

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

“APROVECHAMIENTO DE LAS AGUAS DE LOS RIOS TABLAS Y
ESCALERAS PARA LA PRODUCCION DE ENERGIA ELECTRICA”

(CALUMA ALTO)

TESIS DE GRADO

Previa la obtención del Título de:

INGENIERO EN ELECTRICIDAD ESPECIALIZACIÓN
POTENCIA

Presentada por:

KATTY ANDREA RIVAS JIMENEZ

FLOR EMILIA OLMEDO JUNCO

JESSENIA MARIBEL PARRALES SOLIS

GUAYAQUIL - ECUADOR

AÑO

2008

A G R A D E C I M I E N T O

ING. JUAN SAAVEDRA Director de Tesis por su ayuda y colaboración para la realización de este trabajo.

A NUESTROS PADRES por el apoyo incondicional que nos han brindado día a día.

DEDICATORIA

NUESTROS PADRES

A NUESTROS HERMANOS

TRIBUNAL DE GRADO

Ing. Holger Cevallos
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Juan Gallo
VOCAL DEL TRIBUNAL

Ing. Gustavo Bermúdez
VOCAL DEL TRIBUNAL

Ing. Juan Saavedra
DIRECTOR DEL TÓPICO

DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

Katty Rivas Jiménez

Emilia Olmedo Junco

Jessenia Parrales Solís

RESUMEN

Una de las riquezas con las que cuenta el Ecuador son sus recursos hídricos, la existencia de un gran número de ríos que, naciendo en la Cordillera de Los Andes, confluyen, unos en el Océano Pacífico y otros se convierten en afluentes del Río Amazonas. No obstante con este inmenso recurso hidroenergético, el Ecuador no ha emprendido un proceso de desarrollo sistemático y coherente de proyectos de generación hidroeléctrica, lo que ha conllevado a que el país tienda a equiparse con centrales termoeléctricas e Interconexiones, con los consiguientes perjuicios económicos y ambientales. Es por esta razón que la presente investigación se centra en plantear nuevas alternativas de generación hidroeléctrica.

INDICE GENERAL

INDICE GENERAL	VII
INDICE DE TABLAS	XII
INDICE DE GRÁFICOS	XIII
INDICE DE FIGURAS	XIV
INTRODUCCIÓN	1
1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL PROYECTO.....	2
2 DISEÑO DEL PROYECTO	4
2.1 HIDROLOGÍA.....	4
2.1.1 <i>ASPECTOS GENERALES</i>	4
2.1.1.1 Metodología.....	4
2.1.1.2 Características hidrográficas y físicas de las cuencas a estudiar	6
2.1.2 <i>INFORMACION EXISTENTE</i>	8
2.1.2.1 Información Meteorológica	8
2.1.2.2 Información Pluviométrica	18
2.1.2.3 Información Hidrométrica	18
2.1.3 <i>ANÁLISIS HIDROLOGICO</i>	20
2.1.3.1 Generalidades	20
2.1.3.2 Coeficiente de Transposición para el esquema Caluma Alto	21
2.1.3.3 Curva de duración de caudales en el esquema Caluma Alto	24

2.1.3.4	Consideraciones sobre el Caudal de Diseño	29
2.1.3.5	Curva de duración de caudales y variación estacional en la estación Caluma Alto	29
2.2	GEOLOGÍA	34
2.2.1	<i>Introducción</i>	34
2.2.2	<i>Investigación de Campo</i>	35
2.2.3	<i>Rasgos Geológicos Regionales</i>	36
	<i>Litología</i>	38
	<i>Geomorfología</i>	40
2.2.4	<i>Descripciones Geológico-Geotécnicas del esquema Caluma Alto</i>	40
	<i>Rasgos Generales</i>	40
	<i>Litología</i>	41
	<i>Geomorfología</i>	43
	<i>Aspectos geotécnicos</i>	44
3	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO	47
3.1	INTRODUCCIÓN	47
3.2	ESQUEMA DEL PROYECTO.....	47
3.3	OBRAS CIVILES E HIDRAULICAS	50
3.3.1	<i>Sistema Hidráulico</i>	50
3.3.2	<i>Presa de embalse</i>	50
3.3.3	<i>Reservorio de regulación</i>	51
3.3.4	<i>Desarenador</i>	52

3.3.5	<i>Tanque de Carga</i>	53
3.3.6	<i>Conducción</i>	53
3.3.7	<i>Casa de Máquinas</i>	54
3.3.8	<i>Canal de Restitución</i>	55
3.3.9	<i>Equipo Mecánico y Eléctrico</i>	56
3.3.9.1	Equipo Mecánico	56
3.3.9.2	Equipo Eléctrico	58
4	PRESUPUESTO	61
4.1	INTRODUCCIÓN	61
4.2	COSTOS TOTALES DE PRODUCCIÓN	62
4.2.1	<i>Costos de los Equipos de Construcción</i>	62
4.2.2	<i>Costos de Equipos Electromecánicos e Hidromecánicos</i>	64
4.2.3	<i>Costos de Materiales para la Construcción</i>	65
4.2.4	<i>Costo de Mano de Obra</i>	66
4.3	RESUMEN DE LOS COSTOS TOTALES DEL PROYECTO	68
5	PRODUCCIONES ENERGÉTICAS	69
5.1	GENERALIDADES	69
5.2	METODOLOGÍA DE CÁLCULO	70
5.2.1	<i>Datos Generales para la Operación del Sistema.</i>	70
5.2.2	<i>Datos de Diseño de la Planta.</i>	71
5.2.3	<i>Datos del Reservorio y Coeficiente Energético.</i>	72

5.2.4	<i>Datos de Diversificación como una Función del Nivel del Reservorio.</i>	74
5.2.5	<i>Datos de Exportación como una función del nivel del reservorio.</i>	74
5.2.6	<i>Datos de Simulación de la Operación.</i>	75
5.2.7	<i>Datos de Caudales Naturales y cálculo del Caudal Ecológico.</i>	76
5.3	RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN	79
5.3.1	<i>Caudales de la Serie Sintética Generada.</i>	81
5.3.2	<i>Caudal Turbinado.</i>	81
5.3.3	<i>Caudal Excedente.</i>	81
5.3.4	<i>Capacidad máxima y relación con la Capacidad Instalada.</i>	82
5.3.5	<i>Generación Promedio Mensual.</i>	83
5.4	CURVA DE DURACIÓN DE ENERGÍA Y ENERGÍA FIRME.	83
6	EVALUACIÓN ECONÓMICA	85
6.1	INTRODUCCIÓN	85
6.2	DETERMINACIÓN DE LA REMUNERACIÓN POR ENERGÍA EN EL MERCADO DE CONTRATOS.	85
6.3	HIPÓTESIS DE CÁLCULO.	88
6.4	RESULTADOS TIR Y VAN	89
	CONCLUSIONES	91
	RECOMENDACIONES	93
	ANEXOS	94

Anexo 1. Área del Río Tablas 75.44 Km ²	95
Anexo 2. Área del Río Escaleras 131.28 Km ²	96
Anexo 3. Serie de caudales mensuales de la estación Echeandía en Echeandía para el período de años 1965 – 1999.	97
Anexo 4. Serie de caudales mensuales de la estación Echeandia Pilaló – Río Chazo Juan para el período de años 1965 – 1999.....	98
Anexo 5. Serie de caudales mensuales de la estación Echeandia Pilaló – Río Limón del Carmen para el período de años 1965 – 1999.....	99
Anexo 6. Serie de caudales mensuales de la estación Caluma Alto – Río Tablas para el período de años 1965 – 1999.	100
Anexo 7. Serie de caudales mensuales de la estación Caluma Alto – Río Escaleras para el período de años 1965 – 1999.	101
Anexo 8. Mapa Geológico de Caluma.....	102
Anexo 9. Presupuesto de Obras Civiles.....	103
Anexo 10. Caudales Turbinados realizados en Excel.....	104
Anexo 11. Potencia en MW del esquema Caluma Alto.	105
Anexo 12. Energía en MWH del esquema Caluma Alto.....	106
Anexo 13. Producciones e Ingresos de Caluma Alto.....	107
Anexo 14. Financiamiento de Caluma Alto.	108
Anexo 15. Resultados de la Evaluación Financiera.....	109
Anexo 16. Planos	110
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	111

INDICE DE TABLAS

<i>Cuadro 2.1 Principales Características Hidrológicas en las estaciones estudiadas...</i>	8
<i>Cuadro 2.2 Promedios Mensuales actualizados de registros meteorológicos comprendidos entre 1970 – 1999</i>	11
<i>Cuadro 2.3 Principales Estaciones ubicadas en el área de interés de Caluma Alto .</i>	19
<i>Cuadro 2.4 Curva de Duración de caudales – Río Tablas.....</i>	25
<i>Cuadro 2.5 Curva de Duración de caudales –Río Escaleras.....</i>	27
<i>Cuadro 2.6 Curva Estacional de caudales medios actualizados – Río Tablas</i>	30
<i>Cuadro 2.7 Curva Estacional de caudales medios actualizados – Río Escaleras</i>	32
<i>Cuadro 2.8 Características de tipo de rocas y suelos</i>	43
<i>Cuadro 3.1 Características Principales del Proyecto.....</i>	48
<i>Cuadro 3.2 Características Técnicas del Desarenador</i>	52
<i>Cuadro 3.3 Conducción del Río Tablas y Río Escaleras</i>	54
<i>Cuadro 4.1 Equipos de Construcción.....</i>	63
<i>Cuadro 4.2 Costos de Equipos Electromecánicos e Hidromecánicos.....</i>	64
<i>Cuadro 4.3 Costo de Materiales (en dólares)</i>	65
<i>Cuadro 4.4 Costos de Mano de Obra (en dólares)</i>	67
<i>Cuadro 4.5 Resumen de los Costo Totales</i>	68
<i>Cuadro 5.1 Serie de caudales promedio actualizado del Aprovechamiento Caluma Alto menos el caudal ecológico</i>	77
<i>Cuadro 5.2 Resumen de Resultados</i>	80
<i>Cuadro 6.2 Resumen de los Parámetros para la Evaluación Económica</i>	89

INDICE DE GRÁFICOS

<i>Gráfica 2.2 Humedad Atmosférica Relativa Mensual multianual.....</i>	<i>14</i>
<i>Gráfica 2. 3Evaporación Mensual Multianual.....</i>	<i>15</i>
<i>Gráfica 2. 4Precipitación Mensual</i>	<i>16</i>
<i>Gráfica 2.5Precipitación Mensual Multianual.....</i>	<i>17</i>
<i>Gráfica 2.6 Curva de Caudales Medios del Río Tablas</i>	<i>26</i>
<i>Gráfica 2.7 Curva de Caudales Medios del Río Escaleras</i>	<i>28</i>
<i>Gráfica 2.8 Curva Estacional de Caudales Mensuales del Río Tablas</i>	<i>31</i>
<i>Gráfica 2.9 Curva Estacional de Caudales Mensuales del Río Tablas</i>	<i>33</i>
<i>Gráfica 5.1 Curva Sintética de duración de energía generada para 100 años del Esquema Caluma Alto</i>	<i>84</i>

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.1 Ubicación Geográfica del Proyecto</i>	<i>3</i>
<i>Figura 2.1 Estaciones Meteorológicas, Pluviométricas e Hidrométricas</i>	<i>10</i>
<i>Figura 3.1 Implementación General del Proyecto Caluma Alto.....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 5.1 Datos Generales para la Operación del Sistema</i>	<i>71</i>
<i>Figura 5.2 Datos de Diseño de la Planta</i>	<i>72</i>
<i>Figura 5.3 Datos del Reservorio y Coeficiente Energético.....</i>	<i>74</i>
<i>Figura 5.4 Datos de Simulación de la Operación.....</i>	<i>75</i>
<i>Figura 5.5 Datos de Caudales Naturales</i>	<i>78</i>

Introducción

La idea de generar un proyecto de aprovechamiento del recurso del agua fundamentalmente, en la subcuenca del río Soloma, surge como una respuesta a la necesidad para satisfacer las demandas de bienes y servicios, cada vez más crecientes, determinados por un vertiginoso crecimiento poblacional.

El proyecto Caluma Alto con Potencia Instalable de 6.5 MW, se basa en el estudio del Aprovechamiento de las Aguas del Río Tablas y del Río Escaleras para la producción de Energía Eléctrica.

La estación más cercana que se pensaba estudiar es Caluma, según la información brindada por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología – INAMHI – no existen datos de dicha estación, por lo cual nos facilitaron dos opciones, la estación Chimbo - Lorenzo y la estación Echeandia; se escogió la segunda opción debido a que es más cercana a la estación Caluma, ya que las características climáticas son similares. Por lo tanto, nuestros estudios están basados con los datos de la estación Echeandia.

Con la información cartográfica, geológica e hidrológica disponible en los estudios de Prefactibilidad del proyecto hidroeléctrico Echeandia en Echeandia y tomando como referencia dichos estudios se quiere analizar la información básica de ingeniería y el presupuesto aplicable a nuestro Proyecto Caluma Alto

CAPITULO I

1 Ubicación Geográfica del Proyecto

El proyecto hidroeléctrico Tabla – Escaleras se encuentra geográficamente ubicado en el cantón Caluma, provincia de Bolívar, la misma que esta en la cordillera occidental de los Andes.

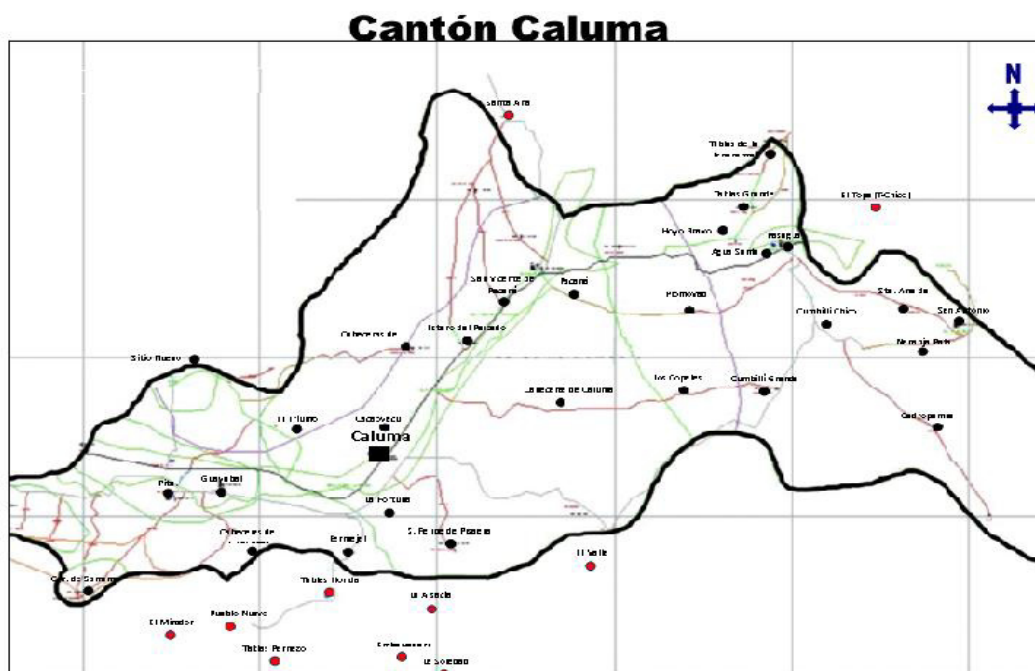
Goza de un excelente clima y con un entorno natural extraordinario para quienes aman la naturaleza y los deportes extremos, su vegetación es exuberante al igual que su fauna, cuenta con decenas de cascadas, ríos y cultivos de naranja que es considerada como la mejor del Ecuador.

Las alternativas de aprovechamiento en Caluma se ubican en el Río Pita y sus afluentes, los Ríos Tablas y Escaleras, los mismos que tienen sus cabeceras en el flanco Oeste de la Cordillera de Chillanes, un ramal N-S de la Codillera Occidental. El Río Pita es un afluente del Río Catarama, tributario del Río Babahoyo.

Para el desarrollo del Proyecto existen varias alternativas, pero el presente estudio esta enfocado en la alternativa seleccionada, la cual es CL-A tomados

desde los Ríos Tabla y Escaleras, desde el sitio de cierre (cota 800,00 m.s.n.m.) hasta la casa de máquinas (cota 575,00 m.s.n.m.) aprovecha una caída total de alrededor de los 225m y la descarga se efectuara en el Río Escaleras.

Figura 1.1 Ubicación Geográfica del Proyecto



CAPITULO II

2 Diseño del Proyecto

2.1 Hidrología

2.1.1 ASPECTOS GENERALES

Para cumplir con el objetivo de esta fase de estudio, se ha realizado una recopilación y análisis expeditivo general de las condiciones hidrológicas que presenta nuestro esquema.

El estudio realizado está encaminado para determinar, de un modo aproximado, el caudal de diseño para el aprovechamiento de Caluma Alto.

2.1.1.1 Metodología

Han sido analizados los registros de las estaciones hidrométricas Echeandía en Echeandía. Esta estación dispone

de registros de la serie de caudales mensuales para el período 1965 – 1999.

Para el aprovechamiento del esquema Caluma Alto, se ha tomado como estación base Echeandía en Echeandía y sus valores procesados han servido para la definición de los caudales de diseño de cada uno de los aprovechamientos mediante el método de transposición de caudales. Los coeficientes de transposición se han determinado en función de la relación de áreas y precipitaciones medias ponderadas.

Por esta razón, se ha realizado la transposición de los caudales de la estación Echeandía en Echeandía (Echeandía Bajo) a la estación Echeandía Pilaló (Echeandía Alto), dicha estación tiene una gran afinidad con la cuenca de Caluma Alto por su ubicación colindante, por el tamaño similar de las cuencas de drenaje y por las características afines en cuanto a pluviometría y condiciones geomorfológicas.

2.1.1.2 Características hidrográficas y físicas de las cuencas a estudiar

Se han analizado los ríos Soloma (Echeandia en Echeandia), Chazo Juan y Limón (Echeandia Pilaló), Tablas y Escaleras (Caluma Alto).

Cuenca del Río Soloma y sus afluentes

El río Soloma forma parte de la red hidrográfica del río Babahoyo, como un afluente del río Catarama, perteneciente al sistema hidrográfico del río Guayas. Está formado por los ríos del Chazo Juan y Limón del Carmen.

La captación para el aprovechamiento bajo (Echeandia Bajo) está ubicada en el río Soloma, inmediatamente aguas abajo de la confluencia de los ríos Chazo Juan y Limón del Carmen (cota 370 m.s.n.m.), sección a la que corresponde una cuenca hidrográfica de 378 Km².

Las captaciones para los aprovechamientos más altos (Echeandia Pilaló) están ubicadas en los ríos Chazo Juan y Limón del Carmen aguas arriba de sus propios ríos (cota 700

m.s.n.m.) con superficie de drenaje de 121 km² en el río Chazo Juan y 135 Km² en el río Limón del Carmen.

El cauce principal del río, que nace en la parte alta de la cuenca del río Chazo Juan, tiene un desarrollo de 27.8 Km hasta la estación hidrométrica de Echeandia en Echeandia y corre en dirección Este – Oeste en tramo de interés.

El río se origina a una altitud aproximada de 3600 m.s.n.m.

Cuenca del Río Pita y sus afluentes

El río Pita forma también parte de la red hidrográfica del río Catarama perteneciente a la cuenca del río Guayas. Se origina en la confluencia de los ríos Tablas y Escaleras.

Las captaciones para el aprovechamiento más alto (Caluma Alto CL-A) de los ríos Tablas y Escaleras están a 625 m.s.n.m. y controlan áreas de drenaje de 75.44 Km² y 131.28 Km², ver Anexo1 y Anexo2 respectivamente.

El cauce principal del río, que en la cuenca alta corresponde al río Tablas, tiene un desarrollo de 25 Km hasta la derivación aguas abajo.

Como en el caso del río Soloma, con el cual comparte la divisoria de aguas en su tramo Este – Oeste, el río Pita se origina de la altitud aproximada de 3600 m.s.n.m.

Cuadro 2.1 Principales Características Hidrológicas en las estaciones estudiadas

RIO	ECHEANDIA			CALUMA ALTO	
	BAJO (BASE)	ALTO	ALTO		
	Saloma	Chazo Juan	Limón	Tablas	Escaleras
Elevación (m. s. n. m.)	370	700	700	625	625
Área de drenaje (Km ²)	378	121	135	75,44	131,28
Precipitación anual (mm/año)	1650	1360	1460	1540	1480
Coefficiente de transposición	0,70	0,26	0,31	0,706	1,00
Caudal Medio (m ³ /seg)	16,1	4,2	5,0	2,18	3,65
Caudal Firme (m ³ /seg)	5,5	1,5	1,7	0,85	1,4

Fuente: Estudios INECEL

2.1.2 INFORMACION EXISTENTE

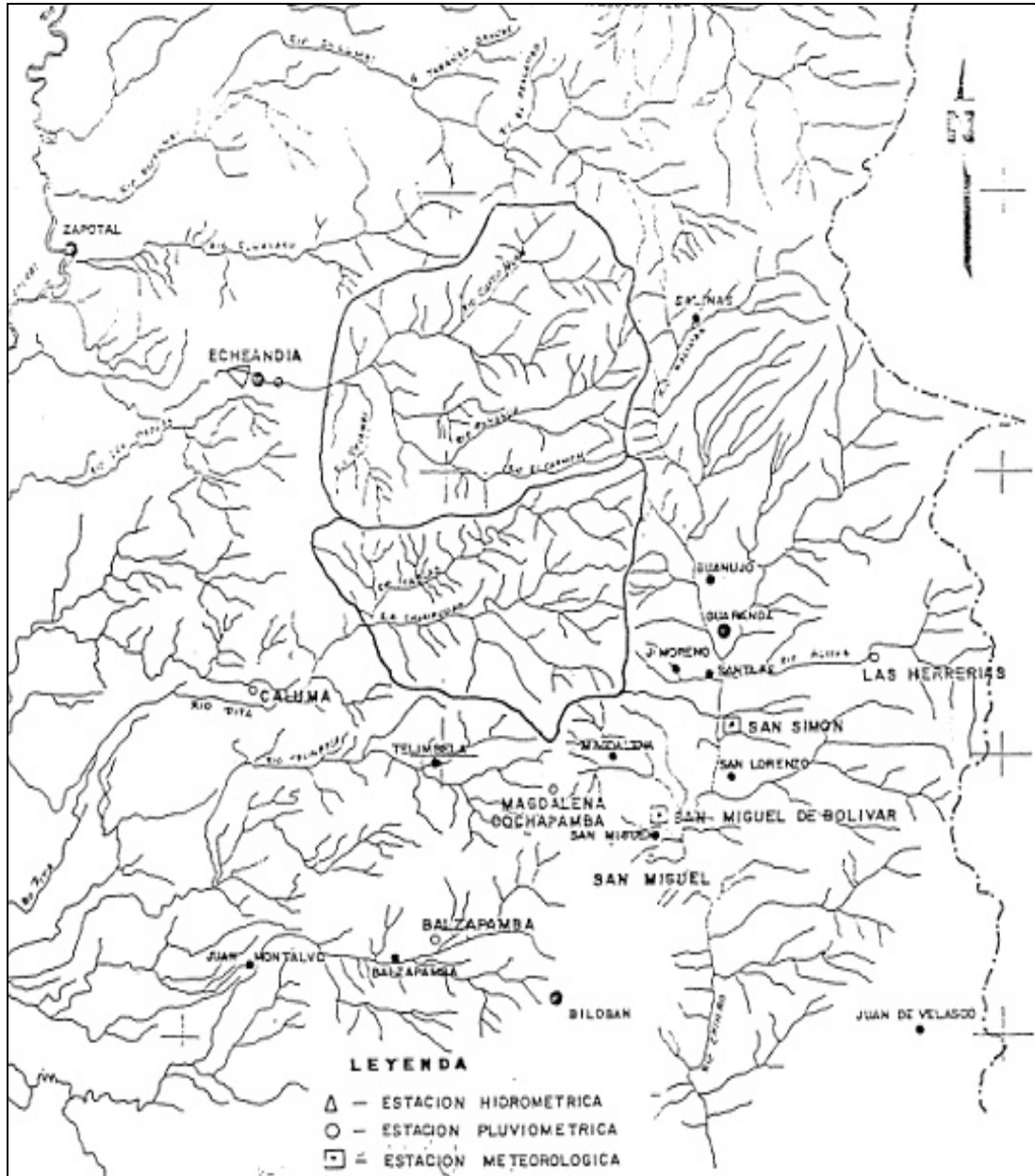
2.1.2.1 Información Meteorológica

Para el análisis de la meteorología en la cuenca de estudio se observaron los registros pertenecientes a una estación ubicada en la población de Caluma por lo que los valores en ella resultan representativos de la región estudiada. También se ha recopilado y procesado los datos meteorológicos de las

estaciones San Simón y San Miguel de Bolívar. Los registros constan de promedios mensuales correspondientes a temperatura, humedad relativa, evaporación y precipitación; valores extremos absolutos de temperatura y precipitación máxima en 24 horas en el período correspondiente de 1970 - 1999.

La ubicación de las estaciones puede ser apreciada en la Figura 2.1 y en el Cuadro 2.2. se presenta los índices meteorológicos resultado de la actualización de la estación Caluma con registros desde 1970 – 1999.

Figura 2.1 Estaciones Meteorológicas, Pluviométricas e Hidrométricas



Fuente: Estudios INECEL

Cuadro 2.2 Promedios Mensuales actualizados de registros meteorológicos comprendidos entre 1970 – 1999

Altitud: 350 m.s.n.m

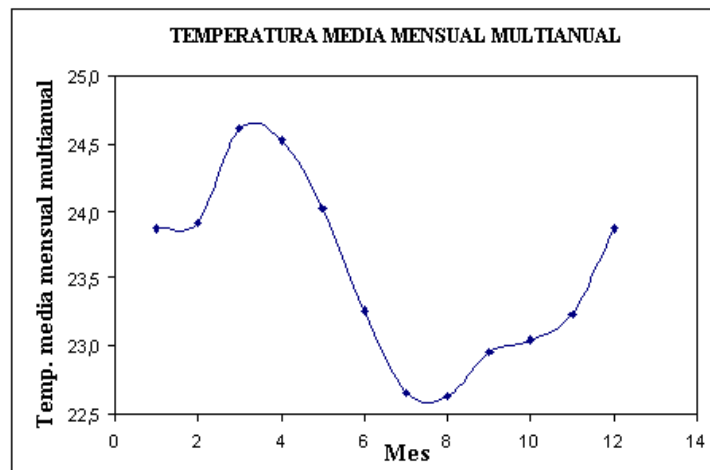
Estación Caluma 1970 - 1999		Ubicación: 1:37:07 S -79:17:10 W										
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
<i>T. media °C</i>	23,87	23,92	24,61	24,52	24,02	23,26	22,66	22,63	22,96	23,05	23,23	23,88
<i>T. max. abs</i>	32,50	33,50	34,50	36,50	32,60	33,20	31,50	31,50	36,50	33,50	36,50	35,00
<i>T. min. abs</i>	14,00	14,00	13,50	17,80	14,00	12,50	13,50	14,50	14,00	14,00	12,60	14,00
<i>Hum. atm 1/2 (%)</i>	81,18	80,31	80,23	80,37	80,64	85,16	81,74	81,87	80,45	80,04	80,18	77,75
<i>Pmax/24horas</i>	202,40	176,40	341,20	147,80	134,60	62,39	69,00	29,35	60,76	65,10	107,90	110,05
<i>P(mm)</i>	555,10	539,31	678,73	455,25	221,23	81,16	53,47	29,72	57,53	59,18	89,81	214,92
<i>Evap(mm)</i>	47,19	39,27	47,00	43,89	44,91	35,38	38,52	46,94	49,56	46,50	54,53	59,78

Fuente: Investigación Propia

Temperatura

La media multianual del período registrado en la estación Caluma (cota 350 m.s.n.m) es de 23.5 °C. En el Cuadro 2.2 podemos observar que los valores de temperatura media mensual se mantienen casi constantes a lo largo del año con una máxima diferencia entre los meses de Marzo (24.6 °C) y Agosto (22.6 °C).

Gráfica 2.1 Temperatura Media Mensual Multianual



Fuente: Investigación Propia

Con respecto a los valores extremos absolutos podemos observar del Cuadro 2.2 que en los meses de Septiembre y Noviembre se han registrado una temperatura máxima absoluta

de 36.5 °C, mientras que en el mes de Junio se ha registrado una temperatura mínima absoluta de 12.5 °C.

De los resultados observados se puede suponer que en la zona de estudio la temperatura media oscila entre 24 y 22 °C mientras que se podría esperar máximas de 36 °C y mínimas de 12 °C.

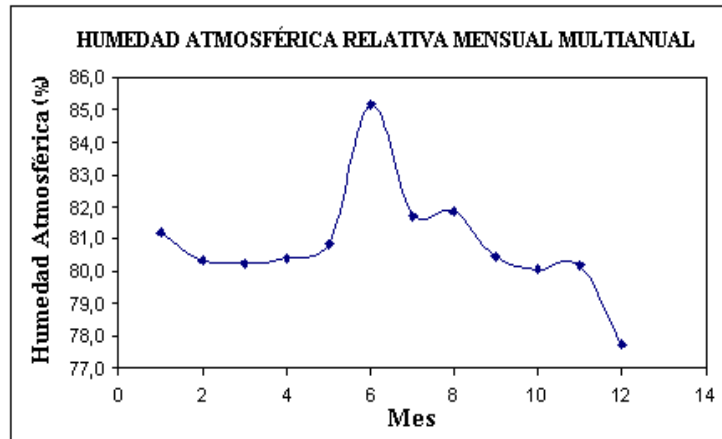
En las regiones altas de la cuenca la temperatura media se encuentra en el orden de 9.5 °C con variaciones mas amplias entre las máximas y las mínimas temperaturas absolutas.

Humedad Relativa.

La humedad atmosférica relativa del lugar de estudio (estación Caluma) se mantiene mas o menos constante a lo largo del año con un valor promedio de 80.8 % con una diferencia máxima entre los meses de Junio (85.1 %) y Diciembre (77.7 %).

En la Gráfica 2 y en el Cuadro 2.2 podemos observar los resultados de la humedad atmosférica mensual multianual.

Gráfica 2.2 Humedad Atmosférica Relativa Mensual multianual

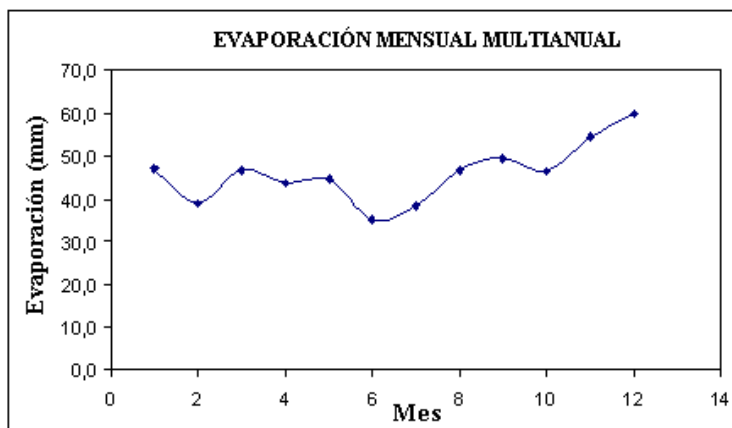


Fuente: Investigación Propia

Evaporación

En la zona de estudio de acuerdo a los registros correspondientes a los años entre 1970–1979 (debido a la ausencia de registros correspondientes a los demás años de estudio) de la estación caluma, el índice de evaporación media anual está en el orden de 46.12mm, con valores máximos en el mes de Diciembre (59.7mm) y valores mínimos en el mes de Junio (35.38mm). En la Gráfica 2.3 podemos observar como estos valores varían mes a mes.

Gráfica 2. 3 Evaporación Mensual Multianual



Fuente: Investigación Propia

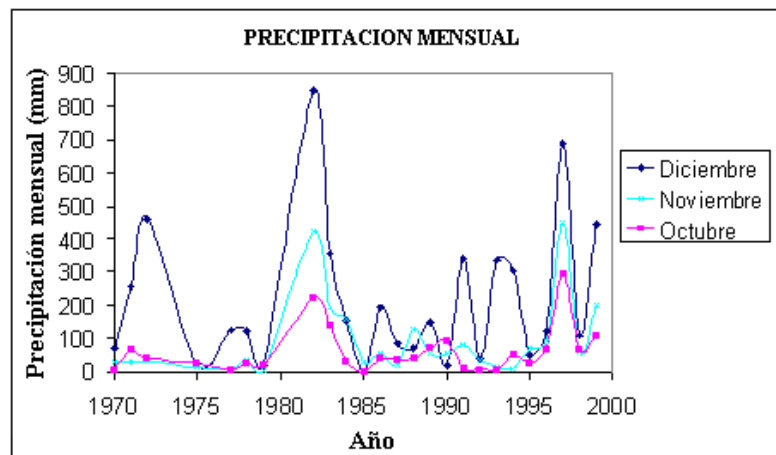
Pluviometría

Debido a la importancia de la pluviometría en un estudio hidrológico se ha considerado un análisis mas detallado con respecto a los anteriores factores meteorológicos. La meta de un estudio de la pluviometría es definir la distribución geográfica y la distribución cronológica de los valores de lluvia caída sobre la cuenca del Caluma con el fin de determinar el respectivo coeficiente de transposición de los caudales en la estación hidrométrica de Echeandía al sitio de aprovechamiento. Debido a que el estudio requiere de un análisis detallado y de conocimientos sobre teoría de hidrología, se realizó solo una actualización de los promedios

mensuales multianuales de la estación Caluma así como el respectivo análisis de las precipitaciones máximas en 24 horas. Para objeto de la determinación del coeficiente de transposición en la determinación previa de la precipitación media ponderada, tomado del estudio hidrológico realizado por el INECEL.

En la Gráfica 2.4 podemos observar durante los años de 1982 y 1997 hubieron índices altos de precipitación, lo cual muestra los dos fenómenos del niño en la historia de los registros.

Gráfica 2.4 Precipitación Mensual

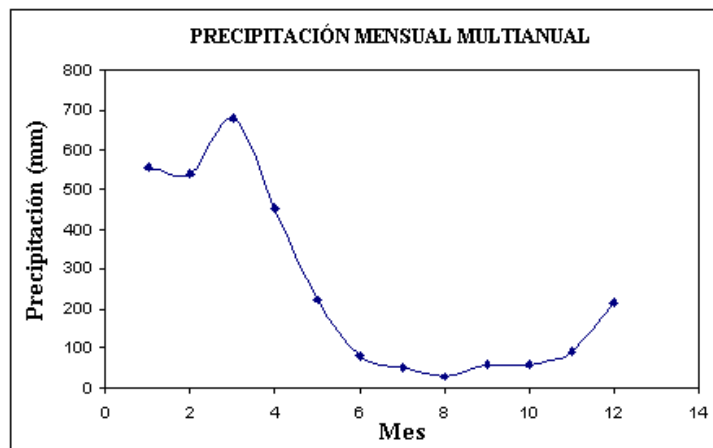


Fuente: Investigación Propia

Los resultados de los promedios mensuales multianuales se presentan en el Cuadro 2.2 y en la Gráfica 2.5 con lo cual podemos observar que entre los meses de Diciembre a Mayo se

presenta la mayor precipitación correspondiendo al período de invierno, además se presentan valores máximo en el mes de Marzo (678.7mm) y mínimo correspondiente al mes de Agosto (29.7mm) con una precipitación promedio multianual de 3035.41mm correspondiente a la estación Caluma.

Gráfica 2.5 *Precipitación Mensual Multianual*



Fuente: Investigación Propia

En el Cuadro 2.2 también se presenta los registros mensuales máximos para el período disponible de los valores de precipitaciones máximas de la estación Caluma. El análisis determina que dentro del período de mayor precipitación (Diciembre-Mayo) se ha registrado en la zona el mayor número de tempestades reflejadas en los valores de precipitación máxima en 24 horas. En la estación Caluma se tiene que en

promedio el volumen de agua debido a los cinco primeros meses del año corresponde al 80.7% del volumen total anual, los valores máximos de precipitación en 24 horas superan los 100mm habiéndose registrado un máximo de 341.2mm correspondiente al mes de Marzo de 1988.

2.1.2.2 Información Pluviométrica

En el cuadro 2.3 constan las estaciones pluviométricas y meteorológicas que rodean la cuenca del río Pita y cuenca portante. La ubicación de las estaciones se puede apreciar en la Figura 2.1

2.1.2.3 Información Hidrométrica

Nuestro esquema Caluma Alto no dispone de una estación hidrométrica. Por esta razón, ha sido necesario escoger como base la estación Echeandía en Echeandía para hacer las transposiciones correspondientes, cuya característica consta en el cuadro 2.3.

Esta estación tiene registros de caudales medios diarios y cuenta con su propia estación hidrométrica que lleva su propio nombre.

Cuadro 2.3 Principales Estaciones ubicadas en el área de interés de Caluma Alto

ESTACIONES PLUVIOMETRICAS (P) Y METEREOLÓGICAS (M)				
Nº	ESTACIÓN	UBICACIÓN		ELEVACIÓN m.s.n.m.
		LAT.	LONG.	
P12	San Miguel	1°42'00"S	79°01'00"W	2450
P13	Magdalena Cochapamba	1°40'00"S	79°05'00"W	2800
P14	Caluma	1°37'07"S	79°17'10"W	350
P15	Las Herrerías	1°36'21"S	78°56'29"W	3250
M2	San Miguel – Bolívar	1°42'10"S	79°02'26"W	2450
M3	San Simón	1°38'37"S	78°59'40"W	2530
ESTACION HIDROMETRICA (H)				
Nº	ESTACIÓN	TIPO	AREA DE DRENAJE (Km ²)	
H5	Echeandía en Echeandía	LG	378	

Fuente: INHAMI

2.1.3 ANALISIS HIDROLOGICO

2.1.3.1 Generalidades

El estudio hidrológico de la cuenca en cuestión cuenta con los registros de caudales diarios mensuales y caudales promedios mensuales tomados desde el año 1965 al 1999 en la estación Echeandía sobre el río Echeandía que han sido publicados en los anuarios del INAMHI, ver Anexo3. Esta estación hidrométrica que se encuentra en el río Soloma ha registrado los niveles correspondientes al escurrimiento de 378 Km² siendo sus principales aportadores los ríos Chazo Juan y Limón del Carmen.

Debido a la ubicación de la estación Echeandía y las características afines encontradas entre las cuencas de Echeandía y de Caluma, el estudio de los datos provenientes de esta estación se extiende también para la cuenca del Caluma en el punto de captación del proyecto.

2.1.3.2 Coeficiente de Transposición para el esquema Caluma Alto

Se ha presentado la información hidrométrica disponible en la estación Echeandía en Echeandía. Para hallar los caudales y obtener el caudal garantizado con probabilidad del 90% del esquema seleccionado se utilizó el método de transposición de valores desde el sitio de la estación Echeandía hasta el punto de captación debido a la ausencia de registros representativos de caudales de la cuenca en cuestión (Caluma).

Se adoptó el método de transposición de valores para hallar los caudales de la cuenca Echeandía Pilaló, ya que dicha cuenca y Caluma Alto son adyacentes de características físicas e hidrológicas similares. Esta sustentación para el uso del método mencionado se fortalece por cuanto los tamaños de las cuencas estudiadas están dentro de lo recomendable para obtener de él resultados confiables.

El método de transposición de caudales utiliza las relaciones entre las áreas de drenaje y las precipitaciones medias ponderadas de las cuencas comparadas, a través de un coeficiente llamado de transposición:

$$K_T = \frac{A_i * PMP_i}{A_b * PMP_b}$$

Donde:

A_i y A_b son las áreas de las cuencas de drenaje del sitio de captación y de la estación base respectivamente expresadas en Km².

PMP_i y PMP_b son los valores de precipitación media ponderada que cae sobre las cuencas de drenaje correspondientes al sitio de captación y a la estación base respectivamente expresadas en mm.

A continuación se presenta el cálculo respectivo:

Para el esquema Echeandía Pilaló (cota 700 m.s.n.m), la estación base es Echeandía en Echeandía (cota 370 m.s.n.m)

El río Soloma se origina de la confluencia de los ríos Chazo Juan y Limón del Carmen.

$A_{(Estación\ base - Río\ Salma)} = 378\ Km^2.$ $PMP_{(Estación\ base - Río\ Salma)} = 1650\ mm/año.$	
$A_{(Río\ Chazo\ Juan)} = 121\ Km^2.$ $PMP_{(Río\ Chazo\ Juan)} = 1360\ mm/año.$ $K_r = \frac{A_i * PMP_i}{A_b * PMP_b}$ $K_r = \frac{121 * 1360}{378 * 1650}$ $K_r = 0.26$	$A_{(Río\ Limón\ del\ Carmen)} = 135\ Km^2.$ $PMP_{(Río\ Limón\ del\ Carmen)} = 1430\ mm/año.$ $K_r = \frac{A_i * PMP_i}{A_b * PMP_b}$ $K_r = \frac{135 * 1430}{378 * 1650}$ $K_r = 0.31$

Para el esquema Caluma Alto, la estación base es Echeandía Pilaló ya que sus ríos tienen características físicas e hidrológicas similares

$A_{(Río\ Chazo\ Juan)} = 121\ Km^2.$ $PMP_{(Río\ Chazo\ Juan)} = 1360\ mm/año.$ $A_{(Río\ Tablas)} = 75.44\ Km^2.$ $PMP_{(Río\ Tablas)} = 1540\ mm/año.$ $K_r = \frac{A_i * PMP_i}{A_b * PMP_b}$ $K_r = \frac{75.44 * 1540}{121 * 1360}$ $K_r = 0.706$	$A_{(Río - Limón\ del\ Carmen)} = 135\ Km^2.$ $PMP_{(Río\ Chazo\ Juan)} = 1430\ mm/año.$ $A_{(Río\ Escaleras)} = 131.28\ Km^2.$ $PMP_{(Río\ Escaleras)} = 1430\ mm/año.$ $K_r = \frac{A_i * PMP_i}{A_b * PMP_b}$ $K_r = \frac{131.28 * 1430}{135 * 1430}$ $K_r = 1.006$
---	---

En el Cuadro 2.1 se presenta un resumen de estos parámetros así como otros, los cuales describen las principales características de la cuenca del Echeandía en Echeandía,

Echeandía Pilaló y de Caluma Alto, estos valores fueron obtenidos directamente del estudio de hidrología del INECEL.

Por medio del método de transposición de caudales, se logró determinar los caudales promedios mensuales de los esquemas Echeandía Pilaló y Caluma Alto. Caudales de los Ríos Chazo Juan y Limón del Carmen, ver Anexo4 y Anexo5, caudales de los Ríos Tablas y Escaleras, ver Anexo5 y Anexo6.

2.1.3.3 Curva de duración de caudales en el esquema Caluma Alto

Con la estadística existente, debidamente procesada y transformada en serie de caudales promedios mensuales se procedió al análisis de frecuencia basado en la determinación de la curva de duración general de caudales.

En el Cuadro 2.4 y en la Gráfica 2.6 se indica los resultados del análisis de frecuencia de los caudales promedios mensuales para el río Tablas y en el Cuadro 2.5 y en la Gráfica 2.7 se indica los resultados del análisis de frecuencia de los caudales promedios mensuales para el río Escaleras, ambos ríos con un total de 420 datos analizados que representan aproximadamente

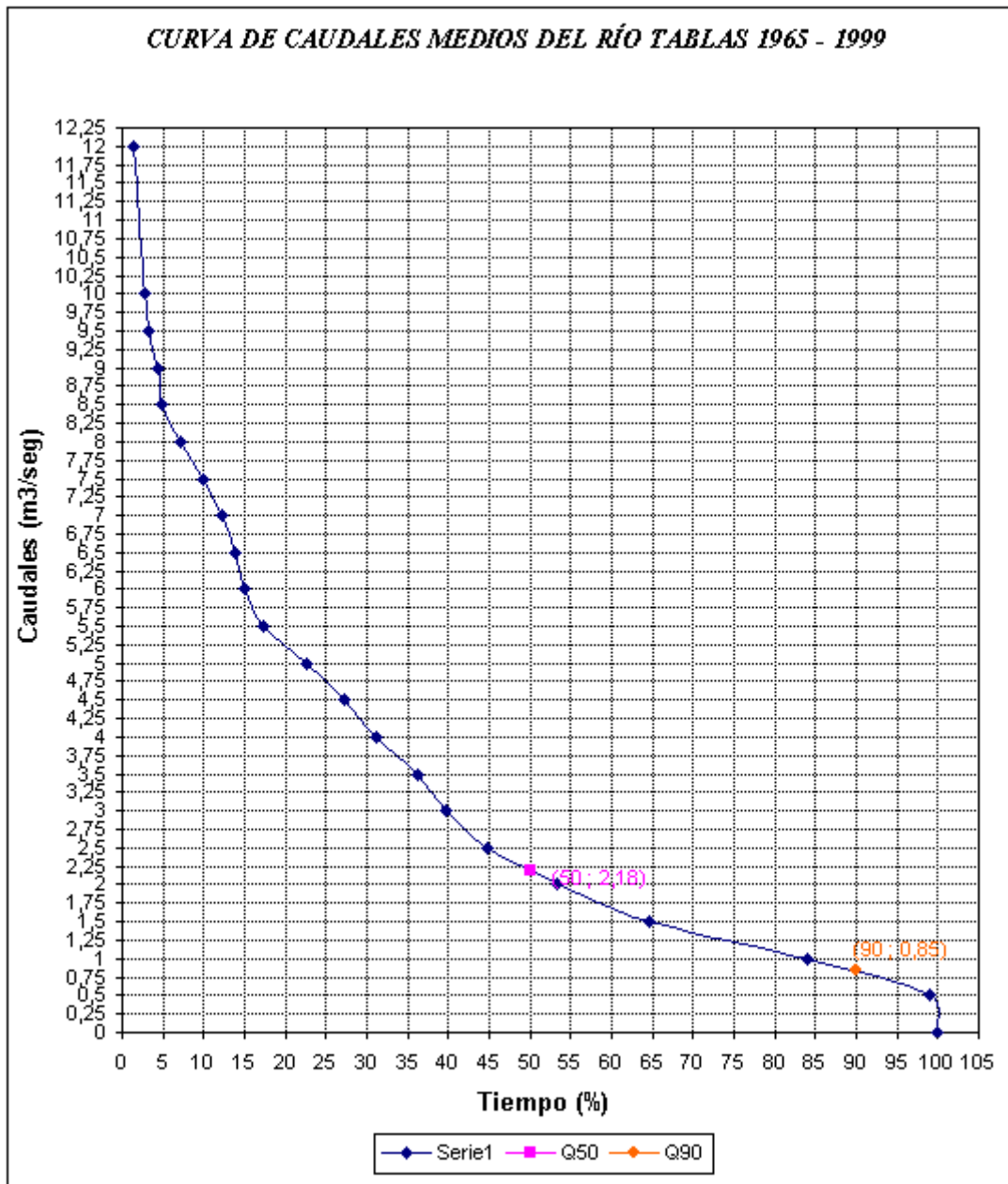
el 90% de disponibilidad de registros en el período 1965 – 1999.

Cuadro 2.4 Curva de Duración de caudales – Río Tablas

INTERVALO DE CLASE (M3/SEG)	LIMITE INFER DEL INTERVALO (M3/SEG)	Nº DE OCURREN EN EL INTERVALO	Nº DE VALORES >= QUE EL LIMITE	% DE TIEMPO QUE EL CAUDAL ES > LIM INF.
1)	2)	3)	4)	5)
0 - 0,499	0	4	420	100,00
0,5 - 0,999	0,5	63	416	99,05
1 - 1,499	1	82	353	84,05
1,5 - 1,999	1,5	47	271	64,52
2 - 2,499	2	36	224	53,33
2,5 - 2,999	2,5	21	188	44,76
3 - 3,499	3	15	167	39,76
3,5 - 3,999	3,5	21	152	36,19
4 - 4,499	4	17	131	31,19
4,5 - 4,999	4,5	19	114	27,14
5 - 5,499	5	22	95	22,62
5,5 - 5,999	5,5	10	73	17,38
6 - 6,499	6	5	63	15,00
6,5 - 6,999	6,5	7	58	13,81
7 - 7,499	7	9	51	12,14
7,5 - 7,999	7,5	12	42	10,00
8 - 8,499	8	10	30	7,14
8,5 - 8,999	8,5	2	20	4,76
9 - 9,499	9	4	18	4,29
9,5 - 9,999	9,5	2	14	3,33
10 - 11,999	10	6	12	2,86
12 - 14,999	12	6	6	1,43

Fuente: Investigación Propia

Gráfica 2.6 Curva de Caudales Medios del Río Tablas



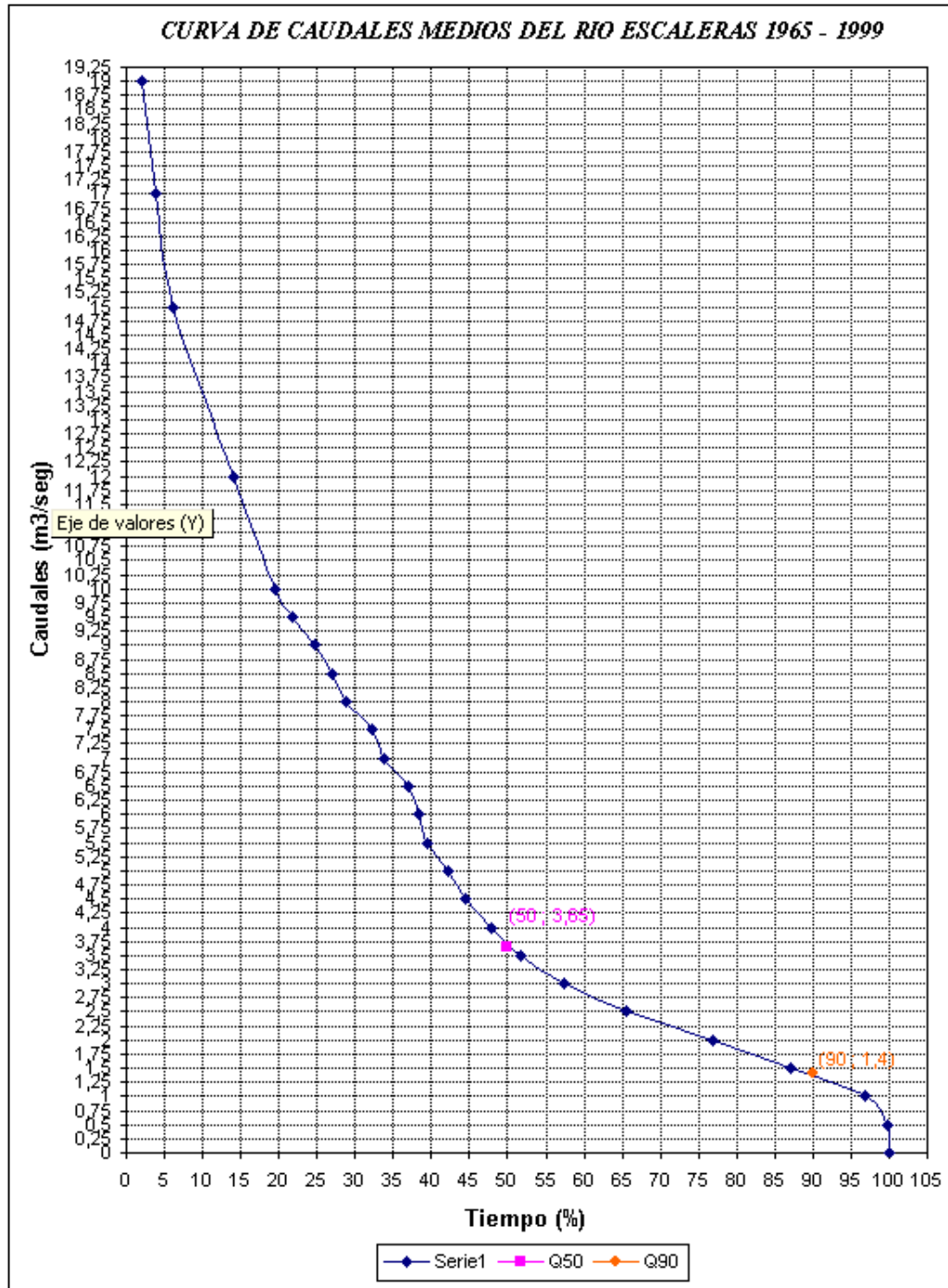
Fuente: Investigación Propia

Cuadro 2.5 Curva de Duración de caudales –Río Escaleras

INTERVALO DE CLASE (M3/SEG)	LIMITE INFER DEL INTERVALO (M3/SEG)	Nº DE OCURREN EN EL INTERVALO	Nº DE VALORES >= QUE EL LIMITE	% DE TIEMPO QUE EL CAUDAL ES > LIM INF.
1)	2)	3)	4)	5)
0 - 0,499	0	1	420	100,00
0,5 - 0,999	0,5	12	419	99,76
1 - 1,499	1	41	407	96,90
1,5 - 1,999	1,5	43	366	87,14
2 - 2,499	2	48	323	76,90
2,5 - 2,999	2,5	34	275	65,48
3 - 3,499	3	24	241	57,38
3,5 - 3,999	3,5	16	217	51,67
4 - 4,499	4	14	201	47,86
4,5 - 4,999	4,5	10	187	44,52
5 - 5,499	5	11	177	42,14
5,5 - 5,999	5,5	5	166	39,52
6 - 6,499	6	6	161	38,33
6,5 - 6,999	6,5	13	155	36,90
7 - 7,499	7	7	142	33,81
7,5 - 7,999	7,5	14	135	32,14
8 - 8,499	8	8	121	28,81
8,5 - 8,999	8,5	9	113	26,90
9 - 9,499	9	13	104	24,76
9,5 - 9,999	9,5	9	91	21,67
10 - 11,999	10	23	82	19,52
12 - 14,999	12	33	59	14,05
15 - 16,999	15	10	26	6,19
17 - 18,999	17	7	16	3,81
19 - 25,999	19	9	9	2,14

Fuente: Investigación Propia

Gráfica 2.7 Curva de Caudales Medios del Río Escaleras



Fuente: Investigación Propia

2.1.3.4 Consideraciones sobre el Caudal de Diseño

El caudal de diseño a considerarse es el que resulta de la curva de duración de caudales mensuales con la probabilidad del 50% de ocurrencia menos el 10% de la probabilidad del 90% de ocurrencia.

Luego de analizar las curvas de los ríos Tablas y Escaleras, determinamos que el caudal de diseño es 2.10 m³/seg y 3.51 m³/seg respectivamente. Con estos resultados podemos deducir que el caudal de diseño para el esquema Caluma Alto es 5.6 m³/seg.

2.1.3.5 Curva de duración de caudales y variación estacional en la estación Caluma Alto

Para la determinación de las curvas de variación estacional también han sido utilizados los valores de caudales medios mensuales procesados mes a mes durante todo el período disponible. Se puede apreciar los resultados obtenidos en el Cuadros 2.6 y en la Gráfica 2.8 para el río Tablas y en el Cuadro 2.7 y en la Gráfica 2.9 para el Río Escaleras.

Cuadro 2.6 Curva Estacional de caudales medios actualizados – Río Tablas

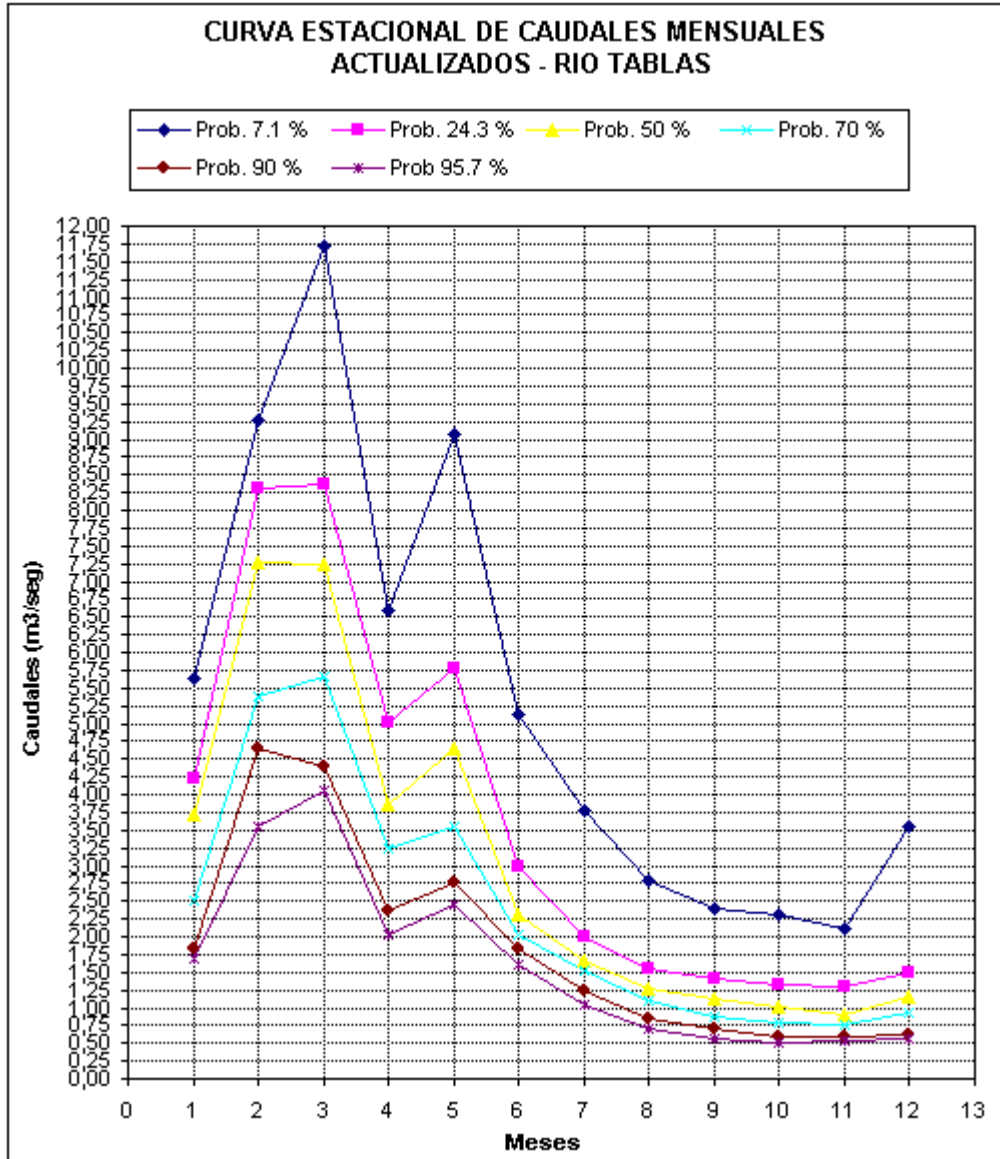
Caluma Alto: Río Tablas

Período: 1965 -1999

PROBABILIDAD (%)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
7,14	5,641	9,265	11,718	6,604	9,076	5,120	3,775	2,794	2,404	2,310	2,103	3,554
24,29	4,217	8,323	8,366	5,013	5,777	2,977	2,004	1,552	1,404	1,333	1,289	1,486
50,00	3,707	7,260	7,234	3,867	4,654	2,312	1,660	1,267	1,123	1,012	0,902	1,151
70,00	2,515	5,384	5,668	3,253	3,539	2,032	1,517	1,113	0,861	0,784	0,748	0,941
90,00	1,833	4,650	4,394	2,358	2,753	1,819	1,238	0,837	0,711	0,582	0,582	0,616
95,71	1,684	3,539	4,059	2,033	2,461	1,601	1,038	0,691	0,562	0,514	0,542	0,551

Fuente: Investigación Propia

Gráfica 2.8 Curva Estacional de Caudales Mensuales del Río Tablas



Fuente: Investigación Propia

Cuadro 2.7 Curva Estacional de caudales medios actualizados – Río Escaleras

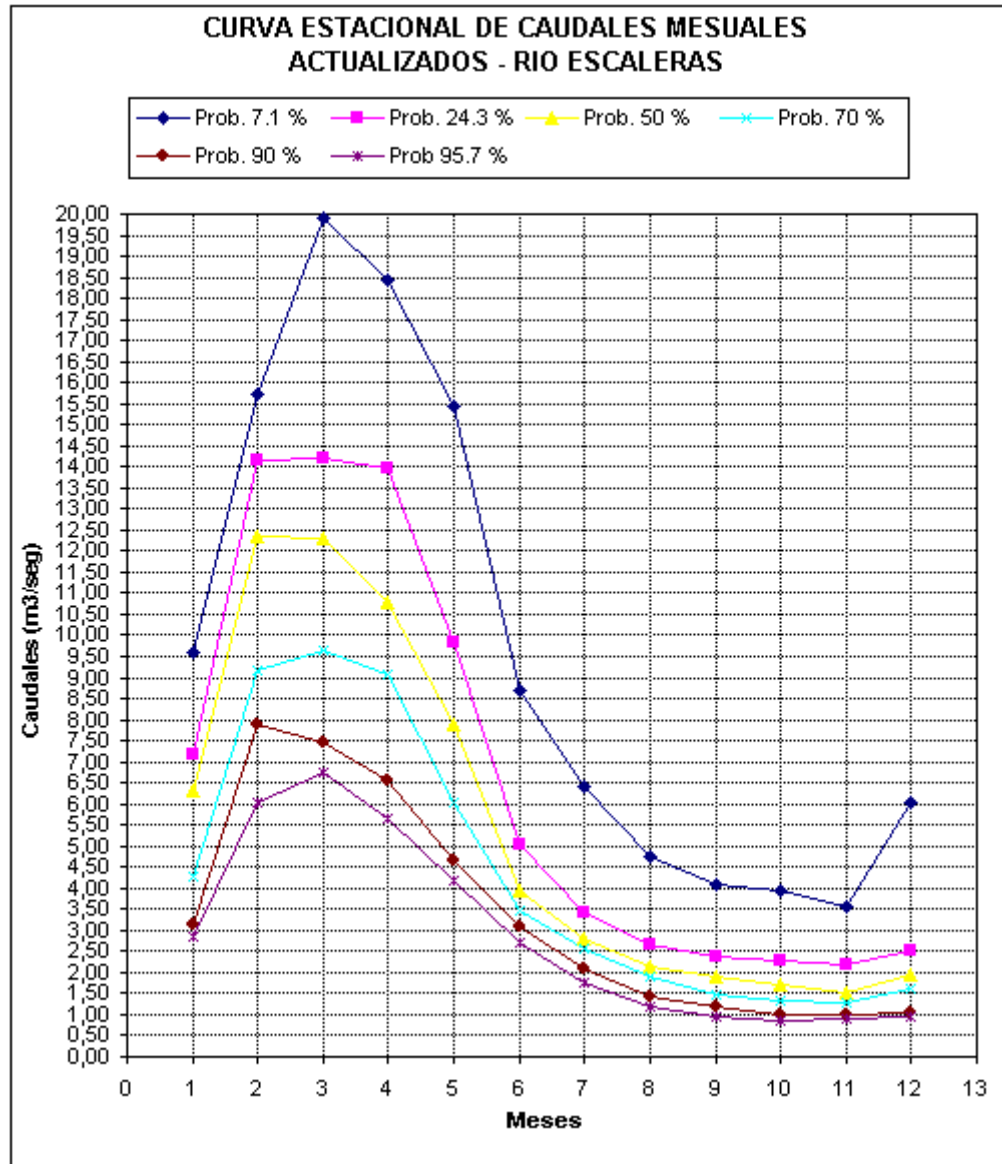
Caluma Alto: Río Escaleras

Período: 1965 -1999

PROBABILIDAD (%)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
7,14	9,584	15,740	19,909	18,422	15,419	8,698	6,414	4,747	4,084	3,924	3,573	6,038
24,29	7,165	14,140	14,213	13,984	9,815	5,059	3,404	2,637	2,386	2,265	2,189	2,524
50,00	6,298	12,335	12,290	10,787	7,908	3,927	2,820	2,153	1,908	1,719	1,533	1,956
70,00	4,273	9,148	9,630	9,075	6,013	3,451	2,578	1,890	1,462	1,331	1,271	1,599
90,00	3,115	7,900	7,465	6,577	4,677	3,090	2,104	1,421	1,208	0,988	0,988	1,047
95,71	2,862	6,013	6,751	5,670	4,182	2,720	1,764	1,175	0,956	0,873	0,921	0,936

Fuente: Investigación Propia

Gráfica 2.9 Curva Estacional de Caudales Mensuales del Río Tablas



Fuente: Investigación Propia

2.2 Geología

2.2.1 Introducción

El estudio Geológico del Proyecto Caluma Alto, se lo realiza con la finalidad de conocer su naturaleza y sus suelos, para el desarrollo de proyectos hidrológicos de mediana capacidad, el sitio incluye el valle del río Tablas y Escaleras al Este de Caluma.

Los ríos mencionados se originan en el flanco Oeste de la Cordillera Occidental de los Andes, en uno de sus ramales; y fluyen hacia el Oeste para conformar los tributarios mayores del Río Guayas.

Este estudio geológico es de mucha importancia debido a que se debe de considerar las características del suelo, donde se implementaran las diferentes obras del Proyecto Caluma Alto.

En esta zona, se presentan afloramientos de rocas esencialmente piroclásticas correspondiente a la formación Macuchi, de origen volcánico.

Las condiciones geológicas, en lo que se refiere al lecho de rocas son ígneas, intrusivas y extrusivas, y cuando se las encuentran fresca proporcionarían soporte adecuado para cualquiera de las estructuras o excavaciones.

La mayoría de las excavaciones para estructuras y canales se harán en materiales poco consolidados, tales como aluviales, coluviales, residuales, y roca meteorizada. Cada esquema consiste en una obra de derivación, un sistema de canales y/o túneles, una tubería de presión y una casa de maquinas.

Cada material presenta diferentes calidades en lo que se refiere a excavación, estabilidad de taludes, permeabilidad, operación y mantenimiento, y se comportarán diferentemente según las pendientes de los taludes.

2.2.2 Investigación de Campo

La investigación de campo consistió en un viaje de inspección al área de Caluma; con la finalidad de conocer el territorio y analizar los sitios en los cuales estará ubicado el Proyecto Hidroeléctrico Caluma Alto. Teniendo como referencia el estudio de los planos que realizaron (INECEL).

En el viaje de inspección, observamos su área, su estructura, su naturaleza, localización de manantiales y quebradas, conociendo con que dificultad o facilidad podemos implementar nuestro proyecto, analizando el esquema seleccionando para cada uno de los sitios, para así poder ubicar cada una de la maquinaria a utilizarse, tomando coordenadas para el desarrollo e implementar el proyecto.

Una idea más amplia de las características geológicas de la zona donde estará situado el Proyecto Hidrológico Caluma Alto se presenta en el plano G1, (estudios INECEL).

2.2.3 Rasgos Geológicos Regionales

La zona donde se ubican los proyectos de Caluma y Echeandía, se encuentran al norte de las estribaciones Occidental de la Cordillera de Chillanes, separadas de las Cordillera Occidental por el valle del río Chimbo.

En este sector aflora una serie aparentemente homogénea, plegada, de rocas esencialmente piroclásticas que se presentan en las vecindades de Echeandía y Caluma como “Formación Macuchi”.

La formación Macuchi está constituida por rocas muy duras, volcano-clásticas y turbidíticas, con intercalaciones de basaltos almohadillados (pillow lavas) y brechas volcánicas. La formación Macuchi conforma un amplio frente montañoso en la falda occidental de la cordillera Occidental, desde la zona de Pallatanga hasta Santo Domingo de los Colorados. Además, constituye el basamento cristalino tanto de la Sierra baja, como de la depresión costera entre la ciudad de Guayaquil y Santo Domingo de los Colorados, por lo que cabe recalcar que se la puede encontrar en profundidad por debajo del proyecto aunque no se conoce en realidad cual es el espesor de la cobertura sedimentaria cuaternaria en el sitio de estudio, dando como tentativa la cifra de varios cientos de metros hasta un kilómetro de espesor.

En esta zona distinguimos dos cuerpos de intrusivos (principalmente el granito) a diferentes alturas: el batolito de Puruloma y el de Caluma – Echeandía, caracterizados por potente cobertura residual. Estos tienen una alineación predominante de N-S

Los depósitos aluviales corresponden a terrazas de granulometría variable con predominio grueso de más 1 metro de diámetro.

Los depósitos coluviales, presentan bloques de varios metros de diámetro y muestran un potente desarrollo residual. Aparecen como acumulaciones a pie de monte. Las acumulaciones más potentes corresponden a grandes deslizamientos.

En las zonas de cruce da lugar a materiales volcánicos observados en las cotas superiores de la cordillera; los detritos de estos mantos volcánicos han formado acumulaciones que se observan en las vecindades.

En cuanto a la tectónica, el área estudiada esta influenciada por el sistema de fallas del río Chimbo, asociado a una intensa actividad sísmica.

Litología

La región de Caluma y Echeandía presentan las mismas formaciones encontradas correspondiente a:

Formaciones Macuchi, las cuales son de origen predominantemente volcánico, caracterizado por lavas y rocas volcano-clásticas. Se

estima que la formación tiene 6000 m en el área Caluma-Echeandía y la piritita diseminada es característica en la formación.

Intrusiones ácidas a intermedias, estos han sido identificados principalmente como rocas graníticas, aunque existen variaciones locales que ocupan una gama tan amplia como la escala granito-microdiorita.

Las formaciones cuaternarias comprenden a:

- Terrazas indiferenciadas
- Depósitos Coluviales recientes
- Depósitos aluviales recientes

Las terrazas indiferenciadas son potentes acumulaciones de detrito de origen volcánico, consistentes en cenizas, limos, arenas y cantos rodados.

Los depósitos aluviales recientes corresponden a terrazas fluviales de granulometría variable con predominio gruesos, siendo fluyentes bloques de más de 1 m de diámetro.

Los depósitos coluviales, esencialmente inconsolidados, presentan bloques de varios metros de diámetro y muestran un potente desarrollo residual, aparecen principalmente como acumulaciones a pie de monte, con desarrollo y ubicaciones variables, y muestran frecuentemente un potente desarrollo residual.

Geomorfología

El aprovechamiento de Caluma se encuentran en zonas abruptas, con ríos encañonados con cortes en “V” que atestiguan el levantamiento continuo de la región.

2.2.4 Descripciones Geológico-Geotécnicas del esquema Caluma Alto

Rasgos Generales

La alternativas de aprovechamiento en Caluma se ubica en los Ríos Tablas y Escaleras son afluentes del Rio Pita, y este es afluente del Río Catarama, tributario del Río Babahoyo. La alternativa que se considero es la CL-A3, según INECEL entre las cotas 625 m.s.n.m, con la utilización simultánea de las aguas de los Ríos Tablas y Escaleras.

Las características del terreno se encuentran con mayor precisión en el Mapa geológico de Caluma el cual detalla como esta constituido geológicamente cada parte del terreno donde se asentará el Proyecto Caluma Alto, ver Anexo8.

Litología

El lecho rocoso está constituido por la Formación Macuchi y el sector meridional fragmentado del Batolito Puruloma.

En esta región se encuentran lavas y rocas volcanoclásticas variadas de grano grueso en matriz andesíticas. Es posible encontrar metamorfismo de contacto por el efecto del babolito. Se ha efectuado un análisis para definir el grado de meteorización de las andesitas dentro de un rango de frescas (color gris verdoso) hasta descompuestas (café rojizo).

Los aluviales de terrazas son formaciones lenticulares, conglomeráticas a limo arcillosas. Los componentes gruesos son fragmentos de rocas frescas y ligeramente meteorizadas, el espesor de las terrazas aluviales es de mas de 4 metros.

Los suelos residuales de la formación Macuchi se destacan por sus tonalidades anaranjadas; se comportan como suelos plásticos, poco porosos, permeables y firmes.

La pirita diseminada en la Formación Macuchi podría ocasionar, por hidrólisis, corrosiones en el hormigón.

Los depósitos coluviales son potentes a pie de talud; están constituidos básicamente por derrubios que incluyen ocasionalmente bloques de varios metros de diámetro.

Los depósitos aluviales contienen altos porcentajes de cantos rodados y bloques, en matriz de arena fina limosa.

Los suelos residuales son pocos profundos, se han desarrollados en los antiguos coluvios y en mayor grado en las rocas ígneas.

En el cuadro 2.8 describimos las características de los tipos de rocas y suelos:

Cuadro 2.8 Características de tipo de rocas y suelos

Tipo de material	Formación	Características	Detalles prioritarios
Roca	Ignea Metamórfica	Rocas formadas por cristales de minerales	Estructura geológica. Fracturas.
	Sedimentaria (debe definirse el tipo de roca en la forma más detallada posible).	Rocas formadas por granos cementados, depositados en capas.	Planos de estratificación.
Roca meteorizada (saprolito)	Ignea Metamórfica Sedimentaria	Permanecen algunos rasgos de la roca pero ésta se encuentra descompuesta, en las discontinuidades.	Estructura geológica Discontinuidades Estado de meteorización.
Suelo	Residual	Roca meteorizada en la cual ya no aparecen las características físicas de la roca.	Estructura geológica. Discontinuidades. Propiedades fisicoquímicas.
	Aluvial Coluvial. Glacial Loess	Grupos de partículas o bloques de suelo o roca.	Propiedades físicas.
Materiales heterogéneos	Roca, roca meteorizada, suelo.	Mezcla de diversos materiales en un mismo perfil.	Estructura geológica. Discontinuidades. Meteorización. Propiedades fisicoquímicas.

Geomorfología

En cuanto a la geomorfología, la zona es abrupta, especialmente la correspondiente a los ríos Tablas y Escaleras que presentan vertientes muy pronunciadas.

La presencia de superficies rugosas, demuestra el intenso fracturamiento de la roca. El drenaje es paralelo, con un promedio de 6 cauces afluentes por km a lo largo de los ríos Tablas y Escaleras.

Las vertientes presentan diversos grados de estabilidad siendo la más estable, la vertiente septentrional del río Tablas y la más inestable, vertiente norte del Escalera.

La zona alta por encima de la cota 500 m.s.n.m. está caracterizada por la presencia de la Formación Macuchi y el batolito de Puruloma, con pendientes muy fuertes y abundantes depósitos coluviales.

Los fondos de las quebradas muestran afloramientos rocosos, en zona de grandes deslizamientos.

En esta región se encuentra lavas andesíticas y rocas volcanoclásticas de grano grueso en matriz andesíticas.

La presencia de superficies rugosas, demuestran el intenso fracturamiento de la roca.

Aspectos geotécnicos

La toma del río Tablas se ubica sobre depósitos aluviales recientes, contra afloramiento de roca en el margen derecha. En río Escaleras, la toma esta sobre aluviales estables.

Los desarenadores se los haría sobre terrazas aluviales, sin problemas de fundación.

La conducción en el canal atravesaría depósitos aluviales en el primer tramo del río Escaleras, con inestabilidad en las laderas, producto de un deslizamiento antiguo.

La conducción del río Tablas atravesaría roca volcánica masiva con alta fracturación. Luego cruza por el suelo residual potente con huellas de retracción.

En ambos casos se deberá impermeabilizar las cimentaciones y los estribos para evitar filtraciones. Los canales serán excavados indistintamente en suelos residuales y coluviales, pero también en roca andesítica, generalmente fracturada y fresca a medianamente meteorizada.

Los canales deberán ser revestidos, aún en caso de ser excavados en roca, para prevenir filtraciones en diaclasas y planos de estratificación, meteorizados o no.

Los túneles serán excavados en roca, excepto los portales. Se espera que las condiciones de excavación varíen de excelentes a pobres, dependiendo de la litología, meteorización, orientación de diaclasamiento y estratificación, alteración hidrotermal, fallamiento, etc.

Las tuberías de presión cruzarán suelos residuales, coluviales y aluviales y, ocasionalmente, roca. Los anclajes, en los primeros casos, requerirán pesados bloques de gravedad. No se recomienda rellenar la trinchera excavada para la tubería de presión.

Las casas de máquinas que se proponen serán construidas en aluviales, en los cuales se recomienda cimentaciones en zapatas. Aunque no se espera encontrar el lecho rocoso cerca de la superficie en estas áreas, se procurará ajustar las alineaciones de canales y tubería de presión a los sitios rocosos.

CAPITULO III

3 Descripción General del Proyecto

3.1 Introducción

Para el diseño del proyecto Caluma Alto, se ha considerado como base el estudio realizado por INECEL.

Se ha efectuado una actualización de las características principales de las obras; como Obras Civiles, Obras Hidráulicas, Equipo Mecánico y Equipo Eléctrico.

3.2 Esquema del Proyecto

El Proyecto Hidroeléctrico Caluma Alto se encuentra en la Provincia Bolívar, en la Población de Caluma. La cuenca hidrográfica de Caluma forma parte de la cuenca hidrográfica del río Guayas como subcuencas del sistema fluvial del río Babahoyo. El acceso principal a la zona del esquema de Caluma, es desde la carretera principal Quevedo –Daule.

La conducción del aprovechamiento de los ríos Tablas y Escaleras (cota 625 m.s.n.m) se diseñara por medio de canales, el primer canal con una longitud de 2.6 Km; y el segundo canal con una longitud de 2.8 km hasta llegar al tanque de carga (cota 625 m.s.n.m).

La casa de máquinas (cota 525,00 m.s.n.m) aprovecha una caída total de 100m, la descarga se la realiza en la unión de ambos ríos, se encuentra ubicada en la orilla derecha del río Escaleras aproximadamente unos 2 Km. aguas arribas de la confluencia de este con el río Tablas.

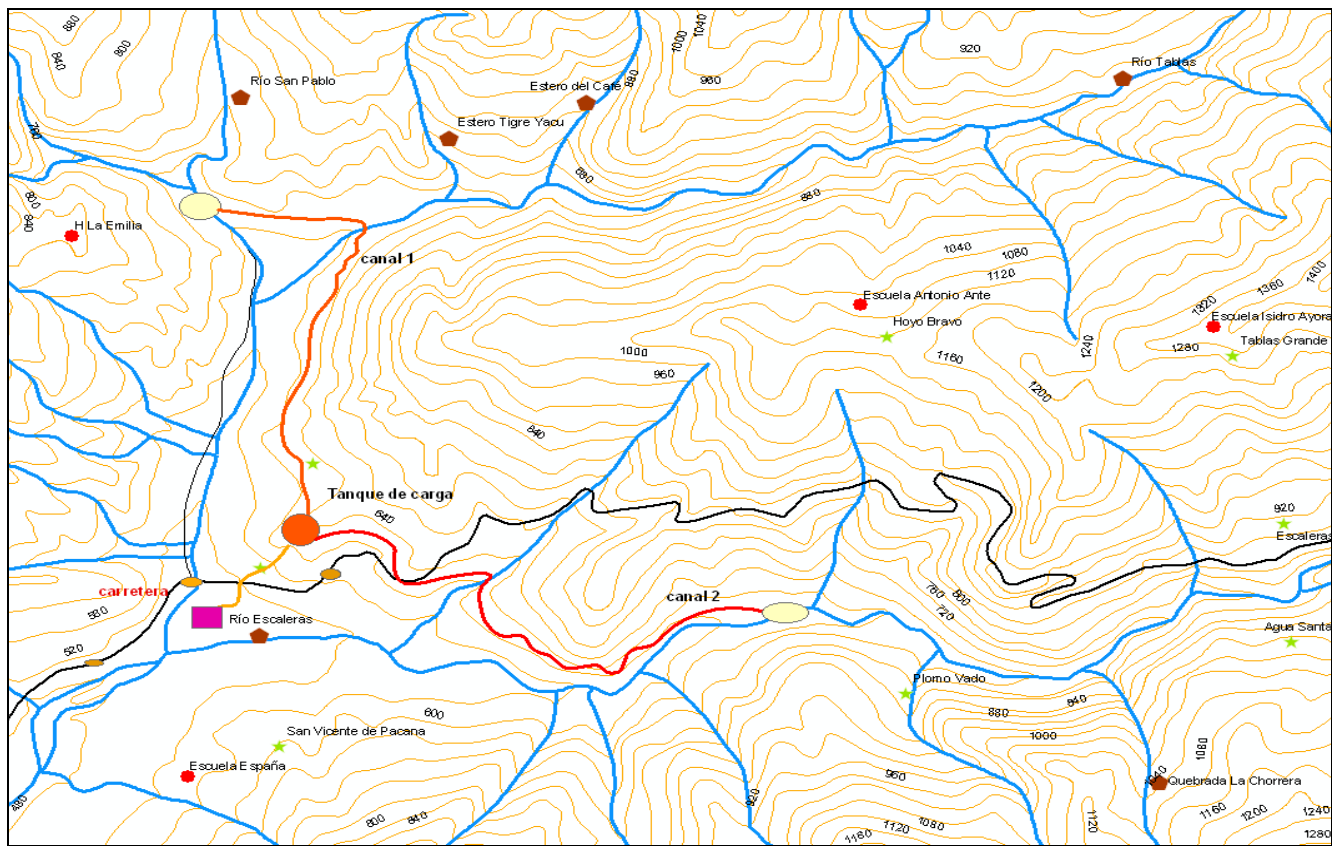
Este esquema está constituido básicamente por: captaciones convencionales y obras anexas en los ríos Tablas y Escaleras respectivamente; canal de conducción; tanque de carga; tubería de presión a cielo abierto; casa de máquinas a cielo abierto y; canal de restitución.

Presentamos las siguientes características del esquema analizado, que se muestran en el cuadro 3.1, En la figura 3.1 se puede observar la implementación del proyecto.

Cuadro 3.1 Características Principales del Proyecto

Potencia Del Proyecto (MW)	6.3
Caída Neta (m)	100 m
Pérdidas Hidráulicas (m)	1.11607
Caudal de Diseño (m3/seg)	5.6 m3/seg
Nivel De Operación del Embalse	625 m
Cota de Restitución con dos unidad trabajando	525 m.s.n.m

Figura 3.1 Implementación General del Proyecto Caluma Alto



3.3 OBRAS CIVILES E HIDRAULICAS

3.3.1 Sistema Hidráulico

El sistema Hidráulico está formado por una conducción a presión y conduce las aguas desde el tanque de carga hasta la casa de máquinas.

Las principales obras civiles son:

- Presa de embalse
- Desarenador
- Reservorio
- Tanque de carga
- Tubería de Presión
- Casa de máquinas
- Canal de Restitución

3.3.2 Presa de embalse

Una presa de embalse es una pared que se coloca en un sitio determinado del cauce de una corriente natural con el objeto de almacenar parte del caudal que transporta la corriente.

La pared debe ser diseñada para que soporte las fuerzas que se generan por la presión del agua. Los tipos de presa mas

utilizados en la actualidad son los de gravedad en concreto, arco en concreto, de tierra y escollera.

La presa de embalse que hemos considerado apropiada para el proyecto propuesto es la de tierra y escollera.

3.3.3 Reservorio de regulación

La determinación de la capacidad del reservorio esta basada en las siguientes condiciones:

- Condiciones Hídricas; consideradas como tales las peores condiciones de afluencia de caudal.
- Condiciones Operacionales; esto es la adaptación de la operación de la central a la curva de carga del sistema.
- Condiciones físicas; es decir condiciones geomorfológicos que permitan su configuración.

El número de horas diarias que la planta puede trabajar en capacidad máxima es de 4 horas, bajo las condiciones del pequeño embalse de regulación diaria.

En nuestra central de pasada consiste en dos pequeños reservorios de regulación diaria, con una altura neta de 100 m,

con un volumen de 35.000 m³, garantizando el ingreso al caudal de diseño a la captación se ha establecido la cota 625 m.s.n.m. como el nivel mínimo de operación, de la misma manera se ha determinado que el nivel normal de operación es la elevación 627m.s.n.m.

3.3.4 Desarenador

El desarenador se encuentra ubicado contiguo a la bocatoma, constará de dos cámaras de sedimentación y una compuerta de limpieza, al final de estas se han previstos ductos de limpieza alineados con el eje de cada cámara.

Tiene las siguientes características técnicas que se muestra en el siguiente cuadro 3.2:

Cuadro 3.2 Características Técnicas del Desarenador

	Río Tablas	Río escaleras	
Numero de cámaras	2	2	
Dimensiones de la compuerta	2.00x1.90	2.00x2.20	m
Caudal de diseño de las compuertas	2.10	3.15	m ³ /seg
Ancho de la cámara	3.00	4.40	m
Longitud útil de la cámara	20.00	20.00	m
Ancho total	6.00	8.80	m
Altura útil de la cámara	2.40	2.40	m
Longitud total del desarenador	31.30	31.30	m

3.3.5 Tanque de Carga

El tanque de carga se encuentra ubicado (625 m.s.n.m) aguas abajo del desarenador, el cual es alimentado por el canal del río Tablas y el río Escaleras, cuyo acceso se lo hará desde la carretera principal.

Los elementos que constituyen esta obra y que se describen en el sentido del flujo son: estructura control provisto de rejilla fina y tanque de carga

Las dimensiones principales de esta obra, que se muestra a continuación:

Elevación del nivel de agua	626.98 m
Elevación mínima del agua	624.98 m
Longitud del tanque	24 m
Ancho del tanque	4 m

3.3.6 Conducción

Las obras de conducción adoptadas para el aprovechamiento prevé un flujo de gravedad y son de dos tipos: en canal abierto, presentado en el siguiente cuadro 3.3.

Cuadro 3.3 Conducción del Río Tablas y Río Escaleras

Canales	Tablas	Escaleras	
Longitud	2600	2890	m
Ancho de la base	1.15	1.50	m
Pendiente	0.00037	0.00033	

La conducción de la tubería de presión tiene su inicio en el tanque de carga con una longitud de 530 m y termina en el distribuidor de la casa de máquinas.

3.3.7 Casa de Máquinas

La casa de máquinas se encuentra a una cota de 525 m.s.n.m en coordenadas $1^{\circ}35,063' S$ y $79^{\circ}13,239'$, desde San Vicente de Pacana hay una vía de acceso de 1500 m de longitud hasta esta.

La Casa de Máquina tiene 2 unidades de 3.25 MW, y con un caudal de $5.6 \text{ m}^3/\text{seg.}$ por unidad. Tiene como dimensiones exteriores una longitud de 47 m y un ancho de 20 m. Está dividida en 5 bloques: la nave de montaje, sala de máquinas con una longitud total de 45m, área para tableros y transformadores, área de operadores. Los equipos que se encuentran en la casa de máquinas se enumeran a continuación:

- Válvula mariposa.
- Turbina Francis de eje horizontal con dispositivos de protección.
- Generador con equipo de interrupción y dispositivos de protección.
- Tableros de cierre (stoplogs).

3.3.8 Canal de Restitución

El canal de restitución recolecta las aguas turbinadas en los dos grupos y las entrega nuevamente al río, aproximadamente a unos 300 m aguas abajo de la central. Los niveles de restitución determinados para diferentes condiciones de operación se indican a continuación: nivel mínimo de descarga con una unidad en operación 523.30 m.s.n.m. Nivel de descarga con dos unidades en operación 524.55 m.s.n.m.

El canal de restitución de sección trapezoidal tiene las siguientes características geométricas:

Ancho en el fondo	1.65 m
Longitud del canal	530 m

3.3.9 Equipo Mecánico y Eléctrico

Se realizó un resumen de los estudios hechos por INECEL, siguiendo un procedimiento similar en lo que respecta al equipo mecánico y eléctrico.

3.3.9.1 Equipo Mecánico

El principal equipo mecánico que se utiliza para la realización del aprovechamiento Caluma Alto, se plantean a continuación:

Turbinas

Las turbinas serán de tipo Francis de eje horizontal y de rodete simple, que operan a una velocidad mínima aproximadamente de 165 rpm.

Válvulas de Entrada

Una válvula de entrada de tipo mariposa será provista para cada turbina entre la turbina de presión y el caracol de la turbina para permitir el desagüe de la misma para

inspección y mantenimiento y también para cierre de emergencia del flujo de agua en el caso de falla de los álabes móviles.

Las válvulas de entrada serán operadas hidráulicamente solamente en la apertura, debiendo ser la operación de cierre mediante contrapeso. El diámetro de la válvula es de aproximadamente 750m.

Reguladores

Los cuales son de tipo electro-hidráulico, cada turbina estará provista de un regulador para mantener una velocidad de la turbina constante mediante la regulación automática de la apertura de los álabes móviles como respuesta a los cambios de carga.

Compuertas del Proyecto

Las compuertas se las ha clasificado en compuertas planas deslizantes, planas con rueda.

Compuertas de Tipo Deslizantes

Serán empleadas en la zona de la bocatoma para permitir o no el paso de agua, para evacuación en labores de limpieza del canal.

Compuertas Planas con Ruedas

Similares a las deslizantes, pero a ser empleadas en condiciones no equilibradas de presión de agua en las dos caras.

3.3.9.2 Equipo Eléctrico

El principal equipo eléctrico que se utiliza para la realización del aprovechamiento Caluna Alto, se plantean a continuación:

Generadores

Los generadores son de 3.25 MVA cada uno, con un factor de potencias de 0.9 inductivo, a 4.16 KV +/- 5%: 60 Hz, 720 rpm.

Disyuntores de Unidad

Realizados los estudios se recomienda disyuntores en SF₆, con mando trifásico con resorte y motor a corriente continua, corriente nominal 500 amperios, corriente de ruptura nominal 25KA, corriente de falla 25 KA; de diseño normalizado.

Cada disyuntor de unidad irá contenido en el cubículo respectivo de 4.16 KV. Los disyuntores serán de tipo extraíbles para mantenimiento y pruebas.

Transformador Principal

Se ha previsto un transformador de 6.5 MVA de 3 devanados 4.16-69 +/- 2 x 2.5% KV – 13.8 KV, 60 Hz, trifásico, sumergido en aceite, para intemperie. Enfriamiento tipo OA/FA, con aire forzado. El bobinado de 4.16 KV estará conectado en triangulo y los de 69 KV y 13.8 KV en estrella con neutro puesto a tierra.

Subestación

El patio de la subestación se ubica en la parte posterior de la casa de máquinas. Del terciario del transformador principal se dispondrá de una capacidad de 4 MVA a 13.8 KV para distribuir a los poblados cercanos a la central. Al transformador se lo ha ubicado convenientemente junto a la casa de máquinas para acortar su conexión mediante cables a la barra general de 4.16 KV así como para dejar libre el espacio necesario para la construcción y montaje de la subestación a 69 KV. La alimentación a las barras de 69 KV parte del seccionador.

CAPITULO IV

4 Presupuesto

4.1 Introducción

El presente capítulo tiene la finalidad de establecer y mostrar los procedimientos hemos realizado para obtener los costo del proyecto Caluma Alto.

Los datos básicos para el cálculo de precios unitarios fueron proporcionados por Hidronación y el Departamento de Planificación en el Consejo Provincial del Guayas, dicha información fue basada en costo de equipos eléctricos y mecánicos, tarifa de los equipos, costo de mano de obra, costo de materiales y su debido transporte al lugar en donde se encuentra ubicado el aprovechamiento.

También se tomo en cuenta los costos indirectos que tiene este tipo de obra para su ejecución.

4.2 Costos Totales de Producción

4.2.1 Costos de los Equipos de Construcción

Se seleccionaron los equipos apropiados con sus respectivos rendimientos para las diferentes actividades a realizar en la construcción de la central. Estos equipos constan de varios factores para el funcionamiento adecuado del mismo y entre los cuales tenemos:

Combustible, Lubricantes, Repuestos, Mantenimiento y Depreciación.

En el Cuadro 4.1 constan los valores de estos factores para los diferentes equipos a utilizar en la construcción:

Cuadro 4.1 Equipos de Construcción

DETALLE DEL EQUIPO	COMBUSTIBLE	LUBRICANTES	REPUESTOS	MANTENIMIENTO	DEPRECIACIÓN	OTROS	TARIFA HORARIA (\$)
Bomba	0.32	0.12	1.04	0.44	2.08		4.00
Cargadora frontal	1.34	0.50	4.37	1.85	8.74		16.80
Compactador pesado manual	0.20	0.08	0.65	0.28	1.30		2.50
Concretera	0.22	0.08	0.72	0.30	1.43		2.75
Equipo topográfico	0.16	0.06	0.52	0.22	1.04		2.00
Excavadora	3.84	1.44	12.48	5.28	24.96		48.00
Mezcladora	0.22	0.08	0.72	0.30	1.43		2.75
Mixer	1.60	0.60	5.20	2.20	10.40		20.00
Motoniveladora	3.20	1.20	10.40	4.40	20.80		40.00
Motosierra	0.16	0.06	0.52	0.22	1.04		2.00
Retroexcavadora	2.52	0.95	8.19	3.47	16.38		31.50
Rodillo p.c. vibratorio	2.40	0.90	7.80	3.30	15.60		30.00
Soldadora eléctrica	0.12	0.05	0.39	0.17	0.78		1.50
Tanquero	1.60	0.60	5.20	2.20	10.40		20.00
Tractor de orugas	5.20	1.95	16.90	7.15	33.80		65.00
Vibrador	0.17	0.06	0.55	0.23	1.09		2.10
Volqueta	1.60	0.60	5.20	2.20	10.40		20.00

Fuente: Consejo Provincial del Guayas

4.2.2 Costos de Equipos Electromecánicos e Hidromecánicos

Los costos de equipo Electromecánicos e Hidromecánicos para el aprovechamiento del proyecto se presenta en el cuadro 4.2:

Cuadro 4.2 Costos de Equipos Electromecánicos e Hidromecánicos

DESCRIPCION	PRECIO TOTAL (\$)
COSTOS DE LOS EQUIPOS ELECTRICOS	
Generadores	734.845.40
Barras de generadores	2.571.56
Cubículo 4,16KV	98.322.56
Transformadores principales	47.208.83
Tableros control / protección	152.114.08
Tableros C alterna y continua	10.737.53
Cables	20.830.10
Equipos contra incendios	1.284.40
Alumbrado	8.260.30
Disyuntor	111.163.74
Seccionadores	51.426.81
Trampa de onda	19.352.64
Pararrayos	22.954.58
Transformadores reductores	50.600.49
Barras y aisladores	20.133.34
Malla de tierra y ductos	9.158.56
Servicios Auxiliares	95.935.56
Estructuras metálicas	40.252.41
SUB-TOTAL =	1.497.152.90

COSTO DE EQUIPOS ELECTROMECHANICOS Y MECANICOS	
Turbinas	661.360.46
reguladores	23.357.77
Válvulas de admisión	23.357.77
punte grúa	19.344.80
sistemas de ventilación y aire	18.096.81
sistema de tratamiento de agua, tuberías y accesorios	16.312.20
compuertas	47.284.53
Línea de transmisión de 69 kV	720.000.00
SUB-TOTAL =	1.529.114.33

4.2.3 Costos de Materiales para la Construcción

Los costos de los principales materiales de construcción, para obtener los precios unitarios se han tomado de la lista de materiales proporcionados por el Consejo Provincial del Guayas:

Se añadió el costo de transporte del material desde la ciudad más cercana hasta el sitio la ubicación del proyecto.

Cuadro 4.3 Costo de Materiales (en dólares)

MATERIAL	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	OTROS	PRECIO FINAL
Acero de perfiles	kg	0,83		0,83
Acero A-588	kg	1,10		1,10
Acero A-588	TM	1.100,00		1.100,00
Acero de refuerzo	kg	0,76		0,76
Acero de refuerzo	TM	760,00		760,00
Agua	m3	0,20		0,20
Alambre de amarre 3zn	kg	1,37		1,37
Alambre galvanizado No. 18	TM	1.140,00		1.140,00
Andamios	gbl	0,20		0,20
Arena	m3	8,13		8,13
Arena fina	m3	8,13		8,13
Bloque hormigón pesado	u	0,39		0,39
Caballote universal	m	7,50		7,50
Cemento gris	kg	0,12		0,12
Cemento Portland	TM	104,87		104,87
Cordón sellante	m	0,05		0,05
Electrodos	kg	2,57		2,57
Encofrado	gbl	30,69		30,69
Enrocado	m3	3,50		3,50
Escollera	m3	2,75		2,75
Eternit	m2	10,00		10,00
Gavión triple torsión	u	25,39		25,39
Grava	m3	11,00		11,00
Malla triplegalvanizada 50-10	m2	3,48		3,48
Material cribado	m3	3,46		3,46
Material impermeable	m3	1,76		1,76
Material de mejoramiento	m3	2,00		2,00
Material unif. Grueso (sub-base) triturado	m3	7,46		7,46
Piedra bola	m3	2,50		2,50
Piedra desplazante	m3	1,40		1,40
Pintura de aluminio	gl	18,35		18,35
Pintura anticorrosiva	gl	15,14		15,14
Pintura de esmalte	gl	13,98		13,98
Plancha galvanizada (1,22x2,44x4mm)	u	69,62		69,62
Ripio triturado	m3	6,07		6,07
Superplastificante	kg	1,98		1,98
Tirafondo 125 mm	u	0,03		0,03
Tubería de láminas estructurales (Empenable MP-100 d	m	227,36		227,36
Tubería HG 2"	u	25,24		25,24
Tubería PVC 8"	m	11,20		11,20

Fuente: Consejo Provincial del Guayas

4.2.4 Costo de Mano de Obra

Se ha considerado que toda la mano de obra será nacional, y si se necesitara de la participación extranjera esta se incluiría en el rubro correspondiente.

Las condiciones básicas para el cálculo del costo de la mano de obra son: el salario básico para las diferentes categorías de obreros, en base a las últimas disposiciones del Código de Trabajo, decreto y acuerdos ministeriales.

También se consideró 40 horas de trabajo por semana, 235 días laborables en el año y salarios mínimos normales establecidos para las diversas categorías por las comisiones sectoriales del ministerio de trabajo.

Las remuneraciones y cargas sociales establecidas por el código de Trabajo como IESS, SECAP, IECE, décimo tercer sueldo, el décimo cuarto sueldo, etc. Estos valores se pueden apreciar en el Cuadro 4.4

Cuadro 4.4 Costos de Mano de Obra (en dólares)

CATEGORIA/CARGO	CAT I	CAT. II	CAT. III	CAT IV	CAT V	O.E.P. 1
SALARIO DIARIO UNIFICADO NOMINAL (1)	5.51	5.59	5.65	5.76	5.87	6.21
MENSUAL NOMINAL (2)	165.39	167.65	169.36	172.78	175.99	186.23
ANUAL NOMINAL	1.984.63	2.011.83	2.032.37	2.073.31	2.111.90	2.234.72
COMPONENTES SALARIALES EN PROCESO DE INCORPORACION						
TRANSPORTE						
13er SUELDO	165.39	167.65	169.36	172.78	175.99	186.23
14vo SUELDO	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00
APORTE PATRONAL (3)	241.13	244.44	246.93	251.91	256.60	271.52
FONDO DE RESERVA	165.39	167.65	169.36	172.78	175.99	186.23
OTROS CODIGO DE TRABAJO (4)						
TOTAL ANUAL	2.716.53	2.751.58	2.778.03	2.830.77	2.880.48	3.038.69
TOTAL MENSUAL	226.38	229.30	231.50	235.90	240.04	253.22
FACTOR DE SALARIO REAL	2.13	2.12	2.12	2.12	2.12	2.11
MENSUAL REAL	226.38	229.30	231.50	235.90	240.04	253.22
COSTO HORARIO	1.47	1.48	1.50	1.53	1.55	1.64

CATEGORIA/CARGO	O.E.P. 2	SIN TITULO Ayudante de maquinaria	SOLDADOR Eléctrico acetileno	CHOFER TIPO D	CHOFER TIPO E	TOPOGRAFO 4
SALARIO DIARIO UNIFICADO NOMINAL (1)	5.99	5.65	6.22	5.75	5.80	5.88
MENSUAL NOMINAL (2)	179.65	169.43	186.48	172.46	173.97	176.31
ANUAL NOMINAL	2.155.85	2.033.16	2.237.73	2.069.52	2.087.70	2.115.69
COMPONENTES SALARIALES EN PROCESO						
TRANSPORTE						
13er SUELDO	179.65	169.43	186.48	172.46	173.97	176.31
14vo SUELDO	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00
APORTE PATRONAL (3)	261.94	247.03	271.88	251.45	253.66	257.06
FONDO DE RESERVA	179.65	169.43	186.48	172.46	173.97	176.31
OTROS CODIGO DE TRABAJO (4)						
TOTAL ANUAL	2.937.09	2.779.04	3.042.56	2.825.88	2.849.30	2.885.36
TOTAL MENSUAL	244.76	231.59	253.55	235.49	237.44	240.45
FACTOR DE SALARIO REAL	2.12	2.12	2.11	2.12	2.12	2.12
MENSUAL REAL	244.76	231.59	253.55	235.49	237.44	240.45
COSTO HORARIO	1.58	1.50	1.64	1.52	1.54	1.56

Fuente: Consejo Provincial del Guayas

4.3 Resumen de los Costos Totales del Proyecto

En el Cuadro 4.5 se presenta el costo total del proyecto tomando en consideración los costos de las obras civiles, equipos electromecánicos y los equipos hidromecánicos.

Cuadro 4.5 Resumen de los Costo Totales

RESUMEN GENERAL :	SUBTOTAL USD/Americanos	%
OBRA CIVIL	4.580.750.29	60.22%
Azud y Bocatoma	486.292.00	6.39%
Desarenador	527.385.00	6.93%
Conduccion Canal	1.669.413.16	21.95%
Conduccion Tunel	-	0.00%
Aliviaderos Tipo	451.524.00	5.94%
Pasos de Agua	-	0.00%
Reservorio de Regulacion Diaria	427.844.00	5.62%
Tanque de Carga	188.136.00	2.47%
Tuberia de Presion	457.368.87	6.01%
Casa de Maquinas	197.702.00	2.60%
Canal de Restitucion	44.811.05	0.59%
Caminos de Acceso	130.274.20	1.71%
EQUIPOS	3.026.267.23	39.78%
Equipos Eléctricos	1.497.152.90	19.68%
Equipos Electromecánicos	1.529.114.33	20.10%
COSTO DIRECTO DE CONSTRUCCION =	7.607.017.52	100.0%
(10%) Ingeniería y Administración =	760.701.75	
(8%) Imprevistos =	669.417.54	
Inversion total del Proyecto =	9.037.136.81	

CAPITULO V

5 Producciones Energéticas

5.1 Generalidades

Basados en el historial de caudales desde 1965 – 1999 de la estación Echeandía en Echeandía, fue posible la determinación de los caudales en ese período de años para el punto de captación del esquema Caluma Alto. Esta serie de caudales medios sirvieron como estadística para la elaboración de la serie sintética en la determinación de la producción de energía para los próximos 100 años. El estudio de las producciones energéticas es fundamental para la determinación de los beneficios que ingresarán al proyecto durante su período de vida, y así mediante el estudio económico respectivo concluir si es factible o no el desarrollo del proyecto.

Para la elaboración de la serie sintética se utilizó la herramienta PFIRM que es un software que utiliza modelos estocásticos para la elaboración de estas series. Mediante la simulación es posible determinar la generación mensual, caudales turbinados, operación de embalse, excedencias, producción firme, etc.

Para mayor detalle sobre la utilización del PFIRM y la metodología en la utilización de estos modelos estadísticos por favor referirse a la tesis Modelación de la Operación de Embalse.

5.2 Metodología de Cálculo

Para la utilización del software en la simulación de las producciones energéticas del esquema Caluma Alto, es necesario plantear las características principales del proyecto, la hidrología correspondiente en el punto de captación y otros parámetros como niveles de embalse y restitución. A continuación se plantea paso a paso el procedimiento para la introducción de los datos en el PFIRM y la descripción de cada uno de los requerimientos del simulador:

5.2.1 Datos Generales para la Operación del Sistema.

Los criterios en la operación del sistema son los que constan en la Figura 5.1. Como se puede observar se consideró el 97% de garantía anual y mensual tanto para la energía y capacidad firme. Este criterio fue tomado en base de que usualmente se utiliza el 90% de garantía para estos parámetros siendo así el 97% una mayor seguridad.

Se consideró también el 0% para máximo déficit y error admisible debido a que no se considera déficit de energía o capacidad firme para un año o mes fallido. Finalmente el número de horas diarias que la planta puede trabajar en capacidad máxima es de 4 horas

considerado bajo las condiciones del pequeño embalse de regulación diaria.

Figura 5.1 Datos Generales para la Operación del Sistema

Operation Criteria	Value
Guarantee for Annual Firm Peak Capacity (%)	97.0
Guarantee for Annual Firm Energy (%)	97.0
Guarantee for Monthly Firm Peak Capacity (%)	97.0
Guarantee for Monthly Firm Energy (%)	97.0
Maximum Admissible Deficit (% of Mean Inflow)	0.0
Maximum Admissible Error (% of Mean Inflow)	0.0
Average Working-Day Peak Period (hours)	4.0

Fuente: Simulador PFIRM

5.2.2 Datos de Diseño de la Planta.

El proyecto Caluma Alto es considerado como una central de pasada con dos pequeño reservorio de regulación diaria con capacidad instalada de 6.5 MW, altura neta de 100 m y caudal de diseño de 5.6 m³/seg. También se consideró los valores de eficiencia de la turbina y del generador en 92 y 98% respectivamente, la elevación del reservorio se mantiene en 625 m. Finalmente se asumió un 3% como factor de salida forzado.

Todos los valores de diseño fueron obtenidos de los estudios del INECEL menos el porcentaje de salida forzado el cual fue asumido en base a otras simulaciones. En la Figura 5.2 podemos observar la ventana del PFIRM en donde se ingresan los datos del diseño de planta.

Figura 5.2 Datos de Diseño de la Planta

Design Data	
Type:	Run-of-the-River Plant
Design Capacity (MW):	6.50
Design Head (m):	100.00
Design Discharge (m3/s):	5.60
Turbine Efficiency (%):	92.00
Generator Efficiency (%):	98.00
Forced Outage Factor (%):	3.00
Max Reservoir Elevation (m):	625.00
Min Reservoir Elevation (m):	625.00

Name of the Facility: Caluma Alto

Buttons: Help, Print, Clear, Cancel, <<, >>, OK

Fuente: Simulador PFIRM

5.2.3 Datos del Reservorio y Coeficiente Energético.

Debido a que el proyecto Caluma Alto es considerado como una central de pasada, no se aplica la curva de elevación del reservorio.

Para la curva de elevación en el punto 1 y en el punto 2 la elevación se mantiene en 525.00 m con un caudal de 5.6 m³/seg y 4.40 m³/seg

respectivamente, el punto 3 (elevación de 524.96 con caudal de 3.50 m³/seg) y el punto 4 (elevación de 524.95 con caudal de 2.50 m³/seg).

Para las pérdidas hidráulicas se analizó las pérdidas con respecto al caudal, variando los caudales aleatoriamente.

Con una capacidad de abastecimiento de aproximadamente 4 horas, se analiza que el reservorio de Energía diaria es de 24 MWh.

Todos estos datos fueron colocados en la ventana de Pfirm mostrada en la figura 5.3.

Figura 5.3 Datos del Reservorio y Coeficiente Energético

Firm Energy Model - Reservoir Data

Reservoir Elevation Curve			
	Elevation (m)	Volume (Hm3)	Area (Km2)
Point 1	0,00	0,00	0,00
Point 2	0,00	0,00	0,00
Point 3	0,00	0,00	0,00
Point 4	0,00	0,00	0,00

Tailwater Elevation Curve		
	Elevation (m)	Inflow (m3/s)
Point 1	525,00	5,60
Point 2	525,00	4,40
Point 3	524,95	3,50
Point 4	524,95	2,50

Hydraulic Losses		
	Losses (m)	Discharge (m3/s)
Point 1	1,12	5,60
Point 2	1,98	4,40
Point 3	2,86	3,50
Point 4	5,60	2,50

Volume (Million m3):

Area (Km2):

Tailwater Elevation (m)
 $E = 0,00000E+00 + 0,00000E+00*Q + 0,00000E+00*Q^2 + 0,00000E+00*Q^3$

Hydraulic Losses (m)
 $L = 0,00000E+00 + 0,00000E+00*Q + 0,00000E+00*Q^2 + 0,00000E+00*Q^3$

Run-of-the-River Plants

Site Name: 11

Daily/Weekly Storage (MWh)

Maximum Discharge (m3/s)

Buttons: Help, Print, Clear, Cancel, <<, >>, OK

Fuente: Simulador PFIRM

5.2.4 Datos de Diversificación como una Función del Nivel del Reservorio.

En esta sección no se ingresaron datos debido a que la central no exporta caudal para otro aprovechamiento.

5.2.5 Datos de Exportación como una función del nivel del reservorio.

La exportación (caudal ecológico) fue considerado directamente en la serie de caudales promedio mensuales ingresados posteriormente en la ventana de caudales naturales, por lo que en esta sección no se ingresaron datos.

5.2.6 Datos de Simulación de la Operación.

En la ventana de simulación de la operación es necesario ingresar los datos de descarga mínima y máxima en la sección Planta, para este caso se consideró un caudal mínimo de 0.20 m³/seg y un máximo de 5.6 m³/seg, de esta manera se proporciona un rango aceptable entre lo mínimo posible y lo máximo obtenido del diseño como límites en la simulación. Se asumió un porcentaje de paro planificado del 10% en los meses de Octubre, Noviembre, Diciembre, Enero, Febrero y Marzo los cuales corresponde a la hidrología más seca. En la Figura 5.4 se puede apreciar los datos ingresados de esta sección.

Figura 5.4 Datos de Simulación de la Operación

Month	Plant			Reservoir			
	Q Min (m ³ /s)	Q Max (m ³ /s)	Planned Outage (%)	Min Elev. (m)	Max Elev. (m)	Evaporation (mm)	QFirm Distr. (%)
January	0.20	5.60	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00
February	0.20	5.60	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00
March	0.20	5.60	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00
April	0.20	5.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
May	0.20	5.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
June	0.20	5.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
July	0.20	5.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
August	0.20	5.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
September	0.20	5.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
October	0.20	5.60	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00
November	0.20	5.60	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00
December	0.20	5.60	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Site Name: Caluma Alto 11

Buttons: Help, Print, Clear, Cancel, <<, >>, OK

Fuente: Simulador PFIRM

5.2.7 Datos de Caudales Naturales y cálculo del Caudal Ecológico.

En la Figura 5.5 se puede observar los datos de los caudales mensuales ingresados en el PFIRM. Para el efecto fue necesario retomar la serie de caudales promedio mensuales del esquema Caluma Alto obtenida en el estudio hidrológico de la presente tesis. A cada uno de los valores mensuales de caudales se le restó lo correspondiente al caudal ecológico el cual fue estimado como el 10% del caudal promedio multianual, a continuación el cálculo:

$$\text{Caudal}_{\text{promedio}_{\text{multianual}}} = 9.155 \text{m}^3 / \text{seg}$$

$$\text{Caudal}_{\text{ecológico}} = 0.1 * \text{Caudal}_{\text{promedio}_{\text{multianual}}}$$

$$\text{Caudal}_{\text{ecológico}} = 0.1 * 9.155$$

$$\text{Caudal}_{\text{ecológico}} = 0.915 \text{m}^3 / \text{seg}$$

El Caudal Ecológico es el caudal mínimo necesario para asegurar la supervivencia de un ecosistema acuático preestablecido (caudal mínimo aconsejable) y puede ser considerado como el 10% del caudal medio anual. En el Cuadro 5.1 se presenta la serie de caudales promedios menos el caudal ecológico que se ingresaron en el PFIRM. En la Figura 5.5 podemos tener una perspectiva visual de los datos en la ventana de caudales naturales del simulador.

Cuadro 5.1 Serie de caudales promedio actualizado del Aprovechamiento Caluma Alto menos el caudal ecológico

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
1965	11,45	20,26	25,57	31,59	32,15	13,81	7,15	4,09	3,28	2,92	3,50	3,07
1966	9,60	17,49	15,17	8,60	7,35	4,97	3,61	3,05	1,62	1,59	1,27	1,50
1967	7,90	13,36	12,37	6,79	6,25	4,56	3,15	1,84	1,38	1,21	0,93	1,10
1968	4,03	8,64	10,04	8,02	4,68	3,22	1,89	1,34	1,12	1,10	0,90	1,14
1969	3,98	5,82	9,89	15,71	11,22	5,77	4,40	3,50	2,80	1,17	1,17	2,19
1970	8,31	12,48	10,94	12,39	13,26	6,55	3,95	3,38	2,95	2,07	1,52	2,37
1971	6,12	14,22	19,90	10,99	6,51	4,08	2,79	1,82	1,51	1,32	1,10	1,91
1972	10,47	13,45	26,65	17,23	12,07	12,90	9,27	6,63	5,57	5,10	4,76	8,68
1973	14,31	19,92	15,33	13,99	11,71	6,95	4,49	3,27	2,96	2,68	2,28	2,50
1974	4,79	11,71	13,67	6,82	8,64	4,87	3,46	2,60	2,24	2,31	2,18	4,75
1975	10,99	18,01	16,85	14,09	10,53	6,83	4,51	3,33	2,72	2,54	2,15	2,19
1976	10,31	19,76	20,10	14,80	11,98	7,12	4,58	3,22	2,53	2,01	1,97	3,09
1977	7,38	11,72	14,59	11,10	7,58	4,54	3,20	2,51	2,11	1,82	1,43	1,82
1978	7,01	11,64	13,48	12,17	10,04	5,32	3,43	0,20	0,23	1,90	1,53	2,36
1979	6,27	12,56	21,66	5,69	6,76	6,06	3,39	2,48	2,09	1,81	1,35	2,94
1980	2,95	16,01	12,81	19,60	14,68	7,38	4,04	2,78	1,98	1,67	1,43	4,34
1981	5,87	21,10	20,39	13,45	21,82	4,39	3,56	3,12	2,87	2,90	2,93	3,13
1982	9,29	18,68	14,38	9,90	7,44	4,59	3,70	2,48	2,12	3,37	16,01	25,78
1983	34,10	33,44	34,12	28,78	39,14	11,25	13,42	7,78	5,66	5,32	4,66	0,57
1984	9,09	23,70	30,71	18,08	12,66	5,57	4,02	2,79	4,03	1,97	1,29	3,71
1985	10,12	11,49	20,46	9,68	8,47	4,48	3,28	2,76	2,51	3,59	3,44	2,42
1986	9,49	14,47	13,33	14,32	9,67	4,57	3,12	2,44	2,57	2,53	2,43	2,37
1987	12,23	21,55	26,86	20,45	19,95	7,60	3,32	2,09	1,24	0,81	0,83	1,12
1988	9,79	23,19	16,98	14,55	15,30	5,09	2,67	1,57	1,00	0,74	0,55	0,72
1989	11,91	26,85	26,16	19,48	14,08	6,19	3,84	2,47	1,83	1,91	2,56	2,51
1990	3,63	13,62	11,28	12,73	9,44	4,92	3,01	2,02	1,41	1,20	0,94	2,01
1991	5,53	19,25	17,50	12,64	10,79	5,28	3,18	2,03	1,47	1,12	0,97	2,11
1992	12,80	23,99	36,12	24,11	23,58	11,93	4,62	2,35	1,26	0,83	0,65	0,95
1993	4,28	24,09	27,78	22,42	15,25	5,99	2,82	1,73	1,20	0,65	2,62	1,63
1994	10,13	21,70	18,93	18,95	11,65	3,99	1,74	0,98	0,79	0,37	0,30	2,19
1995	9,78	19,11	9,77	9,29	5,73	3,55	2,43	2,12	1,01	0,65	0,67	0,79
1996	4,75	21,84	18,61	11,41	7,44	3,41	2,33	0,95	0,60	0,47	0,55	0,75
1997	5,74	13,82	19,23	13,57	13,42	11,18	5,19	4,87	5,44	7,08	13,75	19,67
1998	20,73	21,16	18,87	17,38	13,67	4,47	3,72	2,93	2,73	1,61	2,56	0,47
1999	4,44	19,85	19,89	13,74	17,63	20,96	17,07	21,03	18,14	13,41	2,56	3,49

Figura 5.5 Datos de Caudales Naturales

PFIRM: Natural Inflow Data (m3/s)													
Years	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Average
1973	14,31	19,92	15,33	13,99	11,71	6,95	4,49	3,27	2,96	2,68	2,28	2,50	8,29
1974	4,79	11,71	13,67	6,82	8,64	4,87	3,46	2,60	2,24	2,31	2,18	4,75	5,64
1975	10,99	18,01	16,85	14,09	10,53	6,83	4,51	3,33	2,72	2,54	2,15	2,19	7,83
1976	10,31	19,76	20,10	14,80	11,98	7,12	4,58	3,22	2,53	2,01	1,97	3,09	8,38
1977	7,38	11,72	14,59	11,10	7,58	4,54	3,20	2,51	2,11	1,82	1,43	1,82	5,78
1978	7,01	11,74	13,48	12,17	10,04	5,32	3,43	0,20	0,23	1,90	1,53	2,36	5,73
1979	6,27	12,56	21,66	5,69	6,76	6,06	3,39	2,48	2,09	1,81	1,35	2,94	6,06
1980	2,95	16,01	12,81	19,60	14,68	7,38	4,04	2,78	1,98	1,67	1,43	4,34	7,40
1981	5,87	21,10	20,39	13,45	21,82	4,39	3,56	3,12	2,87	2,90	2,93	3,13	8,72
1982	9,29	12,68	14,38	9,90	7,44	4,59	3,70	2,48	2,12	3,37	16,01	25,78	9,30
1983	34,10	33,44	34,12	28,68	39,14	11,25	13,42	7,78	5,66	5,32	4,66	0,57	18,11
1984	9,09	23,70	30,71	18,08	12,66	5,57	4,02	2,79	4,03	1,97	1,29	3,71	9,72
1985	10,12	11,49	20,46	9,68	8,47	4,48	3,28	2,76	2,51	3,59	3,44	2,42	6,87
1986	9,49	14,47	13,33	14,32	9,67	4,57	3,12	2,44	2,57	2,53	2,43	2,37	6,72
1987	12,23	21,55	26,86	20,45	19,95	7,60	3,32	2,09	1,24	0,81	0,83	1,12	9,77
1988	9,79	23,19	16,98	14,55	15,30	5,09	2,67	1,57	1,00	0,74	0,55	0,72	7,58
1989	11,91	26,85	26,16	19,48	14,08	6,19	3,87	2,47	1,83	1,91	2,56	2,51	9,87
1990	3,63	16,62	11,28	12,73	9,44	4,92	3,01	2,02	1,41	1,20	0,94	2,01	5,69
1991	5,53	19,25	17,50	12,64	10,79	5,28	3,18	2,03	1,47	1,12	0,97	2,11	6,74
1992	12,80	23,99	36,12	24,11	23,58	11,93	4,62	2,35	1,26	0,83	0,65	0,95	11,86
1993	4,28	24,09	27,78	22,42	15,25	5,99	2,82	1,73	1,20	0,65	2,62	1,63	9,10
1994	10,13	21,70	18,93	18,95	11,65	3,99	1,74	0,98	0,79	0,37	0,30	2,19	7,55
1995	9,78	19,11	9,77	9,29	5,73	3,55	2,43	2,12	1,01	0,65	0,67	0,79	5,32
1996	4,75	21,84	18,61	11,41	7,44	3,41	2,33	0,95	0,60	0,47	0,55	0,75	5,99
1997	5,74	13,82	19,23	13,57	13,42	11,18	5,19	4,87	5,44	7,08	13,75	19,67	11,06
1998	20,73	21,16	18,87	17,38	13,67	4,47	3,72	2,93	2,73	1,61	2,56	0,47	9,12
1999	4,44	19,85	19,89	13,74	17,63	20,96	17,07	21,03	18,14	13,41	2,56	3,49	14,31
Average	8,87	17,63	18,61	14,70	12,93	6,70	4,41	3,36	2,71	2,39	2,56	3,50	8,14

Inflow Site: Caluma Alto 11 Excluded from calculations? Check the box here ---->>>

Fuente: Simulador PFIRM

5.3 Resultados de la Simulación

En el Cuadro 5.2 se presenta el resumen de los resultados principales de la simulación, este resumen consta de promedios mensuales para 100 años de operación de la central los cuales nos proporcionan una perspectiva general de las producciones energéticas con respecto a cada mes del año. También podemos observar en la Gráfica 5.1 la curva sintética de duración de energía anual generada para 100 años.

Cuadro 5.2 Resumen de Resultados

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio
Caudales promedios de la serie sintética generada para 100 años (m3/seg)	8,80	17,26	18,90	14,87	12,67	6,03	3,95	3,03	2,53	2,30	2,68	3,15	7,95
Caudal turbinado promedios generado para 100 años (m3/seg)	3,92	4,30	4,80	5,30	4,97	4,27	3,35	2,61	2,35	2,20	2,30	2,39	3,56
Caudal excedente promedios generado para 100 años (m3/seg)	4,87	12,96	14,10	9,57	7,70	1,75	0,59	0,42	0,18	0,10	0,39	0,76	4,40
Capacidad máxima promedio mensual generado para 100 años (MW)	3,65	3,76	4,20	4,74	4,55	4,33	3,94	3,51	3,43	3,19	2,73	2,57	3,72
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Energía anual Promedio
Generación promedio mensual generado para 100 años	2,71	3,43	5,25	4,40	4,14	2,72	2,15	1,66	1,44	1,38	1,41	1,52	32,43
Producción Firme													
Energía Firme (GWh)	12,44												
Capacidad Firme (MW)	1,93												

Fuente: Simulador PFIRM, Investigación Propia

5.3.1 Caudales de la Serie Sintética Generada.

Los promedios del Cuadro 5.2 nos proporcionan índices en los cuales podemos observar que en el mes de Marzo se presenta el mayor caudal con $18.90 \text{ m}^3/\text{seg}$ y el mínimo en el mes de Octubre con $2.30 \text{ m}^3/\text{seg}$. Entre los meses de Enero y Junio se presenta la hidrología con mayores caudales mientras que los meses de Julio y Diciembre la hidrología es considerada como seca. El promedio de los caudales es de $7.95 \text{ m}^3/\text{seg}$.

5.3.2 Caudal Turbinado.

El caudal turbinado posee valores máximos entre los meses de Enero y Junio los cuales corresponden a los meses de mayores caudales de la serie sintética. El valor máximo corresponde al mes de Abril con $5.30 \text{ m}^3/\text{seg}$ y el mínimo al mes de Octubre con $2.20 \text{ m}^3/\text{seg}$. Se podría decir que mensualmente es turbinado $3.56 \text{ m}^3/\text{seg}$.

5.3.3 Caudal Excedente.

Los meses de mayor excedencia están entre Enero y Mayo con una excedencia máxima en el mes de Marzo ($14.10 \text{ m}^3/\text{seg}$) y una mínima en Octubre ($0.10 \text{ m}^3/\text{seg}$). Los valores en el Cuadro 2 nos indican que la central aprovechará casi todo el caudal entre los meses de Junio y Diciembre pues la excedencia es mínima mientras que entre Enero y Mayo existen gran cantidad de agua la cual es vertida.

Cabe recalcar que a estos valores de excedencia es necesario sumar 0.915 m³/seg del caudal ecológico lo cual además de proporcionar gran cantidad de agua vertida durante estos meses se proporciona también el caudal necesario para preservar el ecosistema acuático. Se puede decir que mensualmente se vierte un promedio de 4.40 m³/seg sin considerar el caudal ecológico.

5.3.4 Capacidad máxima y relación con la Capacidad Instalada.

El aprovechamiento Caluma Alto según la simulación es capaz de proporcionar una capacidad máxima promedio en ciertos instantes en un mes superior a la capacidad garantizada (1.93 MW). Podemos observar que entre los meses de Marzo y Junio la capacidad máxima a la cual puede llegar la central supera los 4 MW. La mínima promedio está en el mes de Diciembre con 2.57 MW.

Hay que tomar en cuenta que existen meses del período húmedo en el cual se aprovecha casi toda la capacidad mientras que en los meses del período seco la capacidad disminuye significativamente.

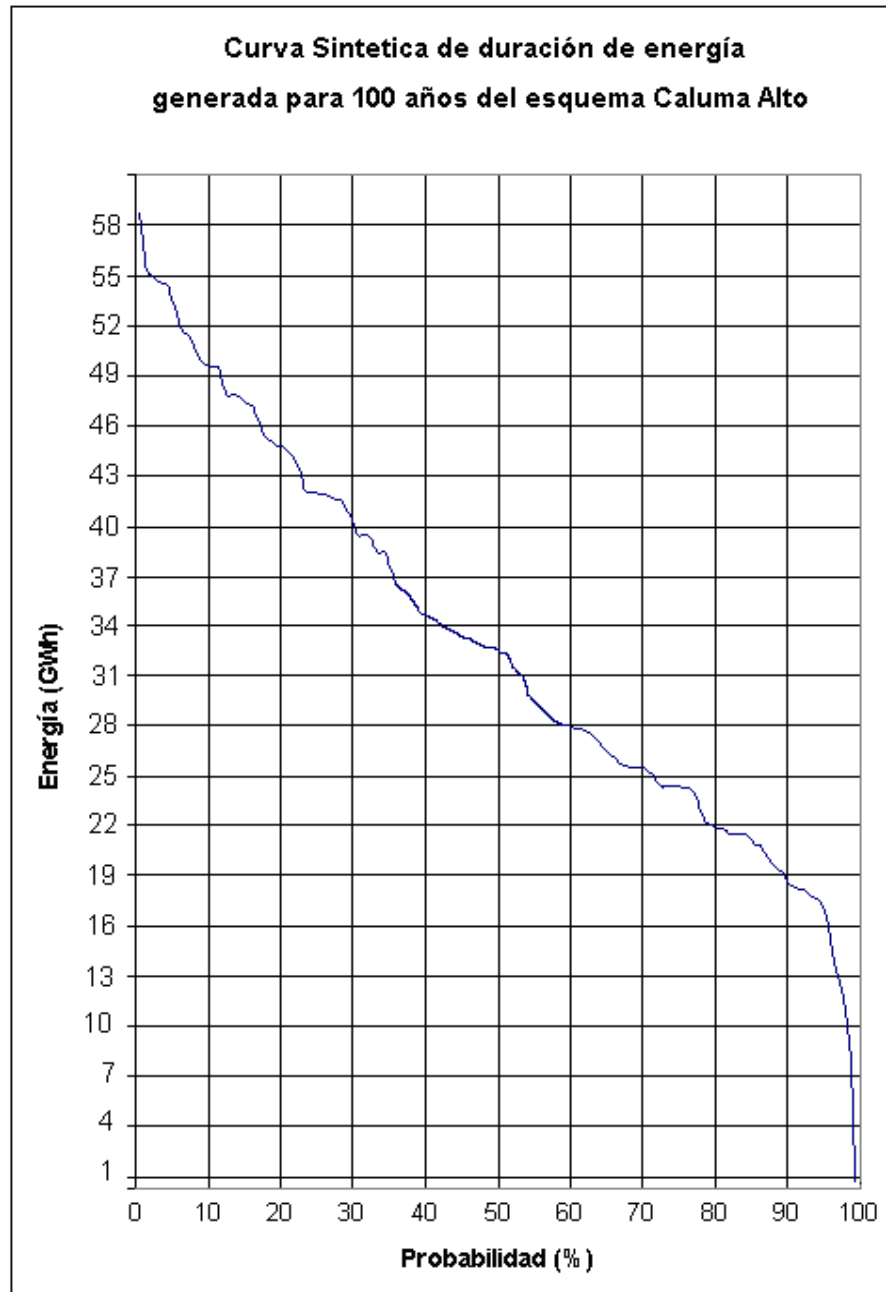
5.3.5 Generación Promedio Mensual.

En esta sección se establece la cantidad de energía que la central puede generar en promedio por mes proporcionando así valores máximos entre los meses de Febrero y Mayo. La producción anual promedio es de 32.43 GWh presentando una máxima en el mes de Marzo (5.25 GWh) y mínima en el mes de Octubre (1.38 GWh).

5.4 Curva de duración de energía y energía firme.

En la Gráfica 5.1 podemos observar la curva de duración de energía anual generada por el proyecto. Bajo el nivel de seguridad propuesto del 97% en la curva podemos tener una energía firme de 12.44 GWh, y con 50% una energía anual de 33 GWh.

Gráfica 5.1 Curva Sintética de duración de energía generada para 100 años del Esquema Caluma Alto



CAPITULO VI

6 Evaluación Económica

6.1 Introducción

Para la respectiva evaluación económica del proyecto Caluma Alto se determinaron los ingresos correspondientes por producción de energía de la central bajo la suposición de ventas en el mercado de contratos, los costos debido a operación y mantenimiento y la inversión necesaria para la construcción.

6.2 Determinación de la Remuneración por Energía en el Mercado de Contratos.

La remuneración por energía en el mercado de contratos para la componente de energía fue necesario establecer los criterios para la obtención del costo marginal y el factor de nodo correspondiente a la central en estudio.

Cálculo de la remuneración por Energía

Actualmente la energía es remunerada al precio de \$5.70/KW-mes y para el cálculo se multiplicó éste valor por el de la energía a remunerar obtenida del Anexo13. Los valores obtenidos son los correspondientes al mes por lo que en el Cuadro 6.1 presenta la remuneración anual por energía.

Cuadro 6.1

Ingresos totales por concepto de venta de energía

Años	Energía remunerada
2011	1,881
2012	1,881
2013	1,881
2014	1,881
2015	1,881
2016	1,881
2017	1,881
2018	1,881
2019	1,881
2020	1,881
2021	1,881
2022	1,881
2023	1,881
2024	1,881
2025	1,881
2026	1,881
2027	1,881
2028	1,881
2029	1,881
2030	1,881
2031	1,881
2032	1,881
2033	1,881
2034	1,881
2035	1,881
2036	1,881
2037	1,881
2038	1,881
2039	1,881
2040	1,881
2041	1,881
2042	1,881
2043	1,881
2044	1,881
2045	1,881
2046	1,881
2047	1,881
2048	1,881
2049	1,881
2050	1,881
2051	1,881
2052	1,881
2053	1,881
2054	1,881
2055	1,881
2056	1,881
2057	1,881
2058	1,881
2059	1,881
2060	1,881
2061	1,881

Fuente: Investigación Propia

6.3 Hipótesis de Cálculo

Una vez obtenidos los ingresos y el presupuesto para la construcción, se planteo el financiamiento respectivo para el proyecto así como la vida útil, número de años de construcción y costos operativos y de mantenimiento, ver Anexo14.

Además se tomó en cuenta la obtención de un Certificado a la Reducción de Emisión de Carbono (CER) lo cual representa el financiamiento del 15% de la inversión total del proyecto.

Para el financiamiento se consideró la posibilidad de 3 créditos a 13 años al 8% de interés. Todos estos créditos se los debe obtener de un banco internacional. Los créditos representan el 100% del presupuesto con 3 años de gracia.

Los tres años de gracias se los da con la finalidad de otorgar al inversionista un plazo para la construcción adecuada del proyecto, este plazo es desde el año 2008 al 2011. A partir del año 2011 entrará en operación la central y teniendo en consideración que la vida útil del proyecto es de 50 años se realizará el estudio.

Los costos operativos fueron estimados en base a los costos variables de una central modelo la misma. Los costos variables de esta central son estimados en \$0.02/KWh el cual fue tomado como referencia para

el esquema Caluma Bajo. El análisis se lo realizó para una tasa de interés del 8%. En el Cuadro 6.4 se observa un resumen de los parámetros para la evaluación.

Cuadro 6.2 Resumen de los Parámetros para la Evaluación Económica

Costos O&M	\$ 0,02/KWh
Vida útil	50 años
Años de construcción	3
Financiamiento	
N° de créditos	3
Interés	12%
Plazo	13 años
Años de gracia	3

Fuente: Investigación Propia

6.4 Resultados TIR y VAN

Con los datos obtenidos previo a esta sección se realizó el análisis económico respectivo para la determinación de los índices económicos que ayudaron a interpretar si el proyecto es o no rentable. En el Anexo 15 se presentan los resultados de éste análisis.

Los resultados indican un VAN de 1 millón doce mil setecientos cinco dólares con signo positivo lo que demuestra que el proyecto es rentable bajo las consideraciones e hipótesis asumidas anteriormente. De la misma manera se obtiene una tasa interna de retorno aceptable del 22.93 % la cual indica que el proyecto es factible de realizar bajo las

hipótesis anteriormente mencionadas. Los resultados así mencionados del análisis económico son:

$$\text{TIR} = 22.93 \%$$

$$\text{VAN} = 1'012.705 \text{ dólares}$$

Conclusiones

- ❖ En base al presente estudio, se concluye que el proyecto “Caluma Alto” tiene excelentes condiciones técnicas y se caracteriza por ser un proyecto sencillo y de fácil construcción.

- ❖ De acuerdo a los análisis realizados en el presente trabajo, se obtiene que el costo total del Aprovechamiento Caluma Alto es de \$ 9.037.136,81, incluyendo el 10% de Ingeniería y Administración, y el 8% por Imprevistos Generales.

- ❖ Por medio del programa computacional PFIRM fue posible obtener resultados como caudales mensuales del aprovechamiento, caudales mensuales turbinados, excedencias, energía y capacidad firme, generación de energía mensual entre otros. En base a la simulación de la operación de la central se calculo que el aprovechamiento Caluma Alto posee una producción de energía promedio anual de 32.42 GWh, con lo cual abastecería la demanda de la zona y lo excedente aportaría para el Sistema Nacional Interconectado.

- ❖ El análisis económico demuestra que el proyecto “Caluma Alto” tiene un TIR = 22.93 % lo cual es muy atractivo para el proyecto, permitiendo facilidades para el financiamiento.

- ❖ El financiamiento del proyecto se ha estructurado de la siguiente manera, con un aporte del propietario del proyecto de un 10% y de los bancos un 75%; lo que permite que el flujo de caja facilite al propietario pagar la deuda asumida con los bancos.

Para el valor de la inversión, además se tomó en cuenta la venta de un Certificado a la Reducción de Emisión de Carbono (CER) lo cual representa el financiamiento del 15% de la inversión total del proyecto.

Recomendaciones

- ❖ Someter el proyecto “Caluma Alto” a estudios de Ingeniería y financieros a nivel de Factibilidad.

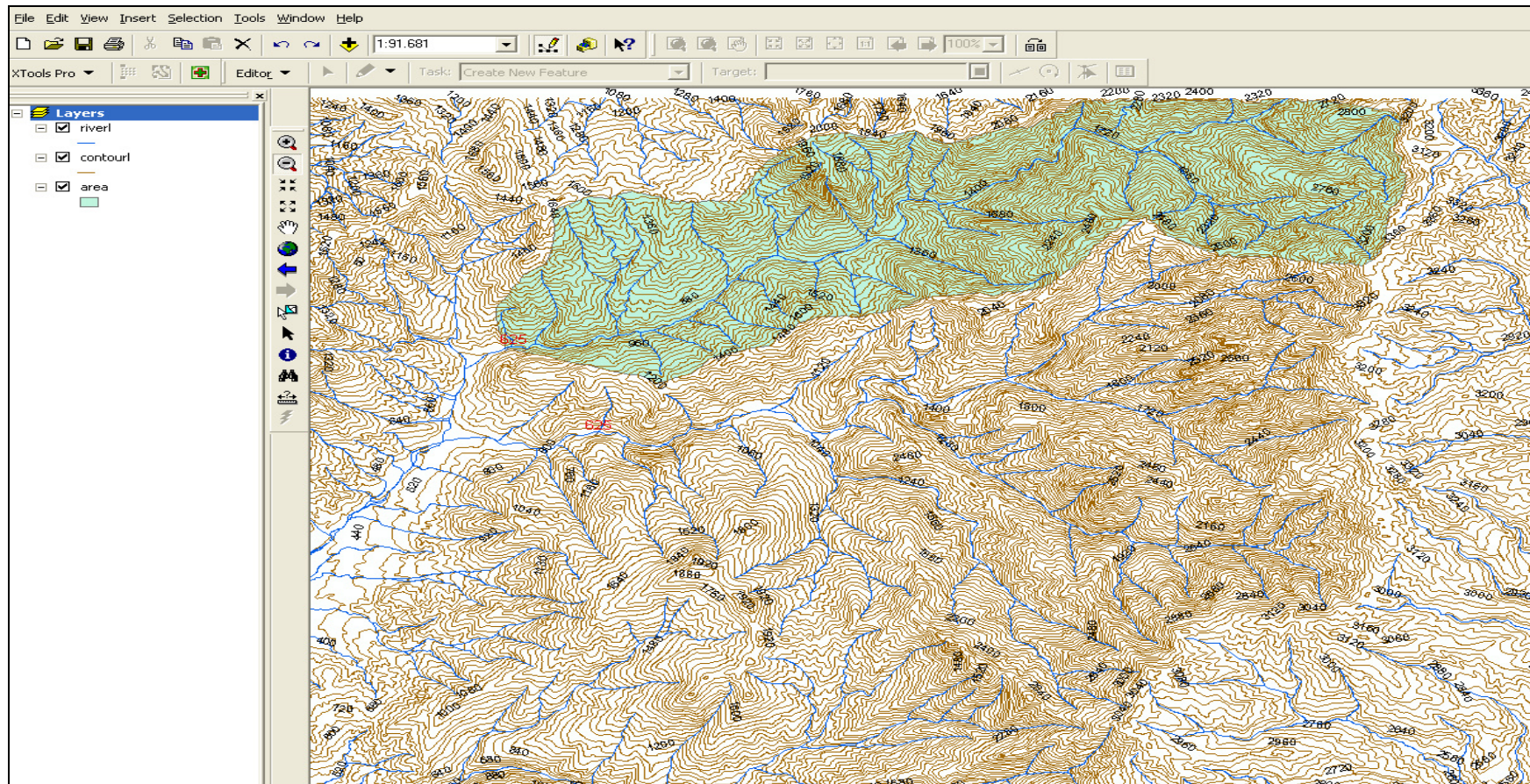
- ❖ Se recomienda la instalación de una estación Meteorológica en la unión de los ríos Tablas y Escaleras para mantener registros periódicos de la estación, intensificando sus campañas de aforos.

- ❖ Se recomienda a los inversionistas interesados en invertir en proyectos hidroeléctricos pequeños, tal como el estudiado en la presente tesis, a fin de aprovechar los beneficios que tienen estos tipos de proyectos en cuanto a el no pago del Impuesto al Valor Agregado, la venta de Certificados por Carbono, el Precio Preferencial en la venta de Energía y el despacho preferencial de su energía.

ANEXOS

ANEXO 1

1. Área del Río Tablas 75.44 Km².



ANEXO 3

3. Serie de caudales mensuales de la estación Echeandía en Echeandía para el período de años 1965 – 1999.

	CAUDALES MEDIOS DEL RIO SOLOMA											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
1965	24,95	42,75	53,46	76,72	66,74	29,73	16,29	10,10	8,47	7,74	8,91	8,05
1966	21,23	37,15	32,47	22,45	16,69	11,87	9,14	8,00	5,12	5,05	4,40	4,87
1967	17,79	28,81	26,81	18,18	14,47	11,06	8,20	5,55	4,63	4,29	3,73	4,06
1968	9,99	19,28	22,11	21,09	11,29	8,34	5,65	4,56	4,10	4,06	3,67	4,15
1969	9,89	13,59	21,65	39,24	24,50	13,50	10,72	8,91	7,50	4,21	4,21	6,26
1970	18,62	27,05	23,94	31,40	28,62	15,07	9,82	8,67	7,80	6,02	4,91	6,64
1971	14,20	30,55	42,02	28,10	15,00	10,09	7,48	5,53	4,89	4,51	4,08	5,71
1972	22,97	29,00	55,65	42,82	26,20	27,89	20,57	15,22	13,09	12,13	11,46	19,36
1973	30,73	42,06	32,79	35,18	25,48	15,88	10,92	8,46	7,82	7,26	6,45	6,90
1974	11,51	25,49	29,45	18,27	19,28	11,67	8,83	7,10	6,37	6,52	6,25	11,44
1975	24,04	38,19	35,85	35,41	23,10	15,64	10,94	8,58	7,34	6,98	6,18	6,27
1976	22,66	41,73	42,41	37,10	26,04	16,22	11,09	8,34	6,96	5,91	5,82	8,09
1977	16,74	25,51	31,30	28,35	17,14	11,01	8,31	6,90	6,12	5,51	4,73	5,52
1978	15,99	25,33	29,05	30,89	22,10	12,59	8,77	1,45	2,31	5,69	4,94	6,62
1979	14,50	27,19	45,58	15,60	15,49	14,08	8,70	6,86	6,06	5,51	4,57	7,78
1980	7,81	34,16	27,70	48,43	31,47	16,74	10,00	7,46	5,84	5,21	4,73	10,61
1981	13,70	44,44	43,01	33,91	45,90	10,72	9,04	8,15	7,65	7,69	7,76	8,17
1982	20,60	39,55	30,88	25,52	16,87	11,11	9,31	6,85	6,12	8,65	34,15	53,89
1983	70,69	69,35	70,72	70,10	80,86	24,55	28,94	17,54	13,27	12,58	11,26	3,00
1984	20,19	49,69	63,84	44,84	27,39	13,09	9,96	7,47	9,99	5,82	4,46	9,33
1985	22,28	25,04	43,14	25,01	18,94	10,88	8,48	7,41	6,91	9,10	8,80	6,73
1986	20,99	31,05	28,75	35,95	21,37	11,07	8,15	6,78	7,04	6,95	6,76	6,63
1987	26,52	45,34	56,07	50,43	42,12	17,19	8,54	6,06	4,35	3,48	3,52	4,10
1988	21,62	48,65	36,13	36,51	32,74	12,13	7,24	5,02	3,87	3,35	2,97	3,30
1989	25,90	56,03	54,66	48,15	30,26	14,33	9,61	6,83	5,54	5,71	7,01	6,92
1990	9,18	29,33	24,61	32,21	20,89	11,77	7,93	5,93	4,69	4,27	3,74	5,90
1991	13,01	40,71	37,18	31,99	23,63	12,51	8,27	5,95	4,82	4,11	3,81	6,12
1992	27,68	50,27	74,76	59,07	49,44	25,93	11,17	6,59	4,39	3,52	3,17	3,77
1993	10,49	50,47	57,93	55,08	32,62	13,93	7,53	5,35	4,27	3,17	7,14	5,13
1994	22,30	45,64	40,05	46,89	25,36	9,91	5,35	3,82	3,44	2,60	2,46	6,27
1995	21,59	40,42	21,57	24,09	13,41	9,00	6,75	6,13	3,89	3,15	3,21	3,44
1996	11,44	45,94	39,41	29,10	16,87	8,72	6,54	3,77	3,06	2,80	2,95	3,36
1997	13,43	29,74	40,66	34,18	28,93	24,42	12,33	11,67	12,83	16,14	29,61	41,55
1998	43,68	44,57	39,93	43,18	29,43	10,86	9,36	7,75	7,36	5,10	7,02	2,80
1999	10,81	41,91	42,00	34,59	37,43	44,15	36,30	44,31	38,46	28,92	7,02	8,90

ANEXO 4

4. Serie de caudales mensuales de la estación Echeandia Pilaló – Río Chazo Juan para el período de años 1965 – 1999.

CAUDALES MEDIOS DEL RIO CHAZO JUAN												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
1965	6,488	11,115	13,899	19,947	17,351	7,729	4,235	2,626	2,201	2,012	2,317	2,092
1966	5,520	9,658	8,442	5,837	4,339	3,086	2,375	2,080	1,332	1,313	1,145	1,267
1967	4,625	7,491	6,972	4,727	3,762	2,875	2,133	1,444	1,203	1,115	0,969	1,056
1968	2,597	5,013	5,749	5,483	2,935	2,169	1,470	1,185	1,066	1,055	0,955	1,079
1969	2,571	3,533	5,628	10,202	6,370	3,510	2,788	2,316	1,950	1,095	1,095	1,629
1970	4,842	7,032	6,224	8,164	7,441	3,918	2,552	2,254	2,029	1,565	1,278	1,726
1971	3,691	7,943	10,924	7,306	3,900	2,624	1,945	1,438	1,271	1,172	1,060	1,485
1972	5,973	7,539	14,469	11,133	6,812	7,252	5,347	3,958	3,404	3,154	2,979	5,034
1973	7,990	10,934	8,525	9,147	6,625	4,128	2,838	2,199	2,032	1,889	1,677	1,795
1974	2,994	6,627	7,656	4,750	5,013	3,034	2,297	1,846	1,656	1,694	1,626	2,974
1975	6,250	9,930	9,322	9,207	6,006	4,066	2,845	2,230	1,909	1,816	1,607	1,630
1976	5,892	10,851	11,027	9,646	6,770	4,217	2,884	2,168	1,809	1,538	1,514	2,104
1977	4,353	6,634	8,138	7,371	4,458	2,863	2,160	1,795	1,590	1,434	1,229	1,434
1978	4,159	6,587	7,553	8,031	5,747	3,274	2,280	0,377	0,601	1,480	1,284	1,721
1979	3,769	7,070	11,850	4,056	4,028	3,660	2,261	1,784	1,575	1,433	1,188	2,023
1980	2,031	8,882	7,202	12,592	8,182	4,352	2,600	1,939	1,518	1,355	1,229	2,759
1981	3,562	11,555	11,181	8,817	11,934	2,787	2,351	2,119	1,989	2,000	2,017	2,125
1982	5,357	10,284	8,028	6,635	4,387	2,889	2,421	1,781	1,591	2,248	8,880	14,011
1983	18,378	18,031	18,387	18,226	21,022	6,384	7,525	4,561	3,450	3,272	2,927	0,780
1984	5,251	12,920	16,598	11,658	7,122	3,402	2,589	1,943	2,597	1,513	1,159	2,426
1985	5,792	6,511	11,217	6,503	4,925	2,830	2,204	1,927	1,796	2,366	2,288	1,751
1986	5,459	8,074	7,474	9,347	5,555	2,878	2,119	1,762	1,830	1,808	1,757	1,723
1987	6,896	11,789	14,579	13,112	10,952	4,469	2,221	1,576	1,131	0,904	0,914	1,067
1988	5,620	12,649	9,394	9,493	8,513	3,153	1,884	1,306	1,007	0,870	0,771	0,857
1989	6,733	14,569	14,211	12,519	7,868	3,727	2,498	1,776	1,440	1,484	1,823	1,798
1990	2,386	7,626	6,399	8,375	5,432	3,060	2,061	1,543	1,219	1,110	0,972	1,534
1991	3,383	10,585	9,666	8,317	6,144	3,254	2,149	1,547	1,252	1,069	0,992	1,590
1992	7,197	13,070	19,438	15,358	12,855	6,742	2,904	1,712	1,140	0,916	0,824	0,981
1993	2,726	13,123	15,062	14,321	8,481	3,623	1,958	1,391	1,111	0,824	1,856	1,333
1994	5,798	11,867	10,414	12,191	6,593	2,576	1,391	0,994	0,896	0,676	0,639	1,631
1995	5,614	10,509	5,608	6,263	3,486	2,341	1,754	1,594	1,011	0,819	0,834	0,894
1996	2,974	11,944	10,247	7,566	4,387	2,268	1,701	0,979	0,797	0,728	0,768	0,873
1997	3,491	7,734	10,572	8,887	7,522	6,349	3,206	3,034	3,335	4,197	7,698	10,803
1998	11,358	11,588	10,382	11,227	7,653	2,824	2,434	2,016	1,912	1,326	1,825	0,728
1999	2,810	10,897	10,919	8,993	9,732	11,478	9,438	11,519	9,999	7,519	1,825	2,314

ANEXO 5

5. Serie de caudales mensuales de la estación Echeandia Pilaló – Río Limón del Carmen para el período de años 1965 – 1999.

CAUDALES MEDIOS DEL RIO LIMON												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
1965	7,736	13,252	16,572	23,783	20,688	9,215	5,050	3,131	2,624	2,399	2,763	2,494
1966	6,582	11,515	10,066	6,960	5,173	3,680	2,832	2,480	1,588	1,565	1,365	1,511
1967	5,515	8,932	8,313	5,636	4,486	3,428	2,543	1,722	1,434	1,330	1,156	1,259
1968	3,096	5,977	6,854	6,538	3,500	2,586	1,753	1,413	1,271	1,258	1,139	1,287
1969	3,065	4,213	6,711	12,164	7,595	4,185	3,324	2,761	2,325	1,305	1,305	1,942
1970	5,773	8,385	7,421	9,734	8,871	4,672	3,043	2,687	2,419	1,866	1,523	2,058
1971	4,401	9,471	13,025	8,711	4,649	3,128	2,319	1,714	1,516	1,397	1,263	1,770
1972	7,122	8,989	17,251	13,274	8,122	8,647	6,375	4,719	4,059	3,761	3,551	6,002
1973	9,527	13,037	10,165	10,906	7,898	4,922	3,384	2,621	2,423	2,252	2,000	2,140
1974	3,569	7,901	9,128	5,664	5,977	3,618	2,739	2,201	1,975	2,020	1,938	3,546
1975	7,452	11,839	11,115	10,977	7,161	4,848	3,392	2,659	2,277	2,165	1,916	1,943
1976	7,026	12,937	13,148	11,501	8,072	5,028	3,439	2,585	2,157	1,833	1,805	2,509
1977	5,191	7,910	9,703	8,789	5,315	3,414	2,575	2,140	1,896	1,709	1,465	1,710
1978	4,958	7,853	9,005	9,576	6,852	3,904	2,718	0,450	0,716	1,764	1,531	2,052
1979	4,494	8,429	14,129	4,836	4,803	4,363	2,696	2,127	1,878	1,708	1,417	2,412
1980	2,421	10,590	8,587	15,013	9,756	5,189	3,100	2,312	1,810	1,616	1,465	3,289
1981	4,248	13,777	13,332	10,512	14,229	3,323	2,803	2,527	2,371	2,385	2,405	2,533
1982	6,387	12,261	9,572	7,911	5,230	3,445	2,887	2,123	1,896	2,680	10,588	16,706
1983	21,913	21,499	21,923	21,731	25,065	7,612	8,972	5,438	4,113	3,901	3,490	0,930
1984	6,260	15,405	19,790	13,900	8,492	4,057	3,086	2,317	3,096	1,804	1,382	2,892
1985	6,906	7,763	13,374	7,753	5,872	3,374	2,628	2,297	2,142	2,821	2,728	2,088
1986	6,508	9,626	8,911	11,145	6,623	3,431	2,527	2,101	2,182	2,155	2,095	2,054
1987	8,222	14,056	17,383	15,633	13,058	5,328	2,648	1,879	1,348	1,078	1,090	1,272
1988	6,701	15,081	11,200	11,318	10,150	3,760	2,246	1,557	1,200	1,037	0,919	1,022
1989	8,028	17,371	16,944	14,927	9,381	4,443	2,979	2,118	1,716	1,770	2,173	2,144
1990	2,845	9,093	7,629	9,985	6,477	3,649	2,458	1,839	1,454	1,323	1,159	1,829
1991	4,033	12,620	11,524	9,917	7,325	3,879	2,563	1,845	1,493	1,275	1,183	1,896
1992	8,582	15,584	23,176	18,312	15,327	8,039	3,462	2,042	1,360	1,092	0,982	1,170
1993	3,251	15,647	17,958	17,075	10,112	4,320	2,335	1,658	1,324	0,982	2,212	1,590
1994	6,913	14,149	12,417	14,536	7,860	3,071	1,659	1,185	1,068	0,806	0,761	1,944
1995	6,694	12,529	6,687	7,468	4,157	2,792	2,091	1,900	1,205	0,977	0,994	1,066
1996	3,546	14,241	12,217	9,021	5,230	2,704	2,029	1,168	0,950	0,868	0,915	1,041
1997	4,163	9,221	12,604	10,596	8,969	7,570	3,823	3,617	3,977	5,004	9,179	12,880
1998	13,542	13,816	12,378	13,386	9,125	3,367	2,902	2,403	2,280	1,581	2,176	0,868
1999	3,350	12,993	13,019	10,723	11,604	13,686	11,252	13,735	11,922	8,965	2,176	2,759

ANEXO 6

6. Serie de caudales mensuales de la estación Caluma Alto – Río Tablas para el período de años 1965 – 1999.

CAUDALES MEDIOS DEL RIO TABLAS												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
1965	4,581	7,847	9,813	8,577	12,250	5,456	2,990	1,854	1,554	1,420	1,636	1,477
1966	3,897	6,819	5,960	2,510	3,063	2,179	1,677	1,468	0,940	0,927	0,808	0,895
1967	3,265	5,289	4,922	2,033	2,656	2,030	1,506	1,019	0,849	0,787	0,684	0,746
1968	1,833	3,539	4,059	2,358	2,072	1,531	1,038	0,837	0,753	0,745	0,674	0,762
1969	1,815	2,494	4,059	4,387	4,497	2,478	1,968	1,635	1,377	0,773	0,773	1,150
1970	3,418	4,965	4,394	3,511	5,253	2,766	1,802	1,591	1,432	1,105	0,902	1,219
1971	2,606	5,608	7,712	3,142	2,753	1,852	1,373	1,015	0,897	0,827	0,748	1,048
1972	4,217	5,323	10,215	4,787	4,810	5,120	3,775	2,794	2,404	2,227	2,103	3,554
1973	5,641	7,720	6,019	3,933	4,677	2,915	2,004	1,552	1,435	1,333	1,184	1,267
1974	2,114	4,679	5,405	2,043	3,539	2,142	1,622	1,303	1,169	1,196	1,148	2,100
1975	4,412	7,011	6,581	3,959	4,240	2,871	2,009	1,575	1,348	1,282	1,135	1,151
1976	4,160	7,661	7,785	4,148	4,780	2,977	2,036	1,531	1,277	1,086	1,069	1,486
1977	3,073	4,683	5,745	3,170	3,147	2,021	1,525	1,267	1,123	1,012	0,867	1,013
1978	2,936	4,650	5,332	3,454	4,057	2,312	1,609	0,266	0,424	1,045	0,907	1,215
1979	2,661	4,991	8,366	1,744	2,844	2,584	1,596	1,259	1,112	1,012	0,839	1,428
1980	1,434	6,271	5,085	5,414	5,777	3,073	1,836	1,369	1,072	0,957	0,867	1,948
1981	2,515	8,158	7,894	3,791	8,426	1,968	1,660	1,496	1,404	1,412	1,424	1,500
1982	3,782	7,260	5,668	2,853	3,097	2,040	1,709	1,257	1,123	1,587	6,269	9,892
1983	12,975	12,730	12,981	7,837	14,842	4,507	5,313	3,220	2,436	2,310	2,067	0,551
1984	3,707	9,122	11,718	5,013	5,028	2,402	1,827	1,372	1,833	1,068	0,819	1,713
1985	4,089	4,597	7,919	2,796	3,477	1,998	1,556	1,360	1,268	1,670	1,616	1,236
1986	3,854	5,700	5,277	4,019	3,922	2,032	1,496	1,244	1,292	1,276	1,240	1,216
1987	4,869	8,323	10,293	5,638	7,732	3,155	1,568	1,113	0,798	0,638	0,645	0,753
1988	3,968	8,930	6,632	4,082	6,010	2,226	1,330	0,922	0,711	0,614	0,544	0,605
1989	4,754	10,286	10,033	5,383	5,555	2,631	1,764	1,254	1,016	1,048	1,287	1,270
1990	1,684	5,384	4,517	3,601	3,835	2,161	1,455	1,089	0,861	0,784	0,686	1,083
1991	2,388	7,473	6,824	3,576	4,338	2,297	1,517	1,093	0,884	0,755	0,700	1,123
1992	5,081	9,227	13,723	6,604	9,076	4,760	2,050	1,209	0,805	0,647	0,582	0,693
1993	1,925	9,265	10,634	6,158	5,988	2,558	1,382	0,982	0,784	0,582	1,310	0,941
1994	4,094	8,378	7,352	5,242	4,654	1,819	0,982	0,702	0,632	0,477	0,451	1,151
1995	3,964	7,419	3,960	2,693	2,461	1,653	1,238	1,125	0,714	0,578	0,589	0,631
1996	2,100	8,432	7,234	3,253	3,097	1,601	1,201	0,691	0,562	0,514	0,542	0,616
1997	2,465	5,460	7,463	3,821	5,311	4,483	2,263	2,142	2,355	2,963	5,435	7,627
1998	8,018	8,181	7,330	4,828	5,403	1,994	1,718	1,423	1,350	0,936	1,289	0,514
1999	1,984	7,694	7,709	3,867	6,871	8,104	6,663	8,133	7,059	5,308	1,289	1,634

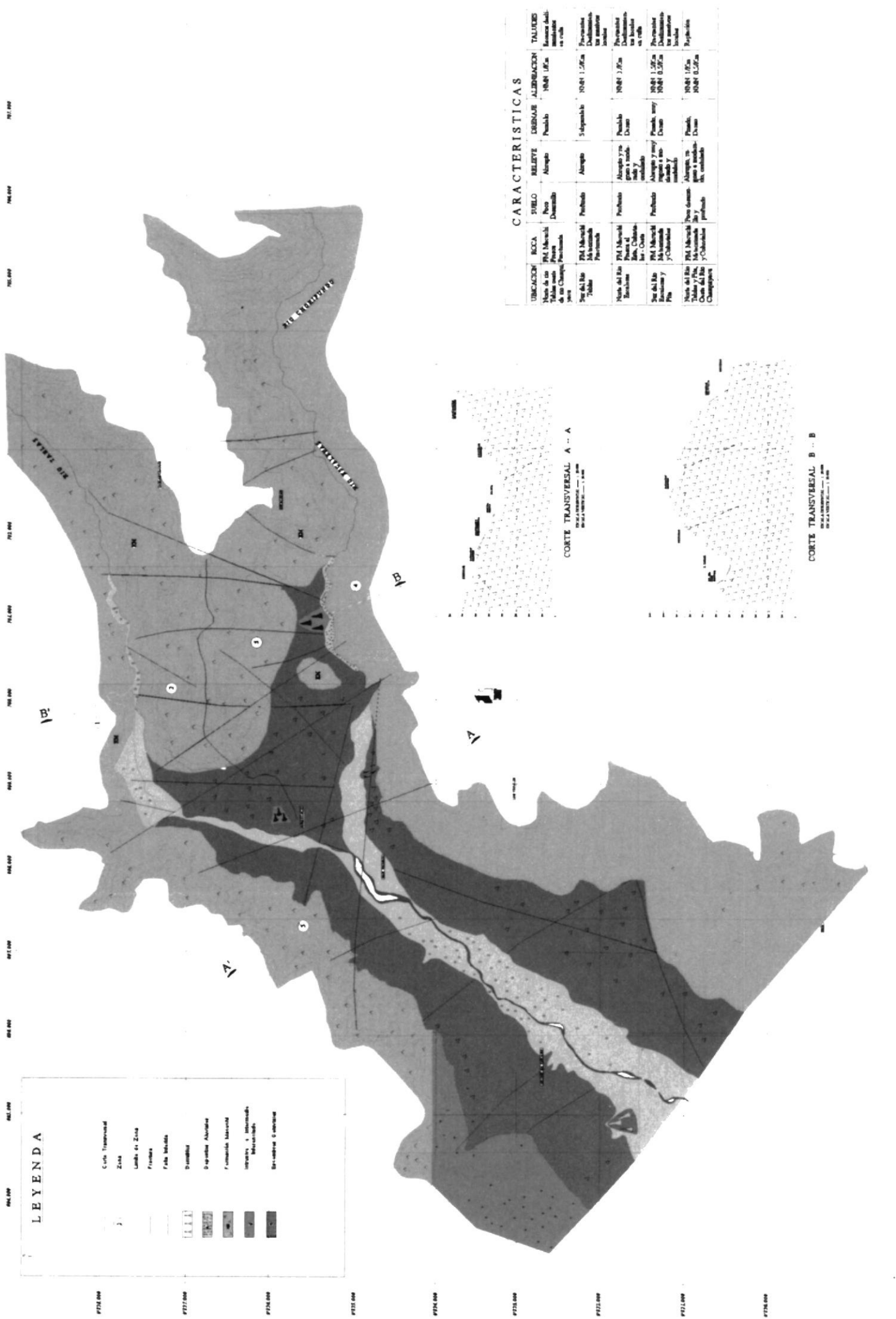
ANEXO 7

7. Serie de caudales mensuales de la estación Caluma Alto – Río Escaleras para el período de años 1965 – 1999.

CAUDALES MEDIOS DEL RIO ESCALERAS												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
1965	7,782	13,332	16,671	23,926	20,812	9,270	5,080	3,150	2,640	2,413	2,779	2,509
1966	6,621	11,584	10,126	7,001	5,204	3,702	2,849	2,495	1,598	1,574	1,373	1,520
1967	5,548	8,985	8,362	5,670	4,513	3,449	2,559	1,732	1,443	1,338	1,163	1,267
1968	3,115	6,013	6,895	6,577	3,521	2,602	1,764	1,421	1,279	1,266	1,146	1,295
1969	3,083	4,238	6,751	12,237	7,641	4,210	3,344	2,778	2,339	1,313	1,313	1,954
1970	5,807	8,435	7,465	9,792	8,925	4,700	3,062	2,703	2,433	1,877	1,533	2,071
1971	4,428	9,527	13,103	8,763	4,677	3,147	2,333	1,725	1,525	1,405	1,271	1,781
1972	7,165	9,043	17,355	13,354	8,171	8,698	6,414	4,747	4,084	3,784	3,573	6,038
1973	9,584	13,115	10,226	10,971	7,946	4,952	3,404	2,637	2,437	2,265	2,012	2,153
1974	3,591	7,949	9,183	5,698	6,013	3,640	2,755	2,214	1,987	2,032	1,950	3,567
1975	7,496	11,911	11,181	11,043	7,204	4,877	3,413	2,675	2,290	2,178	1,928	1,955
1976	7,068	13,015	13,227	11,570	8,120	5,059	3,460	2,601	2,170	1,844	1,816	2,524
1977	5,222	7,957	9,761	8,841	5,347	3,434	2,591	2,153	1,908	1,719	1,474	1,721
1978	4,988	7,900	9,059	9,633	6,893	3,927	2,734	0,452	0,720	1,775	1,540	2,064
1979	4,521	8,480	14,213	4,865	4,831	4,389	2,712	2,139	1,889	1,719	1,425	2,426
1980	2,436	10,654	8,639	15,103	9,815	5,221	3,119	2,326	1,821	1,626	1,474	3,309
1981	4,273	13,860	13,412	10,575	14,315	3,343	2,820	2,542	2,386	2,399	2,419	2,548
1982	6,425	12,335	9,630	7,959	5,262	3,465	2,904	2,136	1,908	2,696	10,651	16,806
1983	22,044	21,628	22,054	21,861	25,216	7,657	9,026	5,471	4,138	3,924	3,511	0,936
1984	6,298	15,497	19,909	13,984	8,543	4,081	3,105	2,330	3,115	1,815	1,391	2,910
1985	6,948	7,810	13,454	7,800	5,907	3,394	2,644	2,311	2,155	2,837	2,745	2,100
1986	6,547	9,684	8,965	11,211	6,663	3,451	2,542	2,114	2,195	2,168	2,107	2,066
1987	8,272	14,140	17,487	15,727	13,137	5,360	2,664	1,890	1,356	1,084	1,097	1,280
1988	6,741	15,172	11,268	11,386	10,210	3,782	2,259	1,566	1,208	1,044	0,925	1,028
1989	8,077	17,475	17,046	15,016	9,437	4,470	2,996	2,130	1,727	1,780	2,186	2,157
1990	2,862	9,148	7,675	10,045	6,516	3,671	2,473	1,850	1,462	1,331	1,166	1,840
1991	4,058	12,696	11,594	9,976	7,369	3,903	2,578	1,856	1,502	1,282	1,190	1,907
1992	8,633	15,677	23,315	18,422	15,419	8,087	3,483	2,054	1,368	1,098	0,988	1,177
1993	3,270	15,740	18,066	17,177	10,173	4,346	2,349	1,668	1,332	0,988	2,226	1,599
1994	6,955	14,234	12,491	14,623	7,908	3,090	1,669	1,192	1,074	0,811	0,766	1,956
1995	6,734	12,605	6,727	7,513	4,182	2,808	2,104	1,911	1,213	0,982	1,000	1,072
1996	3,567	14,326	12,290	9,075	5,262	2,720	2,041	1,175	0,956	0,873	0,921	1,047
1997	4,188	9,276	12,680	10,659	9,023	7,616	3,846	3,639	4,001	5,034	9,234	12,957
1998	13,623	13,899	12,453	13,466	9,179	3,387	2,919	2,418	2,294	1,590	2,189	0,873
1999	3,370	13,071	13,097	10,787	11,673	13,768	11,320	13,817	11,994	9,019	2,189	2,776

ANEXO 8

8. Mapa Geológico de Caluma.



LEYENDA

- Corte Transversal
- Zona
- Límite de Zona
- Franja
- Faja Marginal
- Drenabanc
- Dique para Aluvión
- Franja de Protección
- Impedimento a Inundación
- Impedimento a Inundación
- Impedimento a Inundación

CARACTERÍSTICAS

UBICACION	ROCA	SUELO	RELIEVE	DRENAJE	ALBUERCA	TALUDES
Yates de los Talleres de la Sierra de la Sierra	PM. Murchi, Pizarra	Puro Drenabanc	Altopo	Pueblo	NOR 1.0% a NOR 1.0% a	Sección de Inundación en valle
San del Río de la Sierra de la Sierra	PM. Murchi, Pizarra	Puro Drenabanc	Altopo	5 rampas	NOR 1.0% a NOR 1.0% a	Protección de Inundación en valle
San del Río de la Sierra de la Sierra	PM. Murchi, Pizarra, Caliche, Cerro	Puro Drenabanc	Altopo y zona de Inundación	Pueblo	NOR 1.0% a NOR 1.0% a	Protección de Inundación en valle
San del Río de la Sierra de la Sierra	PM. Murchi, Pizarra, Caliche, Cerro	Puro Drenabanc	Altopo y zona de Inundación	Pueblo	NOR 1.0% a NOR 1.0% a	Protección de Inundación en valle
San del Río de la Sierra de la Sierra	PM. Murchi, Pizarra, Caliche, Cerro	Puro Drenabanc	Altopo y zona de Inundación	Pueblo	NOR 1.0% a NOR 1.0% a	Protección de Inundación en valle

CORTE TRANSVERSAL A - A

CORTE TRANSVERSAL B - B

ANEXO 9

9. Presupuesto de Obras Civiles

CALUMA ALTO					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (\$) Enero (2006)	PRECIO TOTAL (\$)	SUBTOTAL (\$)
AZUD Y BOCATOMA					
Excavación común con agua (para azud, muros, etc)	m³	6000	3,75	22500	
Excavación en roca con agua (para azud, muros, etc)	m³	6000	14,46	86760	
Hormigón, muros y azud	m³	2000	117,02	234040	
Acero de refuerzo	Kg	90000	1,56	140400	
Acero estructural	Kg	1600	1,62	2592	
					486292
DESARENADOR					
Excavación de plataforma: común	m³	9000	2,95	26550	
Excavación de plataforma: roca	m³	9000	14,46	130140	
Excavación cajón: común	m³	1700	21,68	36856	
Excavación cajón: roca	m³	1700	70,67	120139	
Hormigon para muros	m³	850	178	151300	
Acero de refuerzo	Kg	40000	1,56	62400	
					527385
CONDUCCION: CANAL					
Replanteo, desbroce y limpieza	Ha	10,5	3422,64	35937,68	
Excavación de plataforma: común	m³	300000	2,95	885000	
Excavación de plataforma: roca	m³	2900	14,46	41934	
Excavación cajón: común	m³	5000	21,68	108400	
Excavación cajón: roca	m³	6000	70,67	424020	
Hormigón de revestimiento para canal	m³	900	182,41	164169,4798	
Sub-base	m³	1600	6,22	9952	
					1669413,16
ALIVIADEROS TIPO					
Excavación cajón: común	m³	2300	21,68	49864	
Hormigón para muros	m³	1700	178	302600	
Acero de refuerzo	Kg	63500	1,56	99060	
					451524
PASOS DE AGUA					
Excavación cajón: común	m³	865	21,68	18753,2	
Hormigón para muros	m³	56	178	9968	
Acero de refuerzo	Kg	2800	1,56	4368	
Alcantarillas ARMCO F 48"	m	37	267,46	9896,17	
					42985,37
RESERVOIRIO DE REGULACIÓN DIARIA					
Excavación de plataforma: común	m³	50000	2,95	147500	
Excavación cajón: común	m³	20000	4,51	90200	
Sub-base de material drenaje	m³	3200	6,22	19904	
Tubería de drenaje	m	1600	3,35	5360	
Hormigón para muros	m³	900	178	160200	
Acero de refuerzo	m³	3000	1,56	4680	
					427844
TANQUE DE CARGA					
Excavación cajón: comun	m³	2000	4,54	9080	
Hormigón para muros	m³	730	178	129940	
Acero de refuerzo	Kg	29200	1,56	45552	
Acero estructural	Kg	2200	1,62	3564	
					188136
TUBERIA DE PRESSION					
Excavación común - Tubería de Presión	m³	20000	6,80	135956,8721	
Hormigón de apoyos y anclaje	m³	600	117,02	70212	
Acero de refuerzo	Kg	10000	1,56	15600	
Tubería blindada (Presión)	Kg	38750	6,08	235600	
					457368,872
CASA DE MAQUINAS					
Excavación de plataforma: común	m³	1600	2,95	4720	
Excavación de plataforma: roca	m³	1600	14,46	23136	
Excavación cajón: común	m³	450	21,68	9756	
Excavación cajón: roca	m³	450	70,67	31801,5	
Hormigón estructural	m³	130	159,06	20677,8	
Hormigón en masa	m³	485	117,02	56754,7	
Acero de refuerzo	Kg	32600	1,56	50856	
					197702
CANAL DE RESTITUCIÓN					
Excavación cajón: común	m³	200	21,68	4336	
Excavación cajón: roca	m³	200	70,67	14134	
Hormigón de revestimiento	m³	100	182,41	18241,05	
Acero estructural	Kg	5000	1,62	8100	
					44811,0533
CAMINOS DE ACCESO					
Excavación sin clasificar (común)	m³	68065	1,5	102097,5	
Limpieza de derrumbes	m³	16410	1,37	22481,7	
Excavación cunetas	m³	1700	3,35	5695	
Subbase	m³	13686	6,22	85146,92	
					130274,2

ANEXO 10

10. Caudales Turbinados realizados en Excel.

CAUDALES TURBINADOS												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
1965	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	4,09	3,28	2,92	3,50	3,07
1966	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	4,97	3,61	3,05	1,62	1,59	1,27	1,50
1967	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	4,56	3,15	1,84	1,38	1,21	0,93	1,10
1968	4,03	5,60	5,60	5,60	4,68	3,22	1,89	1,34	1,12	1,10	0,90	1,14
1969	3,98	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	4,40	3,50	2,80	1,17	1,17	2,19
1970	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	3,95	3,38	2,95	2,07	1,52	2,37
1971	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	4,08	2,79	1,82	1,51	1,32	1,10	1,91
1972	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,57	5,10	4,76	5,60
1973	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	4,49	3,27	2,96	2,68	2,28	2,50
1974	4,79	5,60	5,60	5,60	5,60	4,87	3,46	2,60	2,24	2,31	2,18	4,75
1975	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	4,51	3,33	2,72	2,54	2,15	2,19
1976	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	4,58	3,22	2,53	2,01	1,97	3,09
1977	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	4,54	3,20	2,51	2,11	1,82	1,43	1,82
1978	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,32	3,43	0,00	0,23	1,90	1,53	2,36
1979	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	3,39	2,48	2,09	1,81	1,35	2,94
1980	2,95	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	4,04	2,78	1,98	1,67	1,43	4,34
1981	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	4,39	3,56	3,12	2,87	2,90	2,93	3,13
1982	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	4,59	3,70	2,48	2,12	3,37	5,60	5,60
1983	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,32	4,66	0,57
1984	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,57	4,02	2,79	4,03	1,97	1,29	3,71
1985	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	4,48	3,28	2,76	2,51	3,59	3,44	2,42
1986	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	4,57	3,12	2,44	2,57	2,53	2,43	2,37
1987	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	3,32	2,09	1,24	0,81	0,83	1,12
1988	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,09	2,67	1,57	1,00	0,74	0,55	0,72
1989	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	3,84	2,47	1,83	1,91	2,56	2,51
1990	3,63	5,60	5,60	5,60	5,60	4,92	3,01	2,02	1,41	1,20	0,94	2,01
1991	5,53	5,60	5,60	5,60	5,60	5,28	3,18	2,03	1,47	1,12	0,97	2,11
1992	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	4,62	2,35	1,26	0,83	0,65	0,95
1993	4,28	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	2,82	1,73	1,20	0,65	2,62	1,63
1994	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	3,99	1,74	0,98	0,79	0,37	0,30	2,19
1995	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	3,55	2,43	2,12	1,01	0,65	0,67	0,79
1996	4,75	5,60	5,60	5,60	5,60	3,41	2,33	0,95	0,60	0,47	0,55	0,75
1997	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,19	4,87	5,44	5,60	5,60	5,60
1998	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	4,47	3,72	2,93	2,73	1,61	2,56	0,47
1999	4,44	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	2,56	3,49

ANEXO 11

11. Potencia en MW del esquema Caluma Alto.

POTENCIA MW												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
1965	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	4,21	3,57	3,24	3,76	3,38
1966	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	4,72	3,85	3,36	1,89	1,85	1,49	1,76
1967	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	4,51	3,45	2,13	1,62	1,43	1,10	1,30
1968	4,17	4,95	4,95	4,95	4,57	3,51	2,19	1,58	1,32	1,29	1,07	1,35
1969	4,13	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	4,41	3,75	3,13	1,38	1,38	2,51
1970	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	4,11	3,65	3,27	2,38	1,78	2,70
1971	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	4,20	3,12	2,12	1,77	1,55	1,30	2,22
1972	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	4,78	4,62	4,95
1973	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	4,47	3,56	3,28	3,01	2,61	2,84
1974	4,63	4,95	4,95	4,95	4,95	4,67	3,72	2,93	2,56	2,64	2,50	4,61
1975	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	4,48	3,62	3,05	2,88	2,47	2,51
1976	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	4,52	3,51	2,86	2,32	2,28	3,40
1977	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	4,50	3,50	2,84	2,43	2,11	1,67	2,11
1978	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	4,87	3,70	0,00	0,27	2,21	1,79	2,69
1979	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	3,67	2,81	2,40	2,11	1,59	3,26
1980	3,27	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	4,17	3,11	2,29	1,94	1,67	4,38
1981	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	4,41	3,81	3,43	3,20	3,22	3,25	3,44
1982	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	4,53	3,92	2,81	2,43	3,64	4,95	4,95
1983	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	4,87	4,57	0,68
1984	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	4,94	4,16	3,11	4,17	2,27	1,52	3,92
1985	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	4,46	3,57	3,08	2,84	3,83	3,71	2,75
1986	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	4,51	3,43	2,77	2,90	2,86	2,76	2,70
1987	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	3,60	2,40	1,46	0,96	0,98	1,32
1988	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	4,78	3,00	1,84	1,19	0,88	0,66	0,85
1989	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	4,03	2,80	2,12	2,21	2,89	2,84
1990	3,86	4,95	4,95	4,95	4,95	4,70	3,33	2,33	1,65	1,42	1,11	2,32
1991	4,93	4,95	4,95	4,95	4,95	4,85	3,48	2,34	1,72	1,32	1,15	2,43
1992	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	4,54	2,68	1,48	0,98	0,78	1,13
1993	4,34	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	3,14	2,02	1,42	0,78	2,95	1,90
1994	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	4,14	2,02	1,16	0,94	0,44	0,36	2,51
1995	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	3,79	2,76	2,44	1,20	0,77	0,80	0,94
1996	4,61	4,95	4,95	4,95	4,95	3,68	2,65	1,13	0,72	0,56	0,65	0,89
1997	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	4,82	4,67	4,91	4,95	4,95	4,95
1998	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	4,45	3,93	3,25	3,06	1,88	2,89	0,56
1999	4,44	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	2,89	3,75
Qmax	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95
Qmed	4,78	4,95	4,95	4,95	4,94	4,67	3,81	2,92	2,51	2,28	2,20	2,59
Qmin	3,27	4,95	4,95	4,95	4,57	3,51	2,02	0,00	0,27	0,44	0,36	0,56

ANEXO 12

12. Energía en MWH del esquema Caluma Alto.

ENERGIA MWH													
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	
1965	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3029,29	2568,05	2332,19	2704,07	2433,81	38030,67
1966	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3398,59	2769,40	2419,04	1364,39	1334,80	1073,97	1265,02	31456,12
1967	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3247,67	2485,35	1534,35	1164,73	1027,47	795,34	933,51	29019,33
1968	3000,66	3566,18	3566,18	3566,18	3293,83	2529,25	1573,81	1136,79	949,54	932,38	772,34	970,62	25857,77
1969	2974,99	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3175,53	2702,41	2251,26	994,66	994,66	1806,61	32731,05
1970	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	2956,76	2630,65	2353,66	1713,76	1281,19	1945,71	34278,81
1971	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3026,94	2244,46	1525,10	1270,90	1115,97	939,08	1595,23	29548,60
1972	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3560,65	3440,25	3325,76	3566,18	42422,29
1973	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3217,71	2565,12	2358,11	2169,59	1876,52	2041,31	35625,45
1974	3336,41	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3364,55	2680,89	2111,77	1846,33	1900,66	1801,97	3322,33	34629,64
1975	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3223,52	2603,20	2197,25	2070,66	1775,25	1808,19	35075,16
1976	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3254,76	2528,59	2061,12	1673,67	1638,25	2449,62	35003,11
1977	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3238,12	2518,35	2041,94	1751,00	1518,66	1205,16	1520,01	31624,16
1978	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3504,40	2661,05	0,00	196,57	1587,88	1290,95	1938,07	29009,83
1979	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	2638,97	2025,99	1728,12	1517,51	1142,10	2346,14	32795,93
1980	2356,08	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3003,89	2236,85	1645,31	1400,27	1205,14	3150,58	32829,04
1981	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3175,00	2742,49	2467,86	2302,16	2316,88	2338,85	2474,88	35649,03
1982	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3258,65	2819,75	2021,87	1751,21	2623,74	3566,18	3566,18	37438,49
1983	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3503,07	3287,75	489,37	39375,83
1984	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3559,86	2992,64	2241,91	3000,71	1637,54	1096,87	2824,74	35185,18
1985	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3210,91	2571,55	2220,21	2043,60	2758,72	2670,99	1980,59	35287,47
1986	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3249,46	2467,86	1996,41	2090,33	2059,22	1988,51	1940,82	33623,52
1987	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	2591,80	1729,85	1051,58	689,71	706,54	950,64	29117,22
1988	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3439,46	2162,71	1324,55	855,12	635,40	474,73	614,24	27337,13
1989	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	2901,39	2015,31	1527,86	1594,62	2079,99	2046,54	33562,81
1990	2781,19	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3381,96	2395,48	1681,15	1190,46	1018,89	799,15	1668,47	29181,48
1991	3552,28	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3494,12	2505,18	1688,17	1241,62	954,00	831,13	1750,74	30281,98
1992	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3269,90	1926,08	1066,87	709,03	560,26	814,22	29743,45
1993	3122,00	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	2262,02	1453,93	1019,92	560,22	2124,79	1366,83	29740,61
1994	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	2980,12	1454,84	834,00	676,50	319,89	258,80	1809,45	26164,52
1995	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	2731,47	1984,73	1755,52	861,56	552,80	577,14	673,73	26967,86
1996	3322,31	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	2647,15	1910,59	811,26	516,50	405,09	469,36	639,96	24986,94
1997	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3469,28	3364,27	3532,61	3566,18	3566,18	3566,18	42461,80
1998	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3206,04	2833,08	2337,00	2201,31	1355,08	2083,30	405,09	32251,81
1999	3194,35	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	2083,30	2700,49	40073,79
Qmax	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	3566,18	
Qmed	3438,89	3566,18	3566,18	3566,18	3568,40	3362,93	2742,99	2104,54	1809,41	1644,48	1582,45	1867,89	32810,51
Qmin	2356,08	3566,18	3566,18	3566,18	3293,83	2529,25	1454,84	0,00	196,57	319,89	258,80	405,09	

ANEXO 13

13. Producciones e Ingresos de Caluma Alto.

PRODUCCIONES ENERGETICAS					
		Energia Firme	Energia Media	Potencia Firme	
		Gwh	Gwh	Mw	
Produccion Caluma Alto		12,44	32,43	1,93	

INGRESOS OPERACIONALES CALUMA					
MILES DE DOLARES					
		Escenario Moderado		Actual	
Energia Spot		5,80	US c\$/Kw.	5,80	
Energia mercado de Contratos		3,50	US c\$/Kw.	3,85	
Potencia Remunerable		0,00	US \$/Kw.	0,00	

Años	Mercado Spot		TOTAL	Precio Spot	Energia
	Energia	PR			
2011	1.881	0	1.881	Actual	90% Produccion
2012	1.881	0	1.881	Actual	90% Produccion
2013	1.881	0	1.881	Actual	E. Firme
2014	1.881	0	1.881	Actual	E. Firme
2015	1.881	0	1.881	Moderado	
2016	1.881	0	1.881	Moderado	
2017	1.881	0	1.881	Moderado	
2018	1.881	0	1.881	Moderado	
2019	1.881	0	1.881	Moderado	
2020	1.881	0	1.881	Moderado	
2021	1.881	0	1.881	Moderado	
2022	1.881	0	1.881	Moderado	
2023	1.881	0	1.881	Moderado	
2024	1.881	0	1.881	Moderado	
2025	1.881	0	1.881	Moderado	
2026	1.881	0	1.881	Moderado	
2027	1.881	0	1.881	Moderado	
2028	1.881	0	1.881	Moderado	
2029	1.881	0	1.881	Moderado	
2030	1.881	0	1.881	Moderado	
2031	1.881	0	1.881	Moderado	
2032	1.881	0	1.881	Moderado	
2033	1.881	0	1.881	Moderado	
2034	1.881	0	1.881	Moderado	
2035	1.881	0	1.881	Moderado	
2036	1.881	0	1.881	Moderado	
2037	1.881	0	1.881	Moderado	
2038	1.881	0	1.881	Moderado	
2039	1.881	0	1.881	Moderado	
2040	1.881	0	1.881	Moderado	
2041	1.881	0	1.881	Moderado	
2042	1.881	0	1.881	Moderado	
2043	1.881	0	1.881	Moderado	
2044	1.881	0	1.881	Moderado	
2045	1.881	0	1.881	Moderado	
2046	1.881	0	1.881	Moderado	
2047	1.881	0	1.881	Moderado	
2048	1.881	0	1.881	Moderado	
2049	1.881	0	1.881	Moderado	
2050	1.881	0	1.881	Moderado	
2051	1.881	0	1.881	Moderado	
2052	1.881	0	1.881	Moderado	
2053	1.881	0	1.881	Moderado	
2054	1.881	0	1.881	Moderado	
2055	1.881	0	1.881	Moderado	
2056	1.881	0	1.881	Moderado	
2057	1.881	0	1.881	Moderado	
2058	1.881	0	1.881	Moderado	
2059	1.881	0	1.881	Moderado	
2060	1.881	0	1.881	Moderado	
2061	1.881	0	1.881	Moderado	

ANEXO 14

14. Financiamiento de Caluma Alto.

		Inversion	10.584.388,01		1531860,434												
		CREDITO 1				CREDITO 2					CREDITO No.3						
		MONTO	4.233.755			MONTO	3.175.316				MONTO	3.175.316					
		PLAZO	13			PLAZO	13				PLAZO	13					
		INTERES	8,00%			INTERES	8,00%				INTERES	8,00%					
		A GRACIA	3			A GRACIA	3				ANOS G	3					
	DESEMBOLSOS	SALDOS	AMORTZ.	INTERESES	CAP+INT		DESEMBOLSOS	SALDOS	AMORTZ.	INTERESES	CAP+INT		DESEMBOLSOS	SALDOS	AMORTZ.	INTERESES	CAP+INT
0				0	0	0				0	0	0				0	0
1	1.058.439	4.233.755	0	84.675	84675,10	1	793.829	3.175.316	0	63.506	63506,33	1	793.829		0	63.506	63506,33
2	2.116.878	4.233.755	0	254.025	254025,31	2	1.587.658	3.175.316	0	190.519	190518,98	2	1.587.658	3.175.316	0	190.519	190518,98
3	1.058.439	4.233.755	0	338.700	338700,42	3	793.829	3.175.316	0	254.025	254025,31	3	793.829	3.175.316	0	254.025	254025,31
4	0	4.233.755	423.376	338.700	762075,94	4	0	3.175.316	317.532	254.025	571556,95	4		3.175.316	317.532	254.025	571556,95
5		3.810.380	423.376	304.830	728205,90	5		2.857.785	317.532	228.623	546154,42	5		2.857.785	317.532	228.623	546154,42
6		3.387.004	423.376	270.960	694335,85	6		2.540.253	317.532	203.220	520751,89	6		2.540.253	317.532	203.220	520751,89
7		2.963.629	423.376	237.090	660465,81	7		2.222.721	317.532	177.818	495349,36	7		2.222.721	317.532	177.818	495349,36
8		2.540.253	423.376	203.220	626595,77	8		1.905.190	317.532	152.415	469946,83	8		1.905.190	317.532	152.415	469946,83
9		2.116.878	423.376	169.350	592725,73	9		1.587.658	317.532	127.013	444544,30	9		1.587.658	317.532	127.013	444544,30
10		1.693.502	423.376	135.480	558855,69	10		1.270.127	317.532	101.610	419141,77	10		1.270.127	317.532	101.610	419141,77
11		1.270.127	423.376	101.610	524985,65	11		952.595	317.532	76.208	393739,23	11		952.595	317.532	76.208	393739,23
12		846.751	423.376	67.740	491115,60	12		635.063	317.532	50.805	368336,70	12		635.063	317.532	50.805	368336,70
13		423.376	423.376	33.870	457245,56	13		317.532	317.532	25.403	342934,17	13		317.532	317.532	25.403	342934,17
14		0	0	0	0,00	14		0	0	0	0,00	14		-0	0	-0	0,00
TOTAL	4.233.755		4.233.755	2.540.253	6774008,33	TOTAL	3.175.316		3.175.316	1.905.190	5080506,24	TOTAL	3.175.316		3.175.316	1.905.190	5080506,24

ANEXO 15

15. Resultados de la Evaluación Financiera.

CENTRAL HIDROELECTRICA	
PRE-FACTIBILIDAD FINANCIERA DEL PROYECTO CALUMA	

FINANCIAMIENTO: CRED. 1 : 4.233.755,20 MILLONES US \$
 CRED. 2 : 3.175.316,40 MILLONES US \$
 CRED. 3 : 3.175.316,40 MILLONES US \$

RESULTADOS DE LA EVALUACION FINANCIERA

	TIR	22,93%
VAN	10,00%	1.012.705

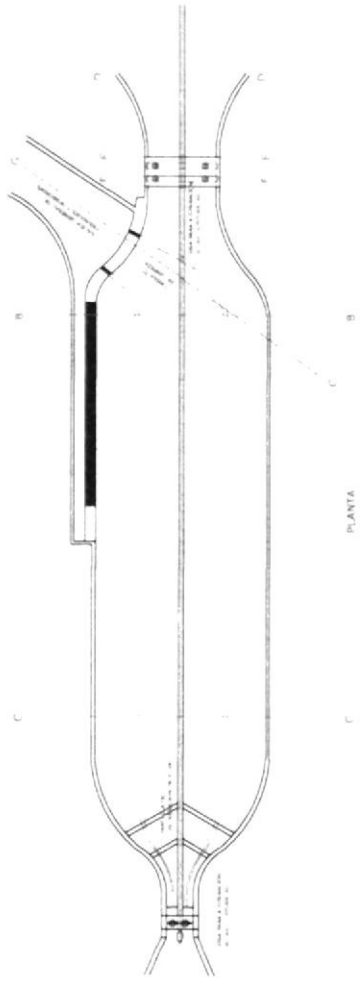
EVALUACION FINANCIERA - CANTIDADES EN MILES DE US\$

Año	SERVICIO DE DEUDAS			TOTAL	Margen operacional			CER	Flujo Neto	
	CREDITO 1	CREDITO 2	CREDITO 3		Ingresos	Gastos O&M	Seguros y G.G.			Margen
2.011	-84.675,10	-63.506,33	-63.506,33	-211.687,76	0,00	-52921,94	-52921,94	-105.844	0	-317.532
2.012	-254.025,31	-190.518,98	-190.518,98	-635.063,28	0,00	-52921,94	-52921,94	-105.844	0	-740.907
2.013	-338.700,42	-254.025,31	-254.025,31	-846.751,04	0,00	-52921,94	-52921,94	-105.844	0	-952.595
2.014	-762.075,94	-571.556,95	-571.556,95	-1.905.189,84	1881000,00	-52921,94	-52921,94	1.775.156	366.545	236.511
2.015	-728.205,90	-546.154,42	-546.154,42	-1.820.514,74	1881000,00	-52921,94	-52921,94	1.775.156	302.453	257.095
2.016	-694.335,85	-520.751,89	-520.751,89	-1.735.839,63	1881000,00	-52921,94	-52921,94	1.775.156	460.394	499.711
2.017	-660.465,81	-495.349,36	-495.349,36	-1.651.164,53	1881000,00	-52921,94	-52921,94	1.775.156	395.997	519.989
2.018	-626.595,77	-469.946,83	-469.946,83	-1.566.489,43	1881000,00	-52921,94	-52921,94	1.775.156		208.667
2.019	-592.725,73	-444.544,30	-444.544,30	-1.481.814,32	1881000,00	-52921,94	-52921,94	1.775.156		293.242
2.020	-558.855,69	-419.141,77	-419.141,77	-1.397.139,22	1881000,00	-52921,94	-52921,94	1.775.156		378.017
2.021	-524.985,65	-393.739,23	-393.739,23	-1.312.464,11	1881000,00	-52921,94	-52921,94	1.775.156		462.692
2.022	-491.115,60	-368.336,70	-368.336,70	-1.227.789,01	1881000,00	-52921,94	-52921,94	1.775.156		547.367
2.023	-457.245,56	-342.934,17	-342.934,17	-1.143.113,91	1881000,00	-52921,94	-52921,94	1.775.156		632.042
2.024				0,00	1881000,00	-52921,94	-52921,94	1.775.156		1.775.156
2.025					1881000,00	-52921,94	-52921,94	1.775.156		1.775.156
2.026					1881000,00	-52921,94	-52921,94	1.775.156		1.775.156
2.027					1881000,00	-52921,94	-52921,94	1.775.156		1.775.156
2.028					1881000,00	-52921,94	-52921,94	1.775.156		1.775.156
2.029					1881000,00	-52921,94	-52921,94	1.775.156		1.775.156
2.030					1881000,00	-52921,94	-52921,94	1.775.156		1.775.156
2.031					1881000,00	-52921,94	-52921,94	1.775.156		1.775.156
2.032					1881000,00	-52921,94	-52921,94	1.775.156		1.775.156
2.033					1881000,00	-52921,94	-52921,94	1.775.156		1.775.156
2.034					1881000,00	-52921,94	-52921,94	1.775.156		1.775.156
2.035					1881000,00	-52921,94	-52921,94	1.775.156		1.775.156
2.036					1881000,00	-52921,94	-52921,94	1.775.156		1.775.156
2.037					1881000,00	-52921,94	-52921,94	1.775.156		1.775.156
2.038					1881000,00	-52921,94	-52921,94	1.775.156		1.775.156
2.039					1881000,00	-52921,94	-52921,94	1.775.156		1.775.156
2.040					1881000,00	-52921,94	-52921,94	1.775.156		1.775.156
2.041					1881000,00	-52921,94	-52921,94	1.775.156		1.775.156
2.042					1881000,00	-52921,94	-52921,94	1.775.156		1.775.156
2.043					1881000,00	-52921,94	-52921,94	1.775.156		1.775.156
2.044					1881000,00	-52921,94	-52921,94	1.775.156		1.775.156
2.045					1881000,00	-52921,94	-52921,94	1.775.156		1.775.156
2.046					1881000,00	-52921,94	-52921,94	1.775.156		1.775.156
2.047					1881000,00	-52921,94	-52921,94	1.775.156		1.775.156
2.048					1881000,00	-52921,94	-52921,94	1.775.156		1.775.156
2.049					1881000,00	-52921,94	-52921,94	1.775.156		1.775.156
2.050					1881000,00	-52921,94	-52921,94	1.775.156		1.775.156
2.051					1881000,00	-52921,94	-52921,94	1.775.156		1.775.156
2.052					1881000,00	-52921,94	-52921,94	1.775.156		1.775.156
2.053					1881000,00	-52921,94	-52921,94	1.775.156		1.775.156
2.054					1881000,00	-52921,94	-52921,94	1.775.156		1.775.156
2.055					1881000,00	-52921,94	-52921,94	1.775.156		1.775.156
2.056					1881000,00	-52921,94	-52921,94	1.775.156		1.775.156
2.057					1881000,00	-52921,94	-52921,94	1.775.156		1.775.156
2.058					1881000,00	-52921,94	-52921,94	1.775.156		1.775.156
2.059					1881000,00	-52921,94	-52921,94	1.775.156		1.775.156
2.060					10408,75	-52921,94	-52921,94	-95.435		-95.435
	-6.774.008	-5.080.506	-5.080.506	-16.935.021	86.536.409	-2.646.097	-2.646.097	81.244.215	1.525.390	65.834.584

TIR	22,93%
VAN	1.012.705

ANEXO 16

16. Planos

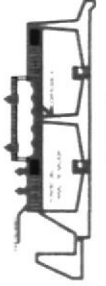


PLANTA



CORTE A-A

APUNTO	CL.	A.
ITEMS	A	ESCALERAS
A	30.00	20.00
B	1.50	1.50
C	9.00	9.00
D	9.00	9.00
E	18.00	18.00
F	1.15	1.50
G	4.00	3.50
H	7.00	7.00
I	3.00	4.00



CORTE B-B



CORTE C-C



CORTE G-G

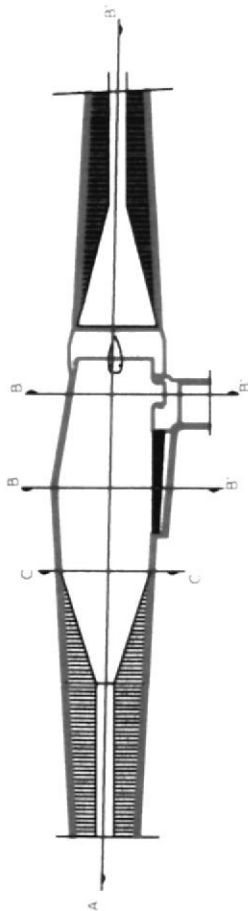


CORTE E-E

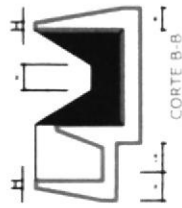


CORTE F-F

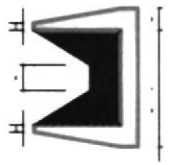
CENTINALES REQUINAS	
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE C.	
DEPARTAMENTO DE PLANTA	
CURSOS Y CARACTERÍSTICAS	
DESIGNADO ALDO CANZULIN	PROYECTO CALUMBA AL NO.
DISEÑADO RESERVA PARALELO	
REVISADO ING. J. MARTINEZ	
FECHA: ABRIL DE 2007	



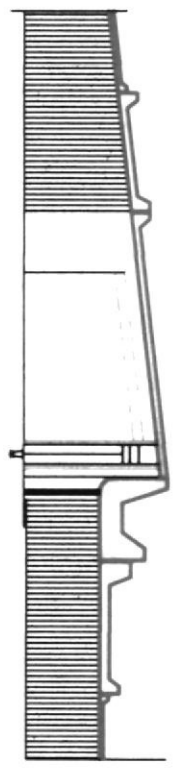
PLANTA ALIVIADERO DE ACCESOS



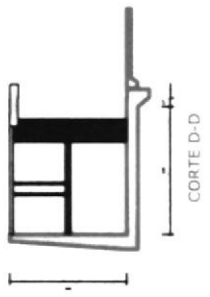
CORTE B-B



CORTE C-C



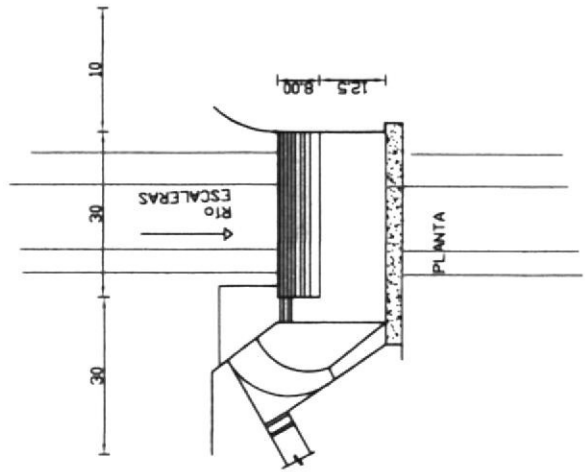
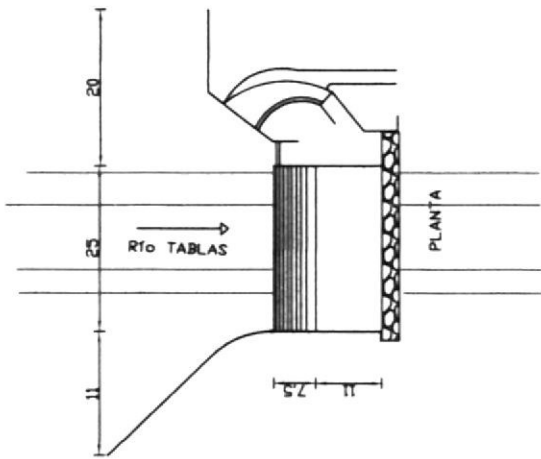
CORTE A-A



CORTE D-D

APUNDE A TABLAS E ESCALERAS		CL. A
ITEM	VALOR	ESCALERAS
A	18.00	10.00
B	1.90	18.00
C	1.00	1.00
D	8.00	9.00
E	18.00	18.00
F	1.15	1.90

 EMPRESA REGISTRADA FACULTAD SUPERIOR DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA INSTITUCION EDUCATIVA "LOS ANDES" CARRERA DE INGENIERIA EN SISTEMAS DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA	
LA EMPRESA, S.R.L. CARRERA 100 N. 100 BOGOTÁ, COLOMBIA TEL: 334 4000	ALPINA S.R.L. CARRERA 100 N. 100 BOGOTÁ, COLOMBIA TEL: 334 4000



CIB - ESPOL

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
 CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES EN CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
 LABORATORIO NACIONAL DE INVESTIGACIONES EN CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
 CAROLINA, VENEZUELA

Referencias Bibliográficas

- [1] Santo Potess, E.: *“CENTRALES ELECTRICAS”*.
- [2] Ortiz Flores, Ramiro: *“PEQUEÑAS CENTRALES HIDROELECTRICAS”*.
- [3] J. Fritz, Jack: *“SMALL AND MINI HYDROPOWER SYSTEMS”*. Mc Graw Hill Book Company, 1984 Pág 11.1 – 11.18.
- [4] Benites Carrasco, Manuel; Jiménez Williams, Antonio; Ochoa Coronel, Jimmy: *“APROVECHAMIENTO DEL RIO PITA EN LA PROVINCIA DE BOLIVAR PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA CENTRAL HIDROELÉCTRICA (PROYECTO CALUMA BAJO)”*.
- [5] Regulación No. CONELEC – 009/06: *“PRECIOS DE LA ENERGÍA PRODUCIDA CON RECURSOS ENERGÉTICOS RENOVABLES NO CONVENCIONALES”*.
- [6] <http://www.mop.gov.ec/mapas/Mapa.asp>
- [7] http://www.contratanet.gov.ec/docsystem/GRP6000/CONADQ6637/Anexos_CO DE6333.pdf
- [8] http://www.bce.fin.ec/indicador.php?tbl=inflacion_acumulada}