Aprovechamiento de las Aguas del Río Chanchan para la Producción de Energía Eléctrica (Proyecto Hidroeléctrico Chanchan Alto y Bajo)

Jorge I. Jaramillo Ortiz., Wilson X. Velásquez Moran., William A.Gallo Espinoza,
Ing. Juan Saavedra M.

Facultad de Ingeniería Eléctrica y Computación (FIEC)
Escuela Superior Politécnica del Litoral
Guayaquil, Ecuador
jjaramil@fiec.espol.edu.ec, wvelazquez@fiec.espol.edu.ec, gallo@fiec.espol.edu.ec

Resumen

Actualmente existe en el Ecuador un déficit de generación eléctrica con respecto a la demanda existente en el país, por tal motivo se ha recurrido a generaciones costosas y no seguras para el medio ambiente ,por tal motivo el presente trabajo consiste en el estudio de un nuevo proyecto hidroeléctrico de mediana capacidad, para así ayudar un poco a satisfacer la demanda de electricidad existente en la actualidad en nuestro país, y satisfacerla de una manera limpia utilizando nuestros recursos naturales renovables. Para tal objetivo se realiza el estudio del aprovechamiento de las Aguas del Río Chanchan ubicado en la Provincia de Chimborazo, del cual se realiza un análisis hidrológico podemos determinar caudales y potencias disponibles, y con un detallado análisis del presupuesto, el requerido para obras civiles eléctricas y mecánicas y de los ingresos económicos esperados de la realización del proyecto, se establece la factibilidad o no de realizar el mismo, para arrancar con la elaboración de dicha central que por su capacidad se clasificara como una mediana central.

Abstract

Actuality exists in the Ecuador a deficit of electrical generation with regard to the existing demand in the country, for this motive one has resorted to costly and not sure generations for the environment, for this motive the present work consists in the study of a new hydroelectric project of medium capacity, for this way to help to satisfy a bit the demand of existing electricity at present in our country, and to satisfy her of a clean way using our natural renewable resources. For such motivo is realized the study of the utilization of the Waters of the "Rio Chanchan" located in Chimborazo's province, of which an hidrológic analysis is realized we prune to determine wealths and available powers, and with a detailed analysis of the budget, the hended one for civil electrical and mechanical Works and of the economic income expected from the accomplishment of the project, the feasibility is established or not of fulfilling the same one, to Stara with the production of central that for its capacity was qualifying as a central median.

1. Introducción

Actualmente la generación eléctrica en el Ecuador esta en un punto critico, con constantes amenazas de racionamientos eléctricos, por lo que es imperiosa la necesidad de buscar soluciones a este problema que nos afecta a todos.
Conciente de esto, sabemos que la única solución es la de generar mas energía eléctrica, y la mejor opción es haciéndola mediante los recursos renovables con los que por naturaleza contamos, los ríos.
El Ecuador gracias a la presencia de la Cordillera de los Andes cuenta con innumerables caídas de agua tanto hacia la zona oriental, como a la zona costera las que pueden ser muy bien aprovechadas para la explotación eléctrica, muchas de las cuales ya se encuentran en diferentes estados de estudio.
Nuestro proyecto se centrara a la zona costera, en específico, a la cuenca del río Guayas utilizando las aguas del río CHANCHAN.

2. Estudios básicos

El proyecto se encuentra ubicado en la provincia de Chimborazo, pasando por sectores poblados, los cuales entre los de mayor representación es Alausí y el famoso cantón de Huigra, puntos en los cuales se tomaran como base para luego ir a reconocer el proyecto, como se ve en la figura 1.
A su vez el río Chanchan tiene como sub. Cuencas el río Alausí y el río Pumachaca y río Zula como los más importantes, los cuales en su unión forman el Chanchan.

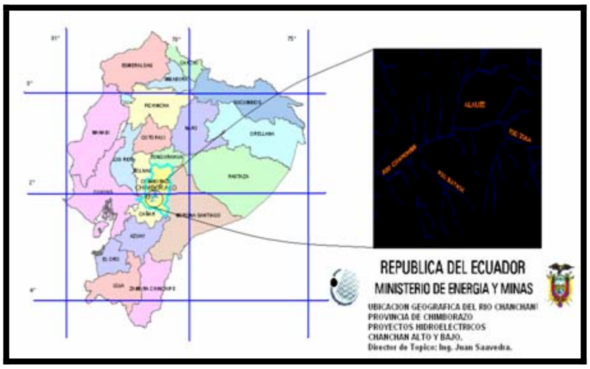

Figura 1. Ubicación geográfica del río Chanchan

2.1. Hidrología

Para el análisis del caudal de diseño de las aguas del Río Chanchan, contamos con los datos hidrológicos de caudal y de nivel de la estación hidrológica DJ Chanchan Huataxi, conocida con el código H-375. Cuya ubicación es de aproximadamente 2 kilómetros de la rivera mas cercana al Río.

Los datos se encuentran recopilados desde el año 1991 hasta el 2005 dando un total de 15 años que serán la base de nuestro estudio hidrológico.

2.2 Curva de caudal

Un requerimiento indispensable para lograr un buen manejo del recurso hídrico, es el conocimiento de la disponibilidad del mismo y de sus valores extremos, o sea, la producción de la ocurrencia del agua a largo y corto plazo.
Para la predicción de la disponibilidad y variabilidad del agua, la hidrología hace uso de técnicas que se apoyan en las estadísticas matemáticas.
La información que necesitamos para relacionar los datos hidrológicos, con la frecuencia de repetición de las mismas viene dada mediante la elaboración de la curva de duración.
La curva de duración generalmente se presenta en un gráfico con las magnitudes como ordenadas y los porcentajes de tiempo como abscisas, dado en registro de n valores, para un periodo definido, como se ve en la figura 2.

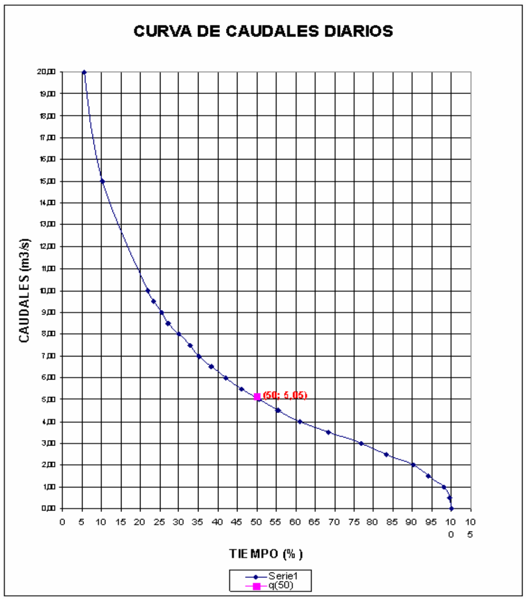

Figura 2. Curva de caudales diarios

De la curva de caudales medios diarios se establecen un caudal medio de 5. 05 m^3/s.

2.3 Geología

El estudio previo del terreno podrá llevarse a cabo a partir de la cartografía existente, que afortunadamente está disponible a una escala cada vez más pequeña. La fotografía aérea suministrará suficientes datos para llevar a buen término un primer estudio completado por un minucioso trabajo de campo sobre el que fundamentar este proyecto de aprovechamiento, con el

que se llevara a cabo el estudio definitivo de viabilidad.
En particular, en la zona de construcción de la presa se pueden plantear problemas de cimentación sobre formaciones no consolidadas y las fluctuaciones del embalse podrán originar inestabilidades en las laderas mojadas por las aguas.

2.4. Diagnostico ambiental preliminar

La zona cuenta con una población de 42.823 habitantes, de los cuales 20.200 son hombres y 22.623 son mujeres. La población urbana es de 5.563 habitantes y la rural de 37.260 personas. La zona Alausí posee grandes atractivos turísticos como la Nariz del Diablo, las Lagunas de Ozogoche, el Camino del Inca, entre otros.
El suelo de esta zona es rico en abonos naturales, por esto pocos agricultores usan abonos químicos. La producción agrícola consiste en: cebada, trigo, habas, arveja, lenteja, maíz, patatas, ocas, mellocos, mashuas y toda clase de hortalizas, la floricultura y horticultura puede ser una gran región económica, así como anteriormente fue la siembra de anís.
En el templado sub.-andino de la zona tenemos todos los animales domésticos, a más de los indicados en ganadería, hay también ganado lanar, caprino, llamas, perros, gatos, cuyes, conejos, etc.; entre las aves silvestres mencionaremos, las tórtolas, torcazas, perdices, gavilanes, gorriones, chirotes, mirlos, quindes, etc

3. Descripción general del proyecto

Gracias a las facilidades que nos brinda el río Chanchan, en su caprichoso camino encontramos caídas pronunciadas, por lo que podemos dividir el proyecto en dos sub. proyectos, el Proyecto Chanchan Alto y el Proyecto Chanchan Bajo.

3.1 Proyecto Chanchan Alto

En el proyecto Chanchan Alto tenemos que la toma conduce directamente, mediante un canal, las aguas del río hasta un reservorio donde prosigue a la tubería de presión hasta la casa de máquinas ubicada en las proximidades del Río Chanchan, para realizar la respectiva descarga.
La toma es realizada a una altura de 1800 m.s.n.m y se realiza una conducción de una distancia de 1258,93 metros aproximadamente, sobre la misma cota 1800, hasta llegar a la tubería de presión y luego a la casa de maquinas en la cota 1500 m.s.n.m.
Con este procedimiento tendríamos una caída Bruta de 300 metros, se debe considerar que toda la conducción, tubería de presión y demás obras civiles se encontraran ubicadas en el lado occidental del río objeto de nuestro estudio.

Una descripción del proyecto se presenta en la grafica 3.

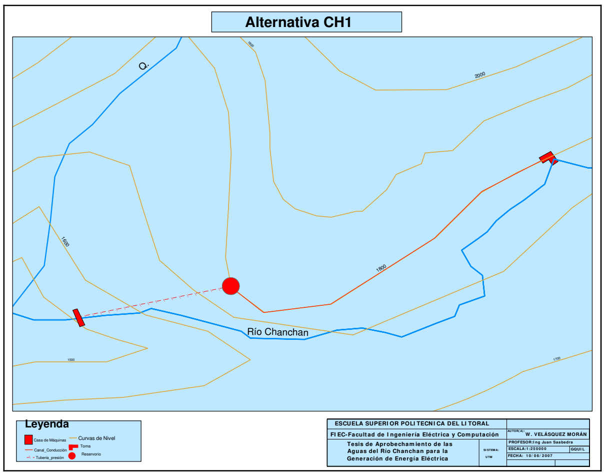

Figura 3. Descripción del proyecto Chanchan Alto

3.2 Proyecto Chanchan Bajo

En el proyecto Chanchan Bajo tenemos que la toma conduce directamente, mediante un canal, las aguas del río hasta un reservorio donde prosigue a la tubería de presión hasta la casa de máquinas ubicada en las proximidades del Río Chanchan varios kilómetros aguas abajo que en el anterior proyecto, para realizar la respectiva descarga.
La toma es realizada a una altura de 14000 m.s.n.m y se realiza una conducción de una distancia de 2444,31 metros aproximadamente, sobre la misma cota 1400, hasta llegar a la tubería de presión y luego a la casa de maquinas en la cota 1200 m.s.n.m.
Con este procedimiento tendríamos una caída Bruta de 200 metros, se debe considerar que toda la conducción, tubería de presión y demás obras civiles se encontraran ubicadas en el lado occidental del río objeto de nuestro estudio.
Una descripción del proyecto se presenta en la grafica 4.

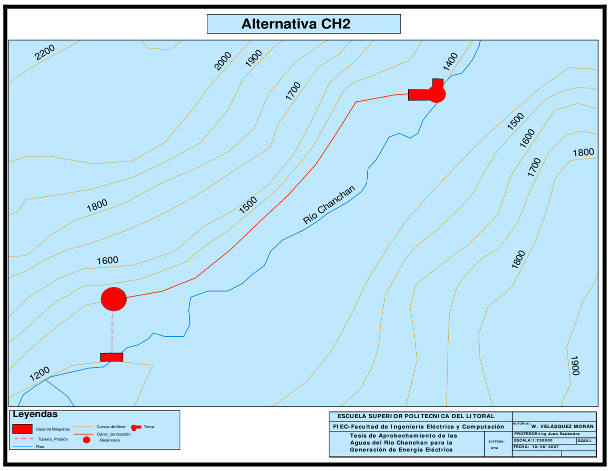

Figura 4. Descripción del proyecto Chanchan Bajo

3.3 Datos generales de los proyectos

De los planos y datos mostrados anteriormente se obtiene en resumen los datos que se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Proyecto río Chanchan Alto y Bajo

Proyecto	*R. CHANCHAN ALTO*	*R. CHANCHAN BAJO*
Cota de cierre (m.s.n.m)	1800	1400
Cota de restitución (m.s.n.m)	1500	1200
Caída neta (m)	300	200
Caudal de diseño (m3/s)	4,54	4,98
Caudal firme (m3/s)	1,82	2
Potencia Instalada (MW)	12,27	8,989
Conducción (m)	1259	2444
Tubería de presión (m)	607	476

3.4 Obras civiles e hidráulicas

El diseño hidráulico del proyecto hidroeléctrico Chanchan está formado por una conducción a presión y conduce las aguas desde el tanque de carga hasta la casa de máquinas.
Las principales obras del proyecto son:

- Presa de derivación
- Toma desde el embalse
- Desarenador
- Tanque de carga
- Conducción a Presión
- Tubería Forzada
- Casa de máquinas y patio de Maniobras
- Canal de Restitución

3.4.1 Reservorio de Regulación. El reservorio del Proyecto Chanchan es de regulación diaria y durara por lapso de 4 horas.

3.4.2 Presa y Vertedero. El acceso al sitio de toma se puede hacer por las carreteras existentes en las dos márgenes del Río Chanchan. La distancia entre la población de Alausí y la presa de derivación es de aproximadamente 6.0 Km. Para el proyecto Chanchan Alto y estará ubicada a 900 metros del cantón Huigra para el proyecto Chanchan Bajo.

3.4.3 Desarenador. El desarenador de ambos proyectos derivados del río Chanchan se encuentran ubicado contiguo a la bocatoma y cuyo acceso se lo hará desde la carretera Panamericana central.
El desarenador constará de tres compuertas, dos compuertas de captación y una compuerta de limpieza.
Para una mejor descripción del desarenador se presenta en la tabla 2.

Tabla 2. Dimensiones del desarenador

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
Excavación de plataforma: común	m3	10300
Excavación de plataforma: roca	m3	10300
Excavación cajón: común	m3	3800
Excavación cajón: roca	m3	3400
Hormigón de muros	m3	1000
Acero de refuerzo	Kg.	50000
Compuertas	U	3 de 2 x 3

3.4.4 Tanque de Carga. El tanque de carga del Proyecto Chanchan Alto se encuentra ubicado en la cota 1800 m.s.n.m y para Chanchan Bajo se encuentra en la cota 1400 m.s.n.m después del desarenador y cuyo acceso se lo hará desde la carretera principal.
Los datos importantes del tanque de carga se presentan en la tabla 3.

Tabla 3. Dimensiones del tanque de carga

DESCRIPCION	CHANCHAN ALTO	CHANCHAN BAJO	UNIDADES
Capacidad del vertedero	4,54	4,98	m3/seg.
Elevación del nivel de agua	1800	1400	m.s.n.m
Elevación mínima del agua	1798	1398	m
Longitud del tanque	12	12	m
Ancho del tanque	4	4	m

3.4.5.-Conducción. La conducción de tubería forzada se la realiza con 1259 m. para Chanchan Alto y 2444m para Chanchan Bajo mientras que la tubería de presión y tiene su inicio en la cámara de carga y termina en el distribuidor de la casa de máquinas, con una longitud total de 607 m para Chanchan Alto y 476 m. para Chanchan Bajo cuyo trazado es paralelo a la carretera.
Las dimensiones mas importantes se presentan en la tabla 4.

Tabla 4. Dimensiones de la conducción

CONDUCCION	CHANCHAN ALTO	CHANCHAN BAJO	UNIDAD
Longitud	1259	2444	m
Ancho de la base	1.5	1.5	m
Pendiente	0,24	0,12	

TUBERIA DE PRESION	CHANCHAN ALTO	CHANCHAN BAJO	UNIDAD
Longitud	607	476	m
Diámetro	2	2	m

3.4.6 Casa de Máquinas. El sitio seleccionado para la casa de máquinas del Proyecto Chanchan Alto, tiene un acceso que se lo hará desde un sendero ubicado a escasos 70 metros de la misma, donde se deberá elaborar un camino de acceso.
En el proyecto Chanchan bajo la casa de máquinas se ubicara a 2 Km. del centro poblado de Huigra, el acceso es relativamente fácil, pues se debe realizar un sendero de 167 metros hasta la carretera principal.

3.4.7 Canal de Restitución. El canal de restitución recolecta las aguas turbinadas de los grupos de turbinas correspondientes y las entrega nuevamente al río. Nivel mínimo de descarga con una unidad en operación 1496 m.s.n.m. Nivel de descarga con cuatro unidades en operación 1497 m.s.n.m. para Chanchan Alto y para Chanchan bajo con una unidad tendrá un cota de restitución de 1197 y con las tres trabajando de 1198 m.s.n.m.

3.4.5 Equipo eléctrico. De la misma manera que se realizó el resumen para equipo mecánico tomando los estudios de INECEL, se realizó un resumen considerando el principal equipo eléctrico, los generadores.
Se ha acordado que todos los generadores que se van utilizar sean de 3.3 MVA cada uno, con un factor de potencias de 0.9 inductivo, a 4.16 KV +/- 5%: 60 Hz, 720 rpm., se utilizaran 4 para el proyecto Chanchan Alto y 3 Para el proyecto Chanchan Bajo.

4. Presupuesto de obra

Los datos básicos para el cálculo de precios unitarios fueron basados en los precios unitarios del proyecto Hidroeléctrico Angamarca – Sinde, Propuestos por CAMINOSCA.

4.1 Criterios generales

Se realizó un desglose más detallado de los Equipos Electromecánicos y Equipos Hidromecánicos.
Se mantuvo los costos de Ingeniería y Administración (10 %) y se mantuvo los gastos por imprevistos (8 %).

4. 2 Obras Civiles

Para las obras civiles se tomo en cuenta los volúmenes de obra de un proyecto que tenia características similares a las del Chanchan, específicamente, caudal y potencia instalada, en lo que se refiere a los ITEM de Azud, Boca toma, Desarenador, Aliviaderos, Casa de Maquina, y Canales de Restitución

4.3 Obras Mecánicas.

Para las obras electromecánicas y mecánicas se trabajo con los precios que tienen la tesis de grado "Aprovechamiento del Río Pita en la Provincia de Bolívar para la construcción de una central (Proyecto Caluma Bajo)", ya que este proyecto tiene las mismas características de construcción.

4.4 Obras Eléctricas.

Para las obras Eléctricas se trabajo con los precios que tienen la tesis de grado "Aprovechamiento del Río Pita en la Provincia de Bolívar para la construcción de una central (Proyecto Caluma Bajo)", ya que este proyecto tiene la misma características de construcción, en lo que se refiere a potencia de las maquinas

3.6.-Interconexión con el SIN

Según datos del ex INECEL podemos determinar que existen líneas de transmisión ubicadas a 20 Km. del lugar donde se ubicaran las casa de maquinas en ambos proyectos, y mediante los estudios de ex INECEL podemos determinar el costo que presentara estas líneas.

4.5 Presupuesto referencial de construcción.

Sobre la base de los volúmenes de obra y los precios unitarios referenciales calculados se obtuvieron los presupuestos referenciales de los proyectos Chanchan Alto y Chanchan Bajo.
Los presupuestos de ambos proyectos se presentan de manera resumida en las tablas 5 y 6 para Chanchan Alto y Bajo respectivamente.

Tabla 5: Presupuesto Proyecto Chanchan Alto

PROYECTO :	HIDROELECTRICO CHANCHAN	
FECHA :	Enero de 1982	Enero de 2006
CONTIENE :	PRESUPUESTO REFERENCIAL - (Actualizado a Enero / 2006)	

RESUMEN GENERAL :	SUBTOTAL USD/Americanos	%
OBRA CIVIL	0,516,200.11	59.54%
Bocatoma Chanchan (CH1)	$605,901.16	3.43%
Desarenador	$806,723.13	4.57%
Conducción	$5,095,069.31	28.85%
Aliviaderos	$297,422.09	1.68%
Paso de aguas	$132,466.08	0.75%
Reservorio	$1,289,645.52	7.30%
Tanque de carga	$195,491.26	1.11%
Tubería de Presión	$1,637,950.83	9.27%
Casa de Máquinas	$216,410.26	1.23%
Canal de Restitución	$144,244.68	0.82%
K. ACCESOS	$94,875.80	0.54%
EQUIPOS	$7,144,955.61	40.46%
Equipos Eléctricos	$4,000,124.55	22.65%
Equipos Electromecánicos y Mecánicos	$1,944,831.06	11.01%
Líneas de Transmisión	$1,200,000.00	6.79%
COSTO DIRECTO DE CONSTRUCCION =	7,661,155.72	100.00%
Ingeniería y Administración (10%) =	$1,766,115.57	
Imprevistos (8%) =	$1,412,892.46	
COSTO TOTAL DE CONSTRUCCION =	20,840,163.75	
INVERSION TOTAL DEL PROYECTO =	20,840,163.75	

Tabla 6: Presupuesto Proyecto Chanchan Bajo

PROYECTO :	HIDROELECTRICO CHANCHAN	
FECHA :	Enero de 1982	Enero de 2006
CONTIENE :	PRESUPUESTO REFERENCIAL - (Actualizado a Enero / 2006)	

RESUMEN GENERAL :	SUBTOTAL USD/Americanos	%
OBRA CIVIL	4,645,857.52	69.88%
Bocatoma Chanchan (CH2)	$605,901.16	2.89%
Desarenador	$806,723.13	3.85%
Conducción	$9,850,467.33	47.00%
Aliviaderos	$297,422.09	1.42%
Paso de aguas	$132,466.08	0.63%
Reservorio	$1,289,645.52	6.15%
Tanque de carga	$195,491.26	0.93%
Tubería de Presión	$1,146,565.58	5.47%
Casa de Máquinas	$216,410.26	1.03%
Canal de Restitución	$66,423.56	0.32%
K. ACCESOS	$38,341.56	0.18%
EQUIPOS	$6,314,152.31	30.12%
Equipos Eléctricos	$3,561,855.56	16.99%
Equipos Electromecánicos y Mecánicos	$1,552,296.75	7.41%
Líneas de Transmisión	$1,200,000.00	5.73%
COSTO DIRECTO DE CONSTRUCCION =	20,960,009.84	100.00%
Ingeniería y Administración (10%) =	$2,096,000.98	
Imprevistos (8%) =	$1,676,800.79	
COSTO TOTAL DE CONSTRUCCION =	24,732,811.61	
INVERSION TOTAL DEL PROYECTO =	24,732,811.61	

5. Producciones energéticas

Basados en el historial de niveles desde 1991 – 2005 de la estación DJ – HUATAXI, fue posible la determinación de los caudales en ese período de años para el punto de captación del esquema del Río.
Gracias a la serie de caudales diarios determinada en el estudio hidrológico de la presente tesis, fue posible la elaboración de la serie de caudales promedios mensuales del mismo periodo de tiempo, los mismos que 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.

5.1 Generación de energía para Chanchan Alto

Según la simulación se establece que 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 26 GWh, y con 50% una energía anual de 56 GWh.

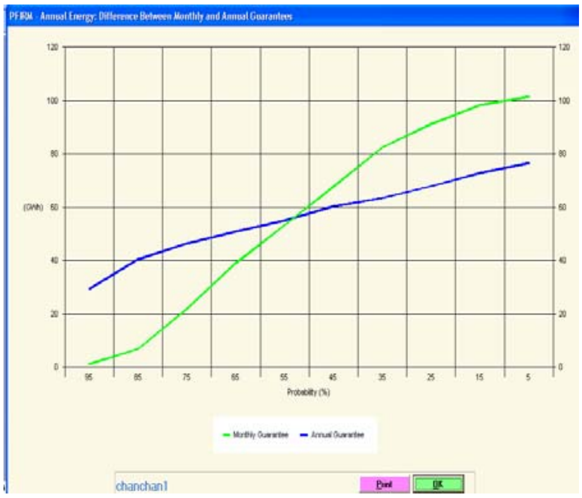

Figura 5. Curva de probabilidades de energía proyecto Chanchan Alto

5.2 Generación de energía para Chanchan Bajo

En los resultados de la simulación 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 20 GWh, y con 50% una energía anual de 46 GWh. Como evidencia la figura 6.

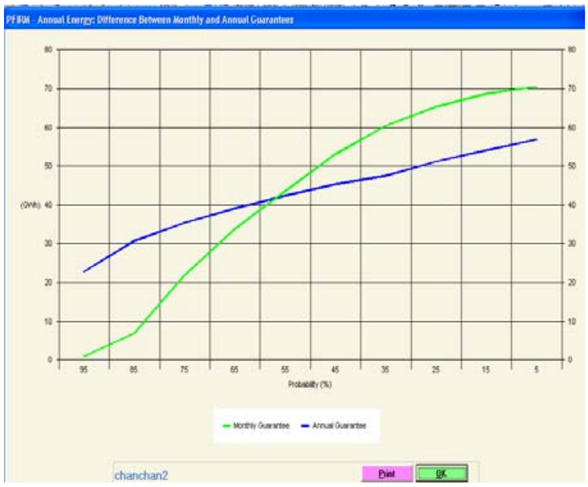

Figura 6. Curva de probabilidades de energía proyecto Chanchan Bajo

6. Evaluación económica

Para la respectiva evaluación económica de los proyectos se determinaron los ingresos correspondientes por producción de energía y potencia disponible de la central bajo la suposición de ventas en el mercado ocasional, los costos debido a operación y mantenimiento y la inversión necesaria para la construcción.

6.1 Ingresos totales

Los ingresos por remuneración total anual que correspondería a los ingresos para los Proyecto Chanchan Alto y Bajo. Se consideran de los ingresos por energía y por potencia correspondiente a los 50 años de vida del proyecto, que se obtuvieron de la simulación con Pfirm, multiplicadas por los costos que nos brinda el CENACE.

6.2 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.
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, los cuales serán pedidos en adelanto durante la construcción del proyecto.
Para el cálculo financiero en el proyecto Chanchan Alto se consideraron 3 créditos para cubrir el total de la inversión, el primero de un 50% de la inversión total y otro correspondiente al otro 50% y un tercero de un 20% de la inversión con el objetivo de tener un ingreso adicional los primeros años de construcción y operación para cubrir cualquier eventualidad, todo con un interés de 8%.
Para el cálculo financiero se consideraron 3 créditos al igual que en el proyecto chanchan alto, para cubrir el total de la inversión, el primero de un 50% de la inversión total y otro correspondiente al otro 50% y un tercero de un 30% de la inversión con el objetivo de tener un ingreso adicional los primeros años de construcción y operación para cubrir cualquier eventualidad, todo con un interés de 8%.
Los costos variables de esta central son estimados en $0.02/Kwh., el cual es el mismo usado para el proyecto Chanchan Alto y Bajo que fue tomado como referencia para el esquema Caluma Bajo.
Se consideraron entre los gastos anuales en que se concurrirá, los de operación y mantenimiento, y que parte del análisis de la energía multiplicada por un costo fijo, y también se toma en cuenta el rublo por pago de los seguros.

6.3 Parámetros de la evaluación económica

En general los parámetros utilizados para el estudio de la evaluación económica, se presentan en la tabla 7, considerando que los parámetros son iguales para ambos proyectos.

Tabla 7: Parámetros de la evaluación de los proyectos

Costos O&M	$ 0,02/Kwh.
Vida útil	50 años
Años de construcción	3
Financiamiento	
# Créditos	3
Interés	8%
Plazo	13 años
Años de Gracia	3

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.
Los resultados del proyecto Chanchan Alto indican un VAN de 0.29 millones y un van del 17% lo que demuestra que el proyecto es rentable bajo las consideraciones e hipótesis asumidas anteriormente,
Los resultados indican un VAN de 5278000 millones con signo negativo y un van del 3% lo que demuestra que el proyecto no es rentable bajo las consideraciones e hipótesis asumidas anteriormente.
Un resumen de los resultados de la evaluación económica se presenta en las tabla 8.

Tabla 8: Resultados del TIR y Van

	CHANCHAN ALTO	CHANCHAN BAJO
TIR	17%	3%
VAN(MILES $)	290	5278

7. Agradecimientos

Un agradecimiento a las instituciones que nos apoyaron con la información necesaria para avanzar en esta investigación, en especial al INHAMI, por las facilidades brindas, además un agradecimiento especial al Ing. Juan Saavedra, Director de tesis, Por su continua ayuda y colaboración, que fue de vital importancia en el desarrollo de la presente Tesis.

8. Referencias

[1] Mataix Claudio, Turbomáquinas Hidráulicas, Editorial ICAI. Madrid-España, 1975.
[2] Vickers, Manual de Oleohidráulica Industrial, 1993
[3] Sitios Web: G&WElectricCompany, CoopperPower, S&CMexicana, ABB Group, General Electric, Toshiba, Leyden, Joslyn.

[4] Elementos de Diseño de Medianas Centrales Eléctricas (Gilberto Henríquez Harper).

8. Conclusiones y resultados

- La realización del proyecto hidroeléctrico Chanchan ayudará a disminuir déficit de energía eléctrica que existe en el Ecuador y al mismo tiempo lograr la sustitución de la oferta energética térmica por hidroeléctrica.
- Se concluye además que este río nos brinda dos proyectos el Chanchan Alto y el Chanchan Bajo que son totalmente excluyentes, los cuales podrían ser construidos en cascada.
- En lo que respecta a la parte geológica se puede concluir que las condiciones geológico-geotécnicas del terreno son aptas para la realización del proyecto ya que la mayor parte de las obras del proyecto estarán basadas en un suelo consolidado a excepción de algunas partes donde se tendrá que tener especial cuidado con lo que respecta a las filtraciones.
- El estudio hidrológico es considerado como el más importante debido a que los datos son de 15 años pero bastante actualizados, los cuales con la correspondiente transposición realizada nos brindaron los datos necesarios para el estudio de ambos proyectos, con estos valores se pudo obtener la garantía correspondiente para cada caudal, curvas de variación estacional y la matriz de caudales promedios mensuales muy importante para la simulación de la operación de la central. Con los resultados del estudio fue posible observar el comportamiento del río a lo largo del año, determinando así los períodos húmedo y seco a los cuales una central hidroeléctrica sería sometida.
- El costo total del proyecto Chanchan alto es 4 millones de dólares mas barato que el del proyecto chanchan bajo y produce mayor nivel de energía, el costo de chanchan alto es de aproximadamente 20 millones de dólares.
- Por medio del simulador PFIRM fue posible obtener resultados como caudales mensuales del aprovechamiento, energía y capacidad firme, generación de energía mensual, curva de duración de energía, entre otros, los cuales representan la operación de la central para 100 años de producción
- Del análisis económico realizado se concluye que el Proyecto Hidroeléctrico Chanchan alto es factible realizarlo bajo las condiciones de financiamiento descritas en el Capítulo V, ya que los resultados indican una Tasa Interna de Retorno del 17 % la cual está por encima de la tasa de oportunidad que es del 10 % y de la misma manera se tiene un Valor Actual Neto de 290 dólares con signo positivo que demuestra que el proyecto si es rentable, a diferencia del proyecto chanchan bajo que a pesar de estudiarse diferentes formas de financiamiento se concluye que el TIR es de un 3% y el Van tiene signo negativo.