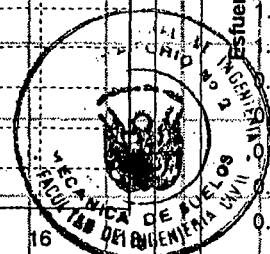
DEFORMACION NORMAL vs. ESFUERZO DESVIADOR



CIRCULO DE MOHR (ESFUERZOS TOTALES)



Cohesión (C) : 0.52 kg/cm²
Angulo de Fricción (φ) : 27.92 °





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S04-080

SOLICITANTE : ELECTRO-ORIENTE
PROYECTO : ESTUDIO DEFINITIVO CENTRAL HIDROELÉCTRICA GERA II
UBICACIÓN : MOYOBAMBA - SAN MARTÍN
FECHA : 09 de Febrero de 2004

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

ENSAYO DE ABRASION MAQUINA DE LOS ANGELES ASTM C 131

CANTERA : RÍO YURACYACU

Gradación : "A"
Desgaste : 19.6%

Nota - La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.

Ejecución : Téc. V. Canales
Revisión : Ing. L. Shuan



[Signature]
LUISA E. SHUAN LUCAS
ING. RESPONSABLE DE AREA
Lab. de Mecánica de Suelos UNI

ANEXO A.8.1

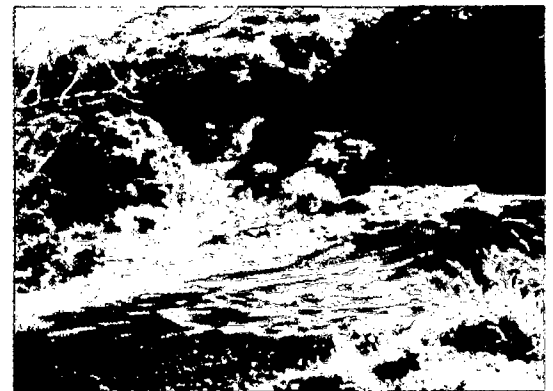
**Tuberías Termoplásticas y su uso en
Proyectos Hidroeléctricos**

Introducción

Los proyectos hidroeléctricos, independientemente de su dimensión física o su capacidad de generación deben su potencial éxito a la manera en que se optimice la cantidad de agua y caída que a esta se le pueda dar, a la vez que, a tono con la creciente conciencia del respeto al medio ambiente, se produzca un mínimo de daño o que se le dé al menos la posibilidad de restablecerse en el corto o mediano plazo.



Conducción en Poás II, CR. 1950mm



Tramo una vez rellenada la zanja

Propuesta

Dado que rara vez el sitio más apropiado para construir el embalse y por ende para iniciar la conducción forzada coincide con la confluencia de las diferentes afluentes o puntos de toma, no pocas veces es necesario trasegar las aguas desde diferentes afluentes u obras de toma hacia el embalse. Cuando esto sucede existen varias formas de resolverlo:



Uso de canales trapezoidales y abierto

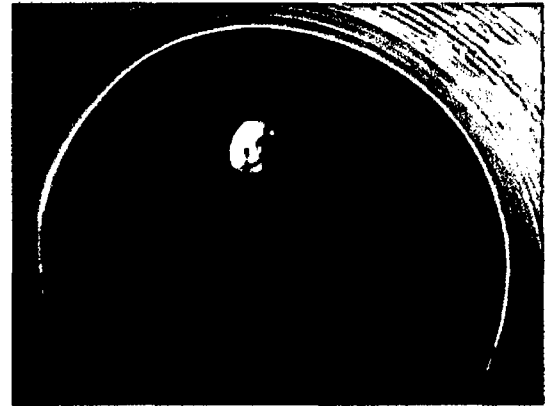
- Conducción por medio de un canal, usualmente de sección trapezoidal, que queda a cielo abierto y, desde luego, en flujo por gravedad
- Trasladar la afluente por medio de obras de tunelería

- Entubar las aguas y minimizar los efectos en el ambiente.

Así mismo, cuanto más alta se pueda mantener la cota del embalse, mayor será el volumen almacenado y la carga neta, por lo que la producción es mayor, dado que la tubería termoplástica permite mejorar. La capacidad hidráulica de una sección dada en virtud de contar con una menor rugosidad (n de Manning). De esta forma se mejora la capacidad del sistema a la vez que se disminuye la necesidad de movimiento de tierras.



Altos taludes en zonas inestables, el tubo sirve, con el relleno, de soporte al pié.



Vista interna de un tubo de 78", liso e impermeable

- Conducción hermética (según sea el material de la tubería y el sistema de uniones), lo que evita la excesiva saturación del medio así como los problemas de tubificación, migración de finos, generación de planos de falla, etc.
- El sistema suelo tubo, en conjunto con el relleno sobre la corona generan un soporte en la parte baja de los taludes con pié en el sitio de conducción.
- El sistema suelo tubo, en conjunto con el relleno sobre la corona generan un soporte en la parte baja de los taludes con pié en el sitio de conducción.



Tubería de 1500mm, 11.50m de cobertura

Así mismo, dado lo variable de los requisitos y características del mercado, es importante que haya disponibilidad de diámetros, que de hecho en el caso específico del Rib Loc en el rango de las 8 a las 120 pulgadas hay más de 35 diámetros para adecuarse a las exigencias del proyecto.

Conducción de 1100mm (44in.) a baja presión. Sin. México



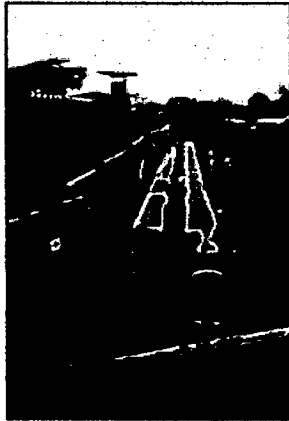
Emballado de 2050mm con entorno de concreto pobre



El PVC es uno de los materiales más inertes a la degradación por el ataque de los suelos, es flexible y resistente, por lo que diferentes problemas que sufren sistemas más rígidos y/o de otros materiales, como consecuencia de asentamientos diferenciales, sismos, cambios de temperatura, etc., al PVC le son indiferentes.

La experiencia en América Latina, como mercado específico ha sido sumamente satisfactorio, habiendo ya amplia experiencia en diámetros desde 200mm hasta 3000mm, en conducción a canal abierto (flujo por gravedad) y también en régimen de muy baja presión (del orden de los 3 a 5 m.c.a.), y esto sin entrar en detalles de su aplicación a presiones medias por medio de entornos de concreto con refuerzo pasivo, en donde un sistema **Rib Loc** Concreto permite ahorros sustanciales por ser menos estricto el efecto del agrietamiento contra la integridad del sistema.

Finalmente se recalca la gran versatilidad del producto aquí descrito y desde luego a sus ventajas en costo y seguridad respecto a los sistemas tradicionales. Todo lo cual se resume en que para cada situación se puede generar una solución específica tomando en cuenta las condiciones de trabajo, requerimientos estructurales e hidráulicos y desde luego el presupuesto disponible y el material o los materiales con que se puede rellenar alrededor del tubo.



Alcantarillado Pluvial



Alcantarillado Sanitario



Canales Entubados



Drenaje en Carreteras

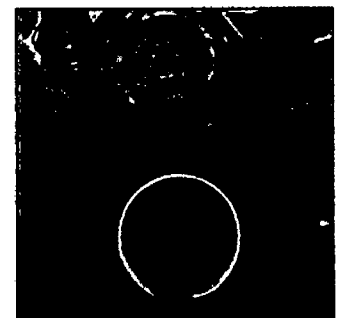


Encofrado Circulares

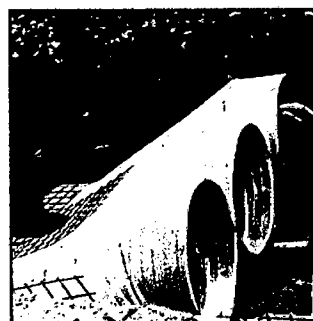


Corrotecs (M) Sdn. Bhd. was awarded the contract for concrete repairs of the underdeck of the Kelang Container Terminal in Port Klang, Malaysia. In October 1991.

Revestimiento de columnas sumergidas



Alcantarillas de Cruce en Carreteras Principales y Caminos Rurales



Sifones Invertidos en el Cruce de Quebradas

Algunas Aplicaciones con Tubería Perfilada de PVC Rib Loc (Desde 200mm hasta 3000mm de diámetro)

ANEXO A.8.2

Experiencias en Ingeniería de Bajo Costo para Microcentrales Hidroeléctricas en el Perú, ITDG-Perú

Autores: Teodoro Sánchez, Luis Rodríguez

Programa de Energía ITDG-Perú

teo@itdg.org.pe, luisr@itdg.org.pe

- **Resumen**

El presente artículo incluye algunos conceptos de diseño de ingeniería de bajo costo y de su implementación en el campo de las microcentrales hidroeléctricas (MCHs), con la finalidad de mejorar las posibilidades de acceso de la población rural aislada y pobre a la energía eléctrica.

La mayor parte de información expresada en este artículo se basa en la experiencia obtenida por ITDG en los 13 años de trabajo desarrollado en el campo de las MCHs hasta la fecha y en la implementación más de más de 30 instalaciones en el Perú en el rango de 0.3 kW a 100 kW de potencia.

- **Las MCHs como una Opción para la Electrificación Rural**

Entre las diferentes barreras para la ampliación de la cobertura eléctrica en las zonas rurales aisladas se encuentra el alto costo de inversión requerido, ya sea mediante la extensión de la RED o pequeños sistemas aislados de generación. Es claro que cada una de estas dos grandes opciones tienen ventajas y desventajas, y que requieren evaluaciones técnicas y económicas para la elección final de una u otra. Sin embargo, es importante que para dichas evaluaciones se tome en consideración los desarrollos efectuados durante las dos últimas décadas sobre reducción de costos en la implementación, operación y mantenimiento, y sobre los nuevos conceptos de organización y administración de sistemas aislados.

Dentro de dichos sistemas aislados, la hidroenergía a pequeña escala es, indudablemente, una de las opciones más interesantes, especialmente por el bajo costo de operación y mantenimiento que requiere y porque es una de las mejores opciones al ofrecer oportunidades de desarrollo gracias a la

generación, durante las 24 horas del día. Pese a ello, dicha opción ha sido postergada muchas veces debido a los altos costos de inversión inicial. En ese sentido, la ingeniería moderna de las MCHs se ha desarrollado de tal forma que, utilizando las técnicas, métodos y tecnología adecuadas, se puede reducir los costos en porcentajes tan altos que llegan hasta el 50% del costo de sus similares implementados bajo conceptos y métodos convencionales.

- **Algunos Conceptos sobre Reducción de los Costos en MCHs**

Como se ha dicho más arriba, en el caso de las MCHs es posible reducir los costos de inversión inicial sustancialmente y en todas las etapas, desde los estudios preliminares y diseños de ingeniería hasta la implementación y puesta en marcha de los sistemas, si para ello se toma en cuenta algunos conceptos importantes.

- *La ingeniería necesaria*

Cuando se diseña una MCH hay que tener en cuenta que no debe consistir en una simple reducción de escala de las grandes centrales. En las grandes centrales, se utilizan grandes volúmenes de agua, y se transporta e instala grandes masas de metal; las inversiones son grandes y, por lo tanto, los riesgos asociados son mayores. De este modo, la prevención de dichos riesgos necesita llevar a mayores costos.

- *La eficiencia*

En una gran central, un punto menos de eficiencia puede significar megavatios menos de potencia y en consecuencia megavatios o gigavatios hora que se dejan de vender, lo que significa una gran diferencia en términos de facturación. Esto no sucede con las MCHs. En éstas, lo importante es que durante las horas pico haya la generación necesaria y que su diseño contemple adecuadamente el crecimiento de la población.

- *Los trabajos complementarios*

En el caso de las MCHs los trabajos complementarios como la construcción de vías de acceso, campamentos y otros debe

evitarse en lo posible, ya que la magnitud de los trabajos no lo amerita. Según la experiencia de ITDG, es posible realizar el transporte de equipos y materiales con la participación de las comunidades organizadas, inclusive cuando se trata de grandes distancias y de difícil acceso. Éstos y otros conceptos contribuyen a la reducción de costos.

➤ *La ingeniería en los últimos años*

Durante las dos últimas décadas se ha producido una serie de desarrollos en pro de la reducción de costos, sin poner en riesgo la calidad y suministro de la energía, que es el objetivo de un sistema de esta naturaleza. Dichos desarrollos cubren desde metodologías para realizar expedientes técnicos y estudios de campo hasta la implementación y puesta en marcha de MCHs, obras civiles de bajo costo, fabricación de máquinas en talleres locales, y uso de máquinas no convencionales como motores en reverso y bombas en reverso, etc.

A continuación, se hace un comentario, basado en la experiencia, sobre las oportunidades de reducción de costos en los diferentes momentos y partes de la implementación de una MCH, especialmente en lo que se refiere a las obras civiles.

• **Tecnologías Empleadas en Diferentes Componentes de Obras Civiles**

A nivel del desarrollo y de la sistematización de experiencias, lo que menos se ha hecho en el tema de la reducción de costos en MCHs ha sido en el campo de las obras civiles, a pesar de que éstas normalmente representan entre el 20% y el 50% del costo total de implementación de un sistema de este tipo. En ese sentido, debemos decir que los conceptos aquí vertidos y utilizados nos han permitido lograr interesantes resultados, permitiendo reducciones de costos hasta del 40% o más de las inversiones en obras civiles (comparando con diseños y métodos tradicionales).

También es importante resaltar que las partes en las que radican las mayores oportunidades de reducción de los costos son: el canal, que casi siempre resulta de cientos y hasta de miles de metros de longitud, la tubería y la bocatoma. Otros componentes como el desarenador, las obras

de arte, la casa de fuerza, etc., también ofrecen oportunidades pero éstas son menores. Por ello y por razones de espacio, en este documento se incluyen los tres componentes principales.

➤ Bocatomas de concreto y madera de barraje mixto o tipo fusible

El nombre de barraje mixto o tipo fusible, obedece a que éste tiene una parte fija de concreto armado y otra parte movable de madera.

Especialmente en la época de estiaje, funciona con toda la madera (tablones) y en época de lluvias, se retiran los tablones necesarios.

Esta tecnología consiste en diseñar muros de encauzamiento den un 70% más un 30% de piedra grande. En otros casos, los muros pueden ser de mampostería de piedra. No necesariamente deben construirse los dos muros, es decir, en ambas márgenes. Esto depende del talud de la ribera del río y de su formación geológica.

Hemos empleado este tipo de bocatoma en ríos o quebradas provenientes de manantiales o de lagunas de cabecera. Se reconocen porque su agua es cristalina, aún en el tiempo de lluvias, aunque en las avenidas llega a enturbiarse temporalmente por la escorrentía de sus laderas o de otros afluentes de la época lluviosa, y porque el material de arrastre no es de mucho cuidado en tamaño y volumen.

Se ha construido este tipo de bocatomas en las MCHs de Bellavista Baja de Combayo (1993), Tambomayo y Chalán (1994), y Yumahual (1996). Actualmente, se encuentran funcionando normalmente.

Ventajas:

- Reduce el costo aproximadamente en un 25 ó 35%, tanto en materiales como en mano de obra.
- Facilita la limpieza del sedimento, retirando los tablones y aprovechando la corriente del río
- Los muros de encauzamiento no necesitan mayor altura.
- Es una tecnología más accesible para el poblador del medio rural y su mantenimiento es más fácil.

- Algunos materiales empleados son de la zona, por lo tanto reduce fletes.



Bocatoma de barrage mixto, MCH Las Juntas

➤ Revestimiento de canales de sección trapezoidal con concreto por el método de las cerchas

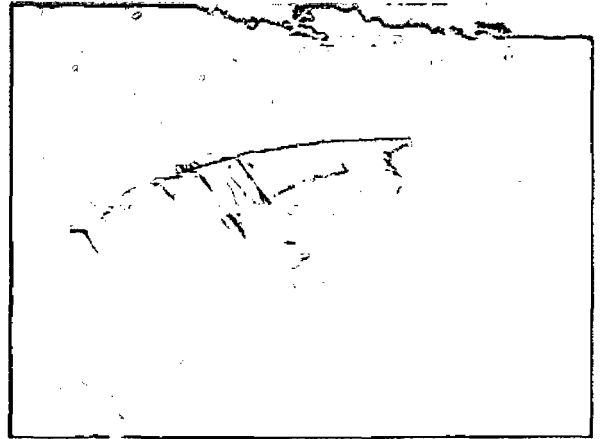
En obras pequeñas, como es el caso de las MCHs y en especial en aquellas en las que los caudales a conducir son, los canales no soportan esfuerzos o son despreciables para el cálculo de resistencia. De este modo, la finalidad de los revestimientos es evitar pérdidas de agua por filtración y proteger la solera y los taludes del canal contra erosiones provocadas por la velocidad del agua, de modo que el espesor de la pared se puede reducir al mínimo dentro de la funcionalidad práctica y sin correr riesgos.

Las cerchas constituyen un método práctico y una importante reducción de costos ya que permite la construcción de canales de 5 cm y 7.5cm de espesor sin mayores complicaciones, permitiendo importantes ahorros en materiales. Asimismo, la técnica usada es sencilla y permite el empleo de menos mano de obra que sus similares con encofrados.

El método consiste en utilizar a cada cierta distancia (la distancia difiere según se trate de zonas rectas o curvas) marcos de madera hechos a la medida de la sección del canal y luego revestir las paredes manteniendo el espesor. Estas cerchas (fotos 1 y 2) luego son retiradas y los espacios que quedan por ese motivo se rellenan con materiales adecuados que sirven como juntas de dilatación.

Ventajas:

- La cantidad y costo del cemento y agregados se reduce entre un



50 a 60% (El concreto se acomoda en espesores de 5 y 7.5 cm).

Foto 1 y 2: Cercha y canal de concreto revestido por el método de las cerchas

- La cantidad de madera se reduce en un 75%
- Elimina la tarea de encofrar y desencofrar
- Mayor flexibilidad en el revestimiento de tramos curvos.
- El acabado final de las superficies se realiza simultáneamente.
- El costo de materiales y mano de obra en las juntas de dilatación se reduce al 50%.

> Tubería de presión

Para el caso de la tubería de presión, la reducción del costo radica en usar tubería PVC de alta presión en lugar de tubería de fierro, aunque hay alternativas como es el uso de tubos de asbesto, cemento y otras. El PVC es la alternativa ya probada, con excelentes resultados.

Ventajas:

- Su costo por metro lineal con respecto a la tubería de fierro está aproximadamente en una relación de 1 a 2.
- El montaje es más sencillo y por su bajo peso facilita y reduce los costos de transporte.

- La mano de obra semicalificada o calificada para el montaje se puede obtener rápidamente. Capacitando en obra a personal del lugar.
- Posee alta resistencia química.
- Tiene un bajo índice de rugosidad y porosidad.
- No se utiliza equipos de soldadura, sino pegamento para uniones rígidas y anillos de jebe con lubricante para el caso de unión flexible.
- Cuenta con accesorios que facilitan la reparación.
- No son necesario apoyos de concreto y los anclajes son menos costosos.
- Se puede combinar tubería de fierro con PVC para alturas que superan los 150 m.
- La vida útil es de 30 años.
- En el caso de instalar tubería con diámetros muy grandes (no comerciales), se puede emplear doble tubería y realizar la unión en la parte inferior con un pantalón de fierro.

Limitaciones:

- No le es permitido trabajar expuesto al ambiente, pues los rayos infrarrojos pueden menguar su resistencia y durabilidad. Además, deben de ir enterrados para evitar daños por el impacto de piedras o de elementos pesados.
- A altas temperaturas, tiende a dilatarse.
- Tubos y accesorios mayores de 12 pulgadas de diámetro son atendidos como pedidos especiales, lo que dificulta la facilidad de adquisición.

B. REGISTRO FOTOGRÁFICO

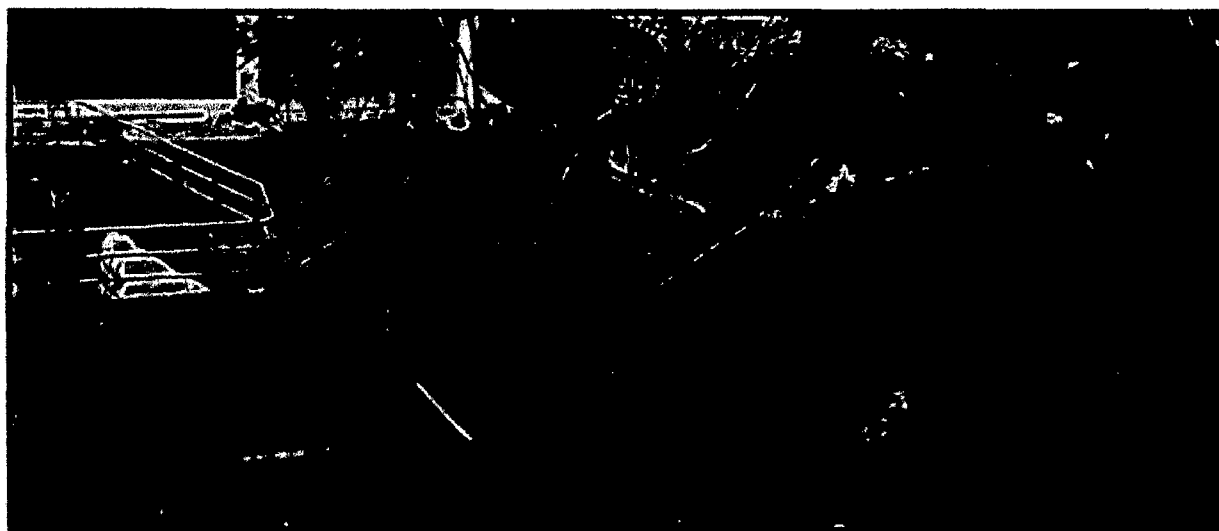


Foto N° 01

Se observa: 1) La poza de descarga, la cual recibe las aguas turbinadas de la C.H. Gera I. 2) A continuación se aprecia el recorrido del canal de descarga de Gera I (tramo tapado).



Foto N° 02

1) Se observa la salida del canal de descarga a la altura del 2° puente. 2) A 10 metros aguas abajo se proyecta la toma de derivación para Gera II.



Foto N° 03
El trazo del canal es paralela a la laguna piscigranje



Foto N° 04
Se observa el área de paso del canal de conducción proyectada a la altura del PI-5. Además se identifica la calicata N° 2.

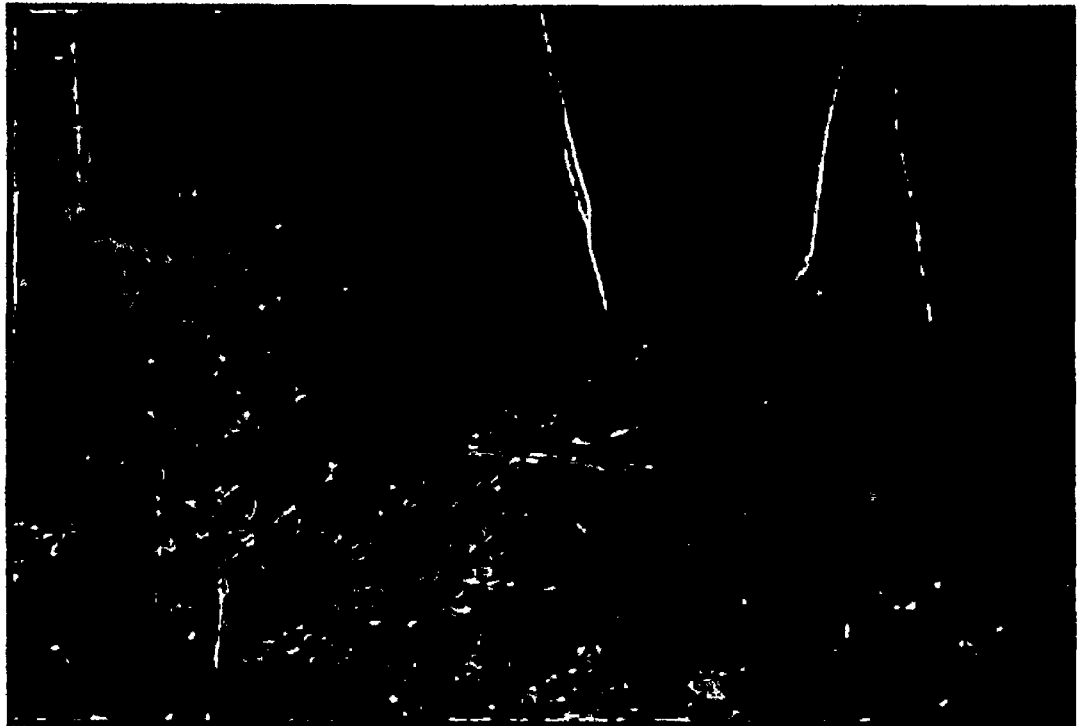


Foto N° 05

Vista a la altura del PI-15, ubicación de una canoa sobre el trazo del canal.



Foto N° 6

Se aprecia el camino, abierto manualmente, en la zona del tramo en canal tapado ya que la roca se encuentra meteorizada.



Foto N° 7 Ubicación de estructuras CH Gera II: 1) Cámara de Carga. 2) Tubería de Presión y 3) Casa de Máquinas.

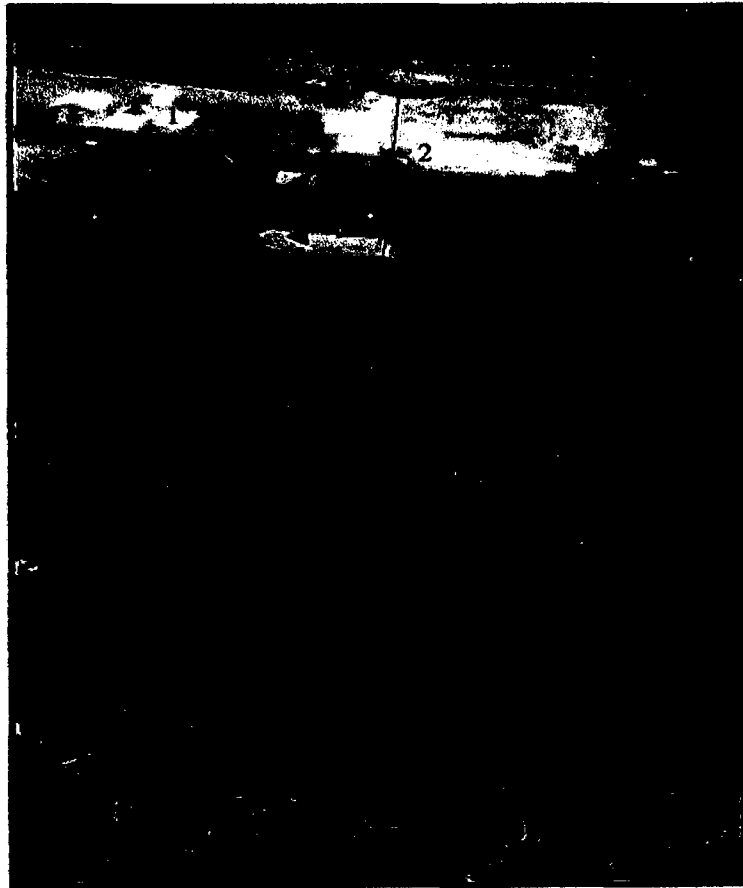


Foto N° 8
Ubicación Gera II: 1) Carretera Marginal. 2) Trazo del canal de descarga hacia el río Mayo, 3) Casa de máquinas, 4) Tub. Presión.

C. PLANOS

C.1 PLANOS GENERALES

- GEN – 01 Plano de Ubicación
- GEN – 02 Esquema General del Proyecto

C.2 OBRA DE TOMA

- TOM – 01 Planta General de la Toma
- TOM – 02 Planta - Cortes

C.3 OBRAS DE CONDUCCIÓN

- CAN – 01 Canal de Aducción, Planta – Perfil, prog. 0+007 a 0+500
- CAN – 02 Canal de Aducción, Planta – Perfil, prog. 0+500 a 0+980
- CAN – 03 Canal de Aducción, Planta – Perfil, prog. 0+980 a 1+440
- CAN – 04 Canal de Aducción, Planta – Perfil, prog. 1+440 a 1+835,15
- TUN – 01 Túnel, Excavación – Sostenimiento - Revestimiento

C.4 CÁMARA DE CARGA

- CAM – 01 Planta, Perfiles y Cortes
- CAM – 02 Cortes y Detalles

C.5 TUBERÍA DE PRESIÓN

- TPR – 01 Planta – Perfil Longitudinal, Anclajes y Cortes
- TPR – 02 Apoyos y Codos

C.6 CASA DE MÁQUINAS

- MAQ – 01 Planta General – Secciones
- MAQ – 02 Planta de Distribución
- MAQ – 03 Elevaciones y Formas
- MAQ – 04 Cimentación – Planta y Cortes

C.7 CANAL DE DESCARGA

- CDE – 01 Planta – Perfil – Detalle

CDE – 02 Tipos de Canal, Cortes – Armadura – Detalles

C.8 OBRAS DE ARTE

OBA – 01 Canoa Típica, Planta – Cortes – Detalles

OBA – 02 Alcantarilla