



# **PROYECTO HIDROLOGICO**

## **RIO CHIMBO**

**Presentado por:  
Danny Joseph Orozco Coello**

**Director de Proyecto de Grado:  
Ing. Gustavo Bermúdez**



# **INTRODUCCIÓN**

**CAPITULO 1: DESCRIPCION GENERAL**

**CAPITULO 2: HIDROLOGIA**

**CAPITULO 3: GEOLOGIA**

**CAPÍTULO 4: PRODUCCIONES ENERGÉTICAS**

**CAPITULO 5: PRESUPUESTO DE OBRA**

**CAPITULO 6: EVALUACION ECONOMICA**

**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

# INTRODUCCION

- El INECEL fue el encargado del desarrollo de los proyectos hidroeléctricos de mediana capacidad como solución a corto plazo de las necesidades energéticas debido al crecimiento anual de la demanda en las distintas regiones del País.
- La ESPOL mediante el proyecto de grado seleccionó uno de los proyectos hidroeléctricos cuya información disponible se encuentra a nivel de pre factibilidad, el cual es denominado "PROYECTO HIDROLOGICO RIO CHIMBO", lo cual se consideró como guía los estudios realizados por el INECEL.

El presente proyecto de grado tiene los siguientes objetivos:

- Actualizar el proyecto hidroeléctrico Rio Chimbo mediante la actualización de costos y producciones energéticas para el análisis económico respectivo.
- Determinar si el proyecto es o no recomendable en base a los índices obtenidos del estudio económico.
- Actualizar el estudio hidrológico basado en una serie de caudales diarios correspondiente a los años 1965 al 1995.
- Ayudar a solucionar los problemas energéticos del país promocionando los proyectos hidroeléctricos de mediana capacidad.

# **CAPITULO 1: DESCRIPCION GENERAL**

## **Información disponible.**

A lo largo del río Chimbo disponemos de cuatro estaciones fluviométricas, las mismas que son:

Chimbo A.J. Río San Lorenzo.

Chimbo A.J. Río San Juan.

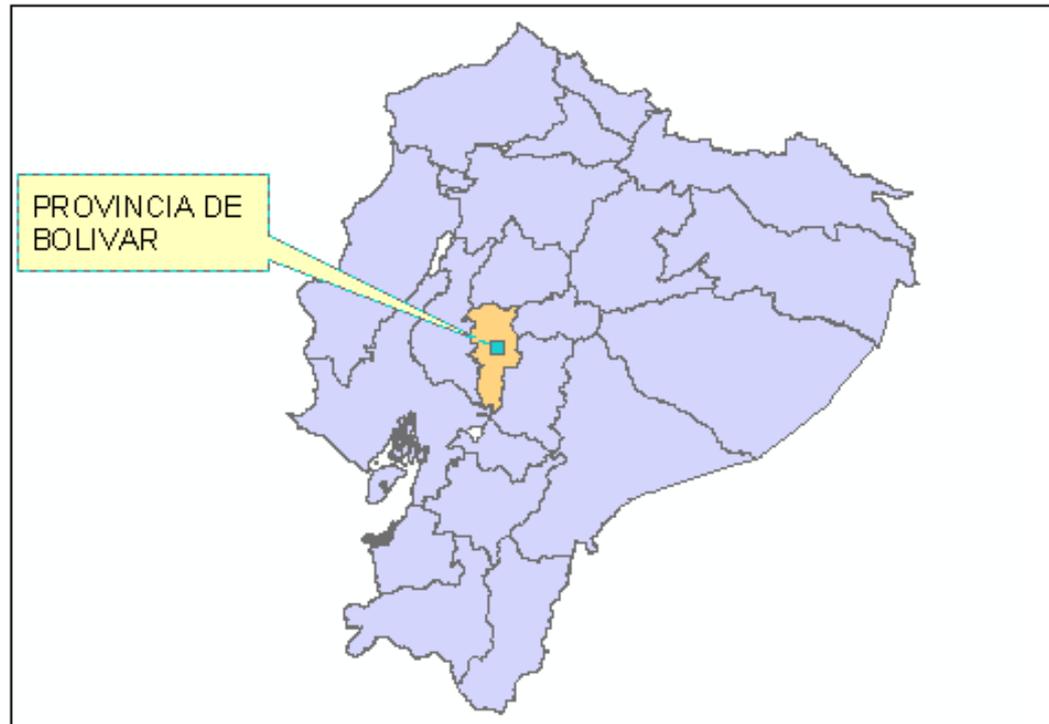
Chimbo D.J. Río Pangor.

Chimbo en Bucay.

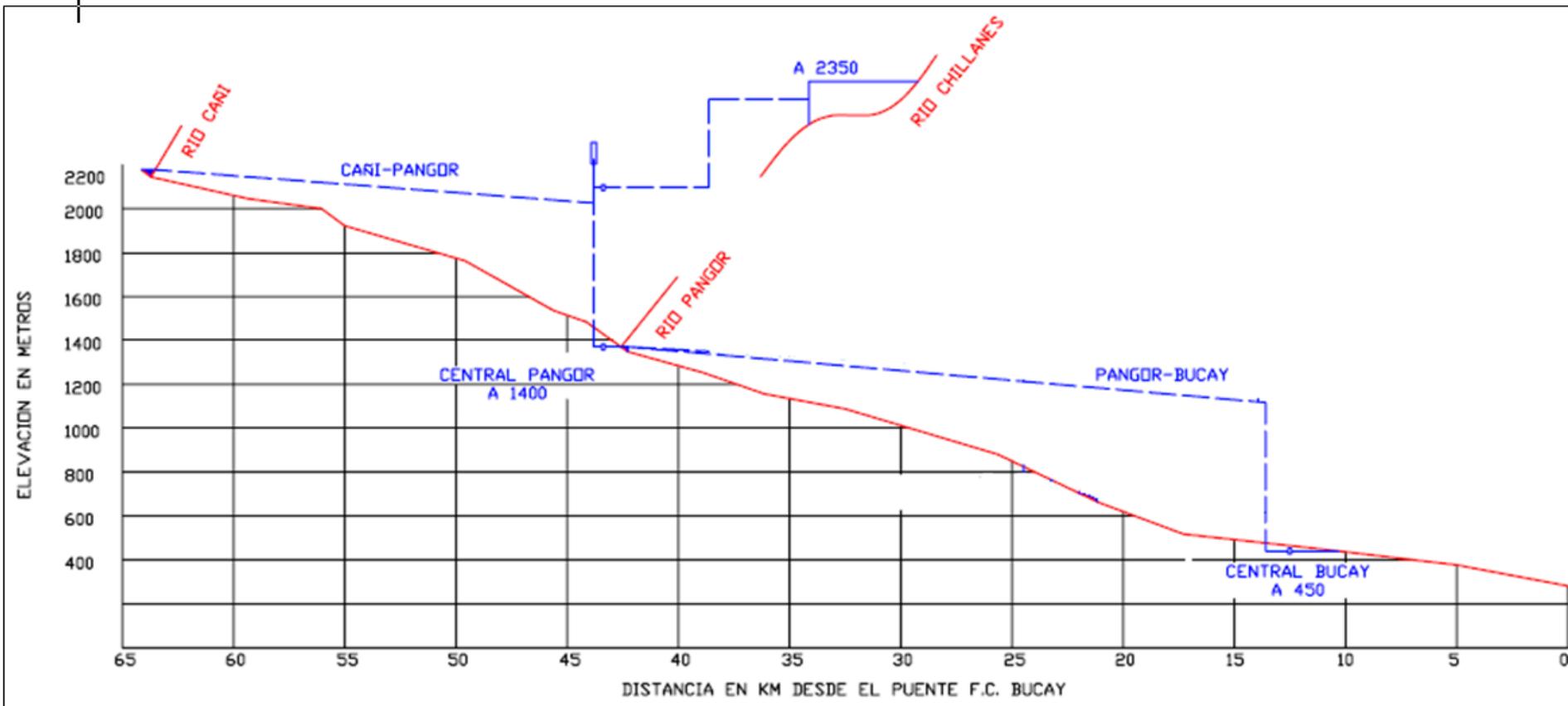
Para la realización del aprovechamiento del Río Chimbo solo se tomó en cuenta la estación fluviométrica de "Chimbo D.J. Río Pangor" desde el año 1982 hasta el año 1995.

## Ubicación

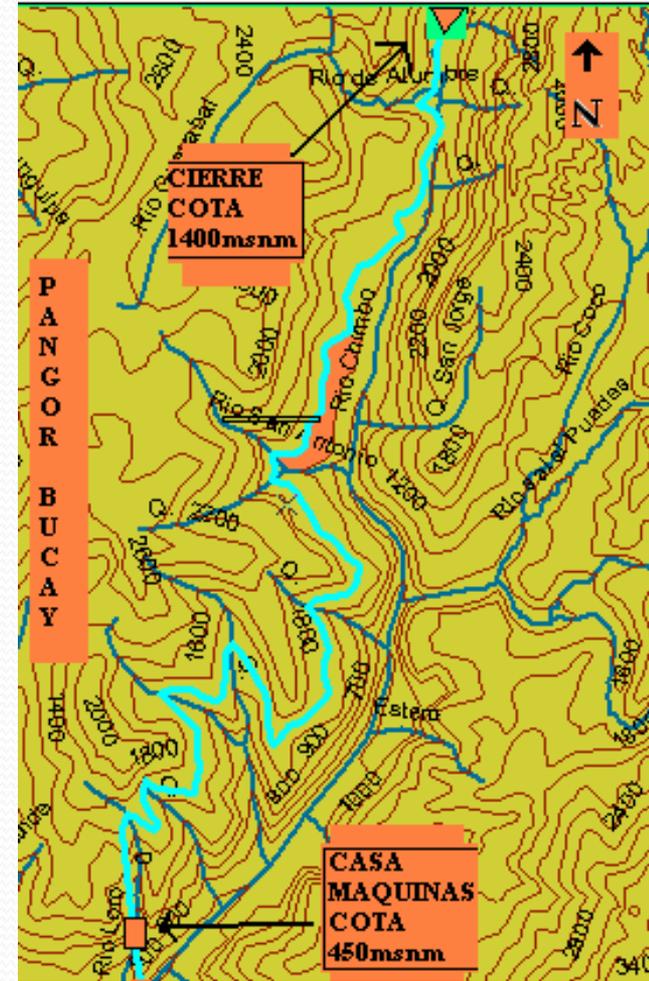
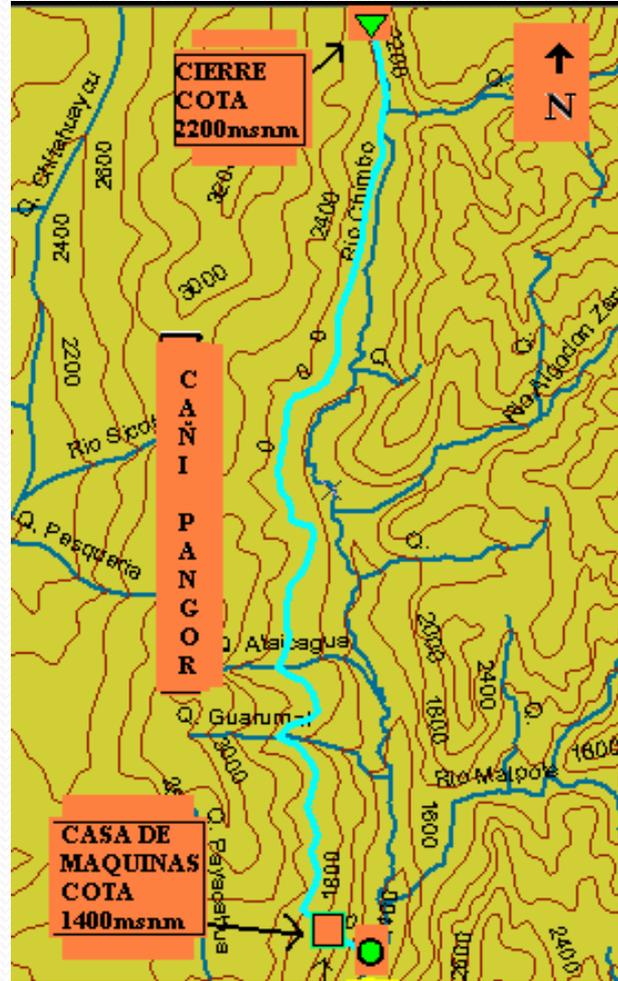
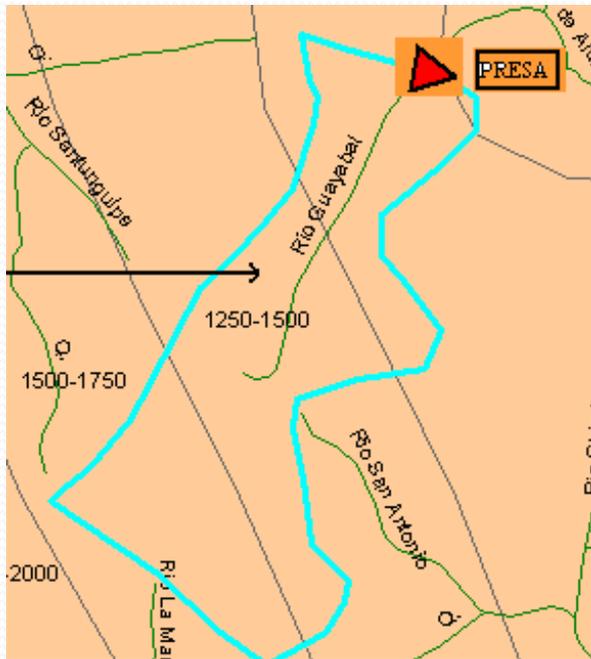
La cuenca del Río Chimbo, se encuentra ubicada en la parte central - occidental del País, en la provincia de Bolívar, siguiendo una dirección Norte-Sur, entre los paralelos  $1^{\circ}15' S$  y  $2^{\circ}15' S$  y los meridianos  $78^{\circ}50' W$  y  $79^{\circ}05' W$ .



# Descripción Geográfica



# Descripción Geográfica



Tiene una longitud aproximada de 136 km desde su nacimiento en la cota 4000 hasta Bucay cota 297 y al unirse con el Chanchan, forman el río Yaguachi que desemboca en el río Babahoyo.

## **Consideraciones Climatológicas Generales.**

Dentro de la cuenca pueden diferenciarse dos zonas con influencia topográfica:

ZONA FRÍA en la parte alta a partir de los 1200 m.s.n.m.

ZONA TEMPLADA cálida desde los 1200 m.s.n.m. hacia la costa.

# CAPITULO 2: HIDROLOGIA

## Características Hidrológicas de la Cuenca Rio Chimbo

PARAMETROS	UNIDADES	CAÑI	PANGOR
Lugar de la toma	***	Chimbo DJ Cañí	Chimbo DJ Pangor
Cota de cierre	msnm	2180	1330,00
Cota de derivación	msnm	2200	1350,00
Perímetro	km	154,08	196,02
Área de drenaje	km <sup>2</sup>	978,07	1391,13
Índice de Compacidad	***	1,38	1,47
Máximo recorrido	km	60,63	104,54
Factor de forma	***	0,27	0,13
Altitud media	msnm	4112,86	3648,71
Coefficiente Orográfico	***	17294,92	9569,98

## Características Hidrológicas de la Cuenca Rio Chimbo

<b>EMBALSE CHILLANES</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>VALOR</b>
<b>Altura de la presa</b>	m	125
<b>Volumen variable embalse</b>	Hm3	164
<b>Volumen muerto</b>	Hm3	80
<b>Área del embalse</b>	Km2	6
<b>Área de drenaje</b>	Km2	37,738871
<b>Perímetro</b>	Km2	42,582044

## **Coefficiente de transposición.**

Con el programa ArcMap, y utilizando información cartográfica digitalizada de la cuenca del Guayas e isoyetas de la cobertura nacional, se calculó el coeficiente de transposición, para interpolar los caudales registrados en la estación fluviométrica de "Chimbo D.J. Rio Pangor", hasta cada punto de interés del proyecto Chimbo

\*El coeficiente de transposición ( $K_t$ )

Relaciona características físico-hidrológicas como el área de drenaje de la cuenca y la precipitación media ponderada.

## Parámetros hidrológicos de la cuenca del Rio Chimbo

PMP	PMP PROMEDIO	AREA			
		CAÑI	PANGOR	COCO	CHILLANES
500-750	625	70,965633	70,95172	70,95172	***
750-1000	875	545,824605	633,256662	875,744162	0,729883
1000-1250	1125	269,246055	349,441875	519,898196	16,784682
1250-1500	1375	87,87364	285,529999	316,399631	10,286741
1500-1750	1625	4,160597	51,949895	58,231329	9,892685
1750-2000	1875	***	***	***	0,492465
<b>AREA TOTAL</b>		978,07053	1391,13015	1841,22504	37,693991
<b>PMP</b>		973,79387	1055,68041	1045,59834	1344,10465

## Parámetros hidrológicos para el embalse en Chillanes.

ESTACIÓN BASE CHIMBO DJ PANGOR	
Sitio	Factor de trasposición (KT)
Chimbo DJ Cañí	<b>0,648540327</b>
Chillanes	<b>0,034498879</b>

## Caudales de la cuenca del Rio Chimbo

A partir de los caudales promedio mensuales de la estación fluviométrica de "Chimbo D.J. Rio Pangor" se han determinado los caudales Q50 y Q90 (caudal firme).

CAUDALES	UNIDADES	CAÑI	PANGOR	CHILLANES
QMEDIO	m3/s	9,67	14,91	0,51
Q50	m3/s	6,86	10,58	0,36
Q90	m3/s	2,70	4,17	0,14
Q10	m3/s	23,10	36,58	1,24
Q Ecológico	m3/s	0,97	1,49	0,05

\*Q Ecológico: Es equivalente al 10% del caudal medio del proyecto para preservar el ecosistema, el cual depende de las aguas del río.



En el análisis hidrológico realizado por el ex INECEL se determinó que el caudal de diseño es aproximadamente dos veces el caudal medio “ $Q_{\text{Diseño}}=2Q_{\text{Medio}}$ ” luego de haber realizado la optimización de caudales.

Todos los cálculos como el dimensionamiento de los equipos y las producciones energéticas de cada central se han realizado basados en estos caudales de diseño.

# CAPITULO 3: GEOLOGIA

## **Geología del sitio**

Este proyecto esta predominantemente dentro de las rocas volcánicas de la Formación Conjunto Piñón, cuyos tipos de rocas incluyen:

- Andesita
- Andesita porfídica
- Brechas andesíticas
- Tobas

La roca esta generalmente cubierta por una capa de suelo residual o coluvial y los afloramientos no son abundantes.

La estratificación de flujo o bandeamiento buza hacia el Este con ángulos de 15 a 40 grados.

El diaclasamiento es espaciado con dos juegos prominentes con dirección Este – Oeste y Norte – Sur, con buzamientos desde 30 grados, hasta cercanos a la vertical. En el área del proyecto no existen fallas aparentes o rocas cizalladas.

Se presentan localmente conos aluviales y depósitos terrazados bajos. Estos depósitos se componen de gravas con bloques y guijos con pequeño contenido de limo o arcilla y deficiencia de arena limpia.

## **Material de Construcción.**

El principal requerimiento de material para todas las estructuras está constituido por los agregados para hormigón.

El material puede obtenerse en suficiente cantidad, de los potentes suelos residuales.

Todo el material para las zonas de filtros, arena, grava, enrocadas y agregadas de hormigón deberá ser manufacturado de las rocas de la Formación Conjunto Piñón, que se encuentra a lo largo de la cuenca del Rio Chimbo.

# CAPITULO 4: PRODUCCION ENERGETICA

- El estudio de las producciones energéticas es fundamental para la determinación de los beneficios que ingresarán a los proyectos durante su período de vida el cual fue considerado de 50 años, y así mediante el estudio económico respectivo concluir si es factible o no el desarrollo de los proyectos.
- El Programa que se uso para la estimación de Producciones Energéticas es el PFIRM, el cual se basa en modelos estocásticos, es una herramienta que permite analizar y generar datos con el objetivo de planificar y garantizar proyectos hidroeléctricos.

## Datos generales para la operación del sistema

Se ha considerado el 97% de garantía anual y mensual para la energía y capacidad firme, aumentando la confiabilidad en este parámetro, normalmente fijado al 90%. No se considera déficit de energía para un año o mes fallido (0%). Se considera que en un día promedio la central trabaja 4 horas en el período pico.

**PFIRM - General Data for System Operation**

**Operation Criteria**

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	◀		▶

**Help** **Print** **Clear** **Cancel** << >> **OK**

## **Características de la Centrales**

El programa requiere que se identifique el tipo de central analizar. En este caso se ha seleccionado la opción Run of the River Plant (central de pasada) para CAÑI-PANGOR y Reservoir Plant para CHILLANES. Se ingresaron los valores de Potencia Instalada, caída neta y caudal de diseño.

También se han ajustado los valores de eficiencia tanto de la turbina como del generador los cuales son de 92% y 98% respectivamente.

# Datos de la planta CAÑI-PANGOR

Firm Energy Model - Plant Data

**Design Data**

Type: Run-of-the-River Plant  
Reservoir Plant  
Regulation Reservoir

Design Capacity (MW): 164,00

Design Head (m): 766,30

Design Discharge (m<sup>3</sup>/s): 24,00

Excluded From Calculations

Turbine Efficiency (%): 92,00

Generator Efficiency (%): 98,00

Forced Outage Factor (%): 3,00

Max Reservoir Elevation (m): 2.160,00

Min Reservoir Elevation (m): 2.160,00

Name of the Facility: PROY CAÑI-PANGOR 7

Help Print Clear Cancel << >> OK

# Datos de la planta CHILLANES

Firm Energy Model - Plant Data

**Design Data**

Type: Run-of-the-River Plant  
Reservoir Plant  
Regulation Reservoir

Design Capacity (MW): 36,00

Design Head (m): 167,40

Design Discharge (m<sup>3</sup>/s): 24,00

Excluded From Calculations

Turbine Efficiency (%): 92,00

Generator Efficiency (%): 98,00

Forced Outage Factor (%): 3,00

Max Reservoir Elevation (m): 2.370,00

Min Reservoir Elevation (m): 2.340,00

Name of the Facility: CHILLANES 2

Help Print Clear Cancel << >> OK

## Pérdidas de altura en la restitución

Se han tomado diferentes valores de caudales y se ha estimado el efecto que tiene cada valor en el nivel de restitución de su central respectiva.

CAÑI – PANGOR		CHILLANES	
Caudal Turbinado (m <sup>3</sup> /s)	Pérdidas (m)	Caudal Turbinado (m <sup>3</sup> /s)	Perdidas (m)
7.82	6.17	8.36	1.53
8.60	7.46	11.06	2.68
9.18	8.5	15.86	5.50
15.86	25.38	24	12.60

## **Datos para los trasvases**

Se realizan los trasvases de CHILLANES hacia CAÑI-PANGOR y de CAÑI-PANGOR hacia PANGOR-BUCAY. Esto se hace con la finalidad de que los proyectos funcionen en cascada.

Los proyectos Chillanes y Cañí-Pangor realizan descarga turbinada por lo que en ambos trasvases se elige la opción Turbined Discharge.

Además se muestran los valores que se han ingresado de caudal mínimo, medio y máximo para los 2 trasvases realizados. Dichos valores evitan que los trasvases envíen más agua de lo que puede turbinar cada proyecto.

## Trasvase de Chillanes hacia Cañí-Pangor

**-Diversion 1**

To:  7

**Type of Diversion**

Non Regulated Discharge (upstream diversion)  
 Regulated Discharge (from reservoir)  
 Turbined Discharge (downstream diversion)

**Operating Rules**

	Q for L=LMin	Q for L=LMid	Q for L=LMax	Q Max for any L
Jan	0,00	24,00	24,00	24,00
Feb	0,00	24,00	24,00	24,00
Mar	0,00	24,00	24,00	24,00
Apr	0,00	24,00	24,00	24,00
May	0,00	24,00	24,00	24,00
Jun	0,00	24,00	24,00	24,00
Jul	0,00	24,00	24,00	24,00
Aug	0,00	24,00	24,00	24,00
Sep	0,00	24,00	24,00	24,00
Oct	0,00	24,00	24,00	24,00
Nov	0,00	24,00	24,00	24,00
Dec	0,00	24,00	24,00	24,00

From:  2

Number of Diversions:

## Trasvase de Cañí - Pangor hacia Pangor - Bucay

**PFIRM - Diversion as a Function of Reservoir Level**

**-Diversion 1**

To:  9

**Type of Diversion**

Non Regulated Discharge (upstream diversion)  
 Regulated Discharge (from reservoir)  
 Turbined Discharge (downstream diversion)

**Operating Rules**

	Q for L=LMin	Q for L=LMid	Q for L=LMax	Q Max for any L
Jan	0,00	24,00	24,00	24,00
Feb	0,00	24,00	24,00	24,00
Mar	0,00	24,00	24,00	24,00
Apr	0,00	24,00	24,00	24,00
May	0,00	24,00	24,00	24,00
Jun	0,00	24,00	24,00	24,00
Jul	0,00	24,00	24,00	24,00
Aug	0,00	24,00	24,00	24,00
Sep	0,00	24,00	24,00	24,00
Oct	0,00	24,00	24,00	24,00
Nov	0,00	24,00	24,00	24,00
Dec	0,00	24,00	24,00	24,00

From:  7

Number of Diversions:

## Datos de simulación de operación.

En esta sección se toma en cuenta el caudal mínimo hasta el cual la central puede operar. Se ha considerado un caudal mínimo de 0 m<sup>3</sup>/s en Chillanes, Cañí - Pangor y Pangor-Bucay debido a que se está trabajando con caudales promedio mensuales .

### Simulación de la operación de Cañí-Pangor

PFIRM - Operating Simulation Data

	Plant			Reservoir			
	Q Min (m3/s)	Q Max (m3/s)	Planned Outage (%)	Min Elev. (m)	Max Elev. (m)	Evaporation (mm)	QFirm Distr. (%)
January	1,20	24,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
February	1,20	24,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
March	1,20	24,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
April	1,20	24,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
May	1,20	24,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
June	1,20	24,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
July	1,20	24,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
August	1,20	24,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
September	1,20	24,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
October	1,20	24,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
November	1,20	24,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
December	1,20	24,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Site Name: Cañí-Pangor 2

QFirm Distribution

Help Print Clear Cancel << >> OK

# Simulación de la operación de Pangor-Bucay-Chillanes

## PFIRM - Operating Simulation Data

	Plant			Reservoir			
	Q Min (m3/s)	Q Max (m3/s)	Planned Outage (%)	Min Elev. (m)	Max Elev. (m)	Evaporation (mm)	QFirm Distr. (%)
January	1,20	24,00	0,00	2.340,00	2.370,00	0,00	120,00
February	1,20	24,00	0,00	2.340,00	2.370,00	0,00	120,00
March	1,20	24,00	0,00	2.340,00	2.370,00	0,00	110,00
April	1,20	24,00	0,00	2.340,00	2.370,00	0,00	105,00
May	1,20	24,00	0,00	2.340,00	2.370,00	0,00	95,00
June	1,20	24,00	0,00	2.340,00	2.370,00	0,00	80,00
July	1,20	24,00	0,00	2.340,00	2.370,00	0,00	80,00
August	1,20	24,00	0,00	2.340,00	2.370,00	0,00	75,00
September	1,20	24,00	0,00	2.340,00	2.370,00	0,00	90,00
October	1,20	24,00	0,00	2.340,00	2.370,00	0,00	100,00
November	1,20	24,00	0,00	2.340,00	2.370,00	0,00	110,00
December	1,20	24,00	0,00	2.340,00	2.370,00	0,00	115,00

Site Name: CHILLANES

2

## Resultados de la simulación en PFIRM

Se han realizado las simulaciones en cascada para prever el comportamiento de las 3 centrales durante los próximos 50 años.

### Resultados de la simulación en PFIRM para Chillanes

<b>CHILLANES</b>	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO
Caudales Promedio Esperados (m3/s)	10.93	20.02	30.58	31.64	24.80	17.11	10.81	7.81	8.23	9.44	8.82	8.10	15.65
Caudales Promedio Turbinados (m3/s)	13.23	15.16	17.01	18.90	17.97	15.96	11.55	9.49	10.91	12.02	12.33	12.51	13.90
Caudal Excedente Promedio Mensual (m3/s)													
Capacidad Máxima Promedio Mensual (MW)	31.87	31.96	32.61	33.33	33.76	33.94	33.98	33.87	33.63	33.30	32.90	32.36	33.13
Generación Promedio Mensual (GWh)	14.63	14.93	17.52	19.46	19.56	17.43	13.34	11.03	12.14	13.70	13.49	13.98	
Generación Anual Promedio (GWh)	181.22												
Energía Anual Firme (GWh)	137.27												
Capacidad Anual Firme (MW)	31.23												

## Resultados de la simulación en PFIRM para Cañí - Pangor

<b>CAÑÍ - PANGOR</b>	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO
Caudales Promedio Esperados (m3/s)	7.09	12.98	19.83	20.52	16.08	11.10	7.01	5.06	5.34	6.12	5.72	5.25	10.15
Caudales Promedio Turbinados (m3/s)	20.78	22.54	20.82	23.15	22.19	21.60	17.82	14.02	15.66	19.01	18.48	18.22	19.50
Caudal Excedente Promedio Mensual (m3/s)													
Capacidad Máxima Promedio Mensual (MW)	139.36	148.27	138.11	151.05	145.95	143.69	126.83	104.39	114.69	133.22	129.68	126.68	133.49
Generación Promedio Mensual (GWh)	101.16	98.70	101.17	108.41	107.55	101.58	88.07	70.12	75.43	93.57	88.01	89.51	
Generación Anual Promedio (GWh)	1123.29												
Energía Anual Firme (GWh)	1018.53												
Capacidad Anual Firme (MW)	123.87												

# Resultados de la simulación en PFIRM para Pangor -Bucay

<b>PANGOR-BUCAY</b>	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO
Caudales Promedio Esperados (m3/s)	10.93	20.02	30.58	31.64	24.80	17.11	10.81	7.81	8.23	9.44	8.82	8.10	15.65
Caudales Promedio Turbinados (m3/s)	29.58	32.50	29.43	34.57	32.31	32.11	27.04	20.52	21.29	23.97	22.49	20.39	26.83
Caudal Excedente Promedio Mensual (m3/s)													
Capacidad Máxima Promedio Mensual (MW)	207.89	249.31	226.11	264.00	248.24	247.99	216.44	170.41	175.31	194.21	183.75	167.09	212.56
Generación Promedio Mensual (GWh)	149.04	166.25	166.58	189.26	183.07	176.36	155.25	119.27	119.11	138.15	125.77	118.01	
Generación Anual Promedio (GWh)	1806.12												
Energía Anual Firme (GWh)	1365.19												
Capacidad Anual Firme (MW)	164.22												

# CAPITULO 5: PRESUPUESTO DE OBRA

Los datos básicos para el cálculo de precios unitarios fueron proporcionados por:

- El proyecto Caluma Bajo
- Hidronación
- El Departamento de Planificación en el Consejo Provincial del Guayas.

Dicha información de basada en costos de equipos eléctricos y mecánicos, tarifa de los equipos, costo de mano de obra, costo de materiales y su debido transporte al lugar donde se encuentra ubicado el aprovechamiento. También se tomo en cuenta los costos indirectos que tiene este tipo de obra para su ejecución.

## Costo mano de obra

Las tasas de los salarios básicos fueron estimadas considerando todos los beneficios sociales estipulados en las leyes ecuatorianas así como el valor real de los jornales. Se ha considerado que toda la mano de obra será de procedencia nacional. Y si se necesitará de la participación extranjera esta se incluiría en el rubro correspondiente.

CATEGORIA / CARGO	CAT. I	CAT. II	CAT. III	CAT. IV	CAT. V	O.E.P. 1
Salario diario unificado nominal (1)	5,93	6,02	6,08	6,20	6,32	6,69
Mensual nominal (2)	178,11	180,54	182,38	186,07	189,52	200,55
Anual nominal	2137,23	2166,52	2188,64	2232,73	2274,29	2406,55
13er Sueldo	178,11	180,54	182,38	186,07	189,52	200,55
14vo Sueldo	172,30	172,30	172,30	172,30	172,30	172,30
Aporte Patronal (3)	259,67	263,24	265,92	271,28	276,33	292,40
Fondo de reserva	178,11	180,54	182,38	186,07	189,52	200,55
Otros Codigo de Trabajo (4)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total anual	2925,41	2963,15	2991,63	3048,43	3101,96	3272,34
Total Mensual	243,79	246,93	249,30	254,04	258,50	272,69
Factor de salario real	2,29	2,28	2,28	2,28	2,28	2,27
Mensual real	243,79	246,93	249,30	254,04	258,50	272,69
Costo Horario	1,58	1,59	1,62	1,65	1,67	1,77

## Costos Unitarios indirectos

A cada rubro se incluye todos los gastos que adicionalmente a los costos directos mencionados, tienen que ser devengados por el contratista para la formalización del contrato, gastos financieros, administración de la obra, cargas sociales adicionales, imprevistos, utilidades etc. Este costo se lo expresa en porcentaje y tiene incidencia en el costo unitario directo de cada rubro.

<b>COSTO INDIRECTO</b>	<b>%</b>
Dirección de obra	7,00
Administrativos	6,00
Locales Provisionales	0,50
Vehículos	0,50
Servicios Públicos	0,50
Promoción	0,50
Garantías	3,00
Seguros	2,50
Costos financieros	3,00
Prevención de accidentes	0,50
Utilidad	10,00
<b>TOTAL DE INDIRECTOS</b>	<b>34,00</b>

## Resumen de los costos totales del proyecto Rio Chimbo

A continuación se presenta el resumen del costo total del proyecto tomando en consideración los costos directos, costos de ingeniería y administración de cada proyecto en estudio:

<b>PROYECTO</b>	<b>PANGOR - BUCAY</b>	<b>CAÑI - PANGOR</b>	<b>CHILLANES</b>
Potencia Instalada - MW	250	160	40-70
<b>ITEM</b>			
Tierra, derechos, caminos y reubicaciones	734.149	1.384.395	991.101
Embalse, Presa, Aliviadero y Obras de Control	18.280.826	12.260.492	114.741.142
Conducción	132.897.582	93.359.167	40.756.158
Equipamiento de la Central Subterránea	55.438.711	39.485.661	34.869.963
Operadores	629.270	629.270	0
Patio de maniobras y L/T	12.941.992	13.047.332	1.715.810
<b>COSTOS DIRECTOS-SUBTOTAL</b>	220.922.530	160.166.317	193.074.174
Imprevistos (20%)	44.184.506	32.033.263	38.614.835
<b>COSTOS DIRECTOS-TOTAL</b>	265.107.036	192.199.580	231.689.008
Ingeniería y Administración (15%)	53.021.407	38.439.916	46.337.802
<b>COSTO TOTAL DE CONSTRUCCION</b>	<b>318.128.443</b>	<b>230.639.496</b>	<b>278.026.810</b>
<b>COSTO TOTAL (Proyecto Rio Chimbo)</b>	<b>\$ 826.794.749</b>		

# **CAPITULO 6: EVALUACION ECONOMICA**

En el presente capítulo se realiza la evaluación económica de las centrales en cascada del proyecto RIO CHIMBO, para lo cual se ha considerado las últimas disposiciones en el ámbito energético.

Se detalla las hipótesis de cálculo, dentro de la cual encontramos parámetros como remuneración por CER, préstamo de organismos de gobierno, años de vida útil, gastos por concepto de operación y mantenimiento (O&M), y seguros, para todo el proyecto.

Finalmente se realiza la determinación del TIR y el VAN con su respectivo análisis.

## Hipótesis de Cálculo

Una vez que se obtuvo el presupuesto para la construcción, y las remuneraciones por la venta de energía; el análisis económico se lo realizó planteando:

- 50 años de vida útil.
- 5 de años de construcción.
- 0.5% de Seguro.
- 0.74% de Costos de operación y mantenimiento.
- Certificado de Reducción de Emisión de Carbono (CER).
- WACC.

## Seguro

Los costos de primas por seguros son de un 0.5% del total de la inversión, este valor se consideró constante en cada uno de los años de funcionamiento de la central.

**SEGUROS 0,5% DE LA INVERSION**

**\$ 4.133.973,75**

## Costo total anual de Personal de operación y mantenimiento

<b>PROYECTO</b>	<b>PANGOR - BUCAY</b>	<b>CAÑI - PANGOR</b>	<b>CHILLANES</b>	<b>TOTAL</b>	<b>SALARIO ANUAL PROMEDIO (\$)</b>	<b>SALARIO ANUAL TOTAL</b>
Potencia Instalada - MW	250	160	40-70	<b>PERSONAL</b>		<b>TOTAL</b>
<b>ITEM</b>						
PERSONAL TECNICO	160	80	40	280	18.000	5.040.000
PERSONAL DE LIMPIEZA	32	16	12	60	6.000	360.000
PERSONAL ADMINISTRATIVO	32	16	12	60	12.000	720.000
<b>TOTAL</b>	224	112	64	400	-	<b>\$ 6.120.000</b>

## Certificado de Reducción de Emisión de Carbono (CER)

El CER fue creado en el tratado de Kyoto para el Financiamiento de Proyectos de Energía Limpia y Renovable. Este mercado de compra-venta de CER está vigente desde el 2005.

<b>1GWh</b>	<b>1090 TON CO2</b>
<b>1 CER</b>	<b>\$10,00</b>
<b>Años de Vigencia</b>	<b>14</b>

<b>Año</b>	<b>GWh</b>	<b>\$</b>
1	3.279,28	35.744.152,00
2	3.154,90	34.388.410,00
3	2.299,74	25.067.166,00
4	3.007,71	32.784.039,00
5	2.386,66	26.014.594,00
6	2.793,66	30.450.894,00
7	3.326,21	36.255.689,00
8	3.108,57	33.883.413,00
9	3.012,80	32.839.520,00
10	3.162,83	34.474.847,00
11	3.254,94	35.478.846,00
12	3.209,43	34.982.787,00
13	3.558,51	38.787.759,00
14	2.814,14	30.674.126,00
<b>TOTAL</b>	<b>42369,38</b>	<b>\$ 461.826.242,00</b>

## WACC (K)

El WACC es un porcentaje que considera:

- Costo del Capital
- Costo de la deuda
- Tasa de impuestos
- Riesgo País
- Riesgo de la Industria, entre otros

WACC	
• $r_f$ = Tasa libre de Riesgo.	1,00
•Default Spread= Margen de riesgo por incumplimiento de pago.	11,4
•Riesgo Soberano = Riesgo del país donde se hace la inversión.	15,76
• $K_e = r_f + \beta (r_m - r_f) + \text{Riesgo Soberano}$	29,63
• $r_f$ = Tasa libre de Riesgo.	1,00
• $\beta$ = Medida de riesgo de la Industria.	1,62
• $(r_m - r_f)$ premio por invertir en un proyecto con riesgo.	11,25
• $r_m$ = rendimiento del mercado	
•Riesgo Soberano = Riesgo del país donde se hace la inversión.	15,76
$K = D / (D+E) K_d (1-t) + E / (D+E) / K_e + \text{Riesgo No Sistemático.}$	<b>28.45</b>

## Resultados TIR y VAN

A continuación se muestran los resultados obtenidos al realizar el Análisis Financiero para el Proyecto Hidrológico Rio Chimbo:

<b>TIR</b>	<b>21,80%</b>
<b>VAN</b>	<b>\$ 543.349.518,47</b>
<b>TASA</b>	<b>13%</b>

Estos valores indican que el proyecto es factible y recomendable de realizar bajo las hipótesis anteriormente mencionadas.

# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Morfológicamente y geológicamente, el proyecto RIO CHIMBO no presenta mayores complicaciones técnicas, para la construcción de cualquiera, o de las tres centrales Cañí – Pangor, Pangor – Bucay y Chillanes; además es favorable que en los puntos de captación no se hayan encontrado viviendas que se vean afectadas por estas construcciones.
2. El comportamiento hidrológico del río Chimbo para las tres centrales es el mismo, lo que facilita el análisis hidrológico y de producciones energéticas de cada una de las centrales descritas en el presente proyecto.

3. La construcción de todo el proyecto (Cañí – Pangor, Pangor – Bucay y Chillanes) se ha presupuestado en \$ 826.794.749,14. Con este valor para este proyecto de 480 MW, se ha calculado que su costo por KW instalado es de \$ 1.722.49 dólares americanos.
4. En el análisis económico del presente proyecto, se determinó que el VAN (Valor Actual Neto) aplicando una tasa de descuento del 13% fue de quinientos cuarenta y tres millones trescientos cuarenta y nueve mil quinientos diez y ocho con 27/100 ctvs. \$ 543.349.518,47. De igual forma, del análisis económico se obtuvo una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 21.80 %.

5. Luego de los cálculos de presupuestos de obra, determinación de las producciones energéticas y análisis económicos realizados, se puede concluir que el proyecto RIO CHIMBO compuesto por las centrales Cañí – Pangor, Pangor – Bucay y Chillanes (todas ellas ubicados en el Rio Chimbo), es técnicamente factible de construir, y además es económicamente rentable.
6. Durante el análisis económico se analizaron varias alternativas para el financiamiento logrando así la tasa interna de retorno descrita en el estudio, por lo que es necesario para cualquier interesado que se tome en cuenta este detalle.



**GRACIAS POR SU  
ATENCIÓN**