APROVECHAMIENTO DEL RIO PITA EN LA PROVINCIA DE BOLIVAR PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA CENTRAL HIDROELÉCTRICA (PROYECTO CALUMA BAJO)

Manuel Benites[1], Antonio Jiménez[2], Jimmy Ochoa[3], Juan Saavedra[4]

[1]Ingeniero Eléctrico en Potencia 2006
[2]Ingeniero Eléctrico en Potencia 2006
[3]Ingeniero Eléctrico en Potencia 2006
[4]Director de Tópico. Ingeniero Electrónico de Potencia, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1985, Postgrado EEUU, Universidad de Missouri-Rolla 1971. Profesor de la ESPOL desde 1971.

RESUMEN

El desarrollo de este tópico básicamente se refiere a la actualización de los Estudios realizados por el antiguo INECEL para la construcción de una Central Hidroeléctrica sobre el Río Pita. Todos los Datos referentes a hidrología se han obtenido haciendo una correlación de caudales entre estaciones Hidrométricas cercanas, mientras que lo que se refiere a presupuesto, los costos han sido actualizados utilizando los costos que posee el Consejo Provincial del Guayas. Mediante el uso de un simulador de operación de embalse llamado Pfirm y con los niveles de caudales históricos se ha realizado la simulación de la central obteniéndose como principales resultados: Energía Media, Energía Firme, Potencia Firme y los caudales de una serie sintética para 100 años de operación de la central, pudiéndose notar en esta serie sintética los años de crecida así como también los años críticos que podría tener la central.
Finalmente con los datos de caudales de la serie sintética y siguiendo las regulaciones del CENACE se ha estudiado los ingresos por energía así como también los ingresos por potencia que debería de tener el Proyecto, con los cuales se ha realizado el estudio Económico dando como resultado una tasa interna de retorno favorable, es decir resultando el Proyecto rentable.

This Topic is basically based on the actualization of the Studies realized by INECEL to build a Power Hydroelectric Station on the Pita River .All the Hydrologic data have been gotten doing a caudal correlation among the nearby Hydrometric Stations, while what has to be with the budget, the costs have been brought up-to-date using as reference the costs of The Provincial Council of Guayas. By using a Simulator of Reservoir Operation called Pfirm and with the historical caudal levels it has been done the simulation of the Power Hydroelectric Station whose main results are the following: Mean Energy, Firm Energy, Firm Capacity and a synthetic caudal series of 100 years of operation for the Hydroelectric Station through which we can realize the years of flood as well as the critic years that the Power Hydroelectric Station might have.
Finally, with all the caudal data of the Synthetic Series and by following the CENACE's Regulations is has been studied the incomes produced by energy as well as those that are produced by capacity that the Project should have to have, through which it has been done the Economic Studies that give as result a favorable Internal Rate of Return, in other words The Project is profitable.

INTRODUCCIÓN

En un intento por reactivar los proyectos hidroeléctricos realizados por el INECEL antes de su desaparición, la Escuela Superior Politécnica del Litoral mediante tópico de graduación seleccionó uno de los proyectos hidroeléctricos cuya información disponible se encuentra en estado avanzado, el cual es denominado Caluma Bajo. Para objeto de la presente tesis se consideró como guía los estudios realizados por el INECEL desde el año de 1982 partiendo desde un estudio de evaluación hasta la factibilidad avanzada realizada en el año 1985 del proyecto seleccionado. Estos estudios fueron obtenidos de los archivos de la Universidad Politécnica Nacional en la ciudad de Quito.

La presente tesis tiene los siguientes objetivos:

– Reactivar el proyecto hidroeléctrico Caluma Bajo mediante la actualización de costos y producciones energéticas para el análisis económico respectivo.

– Utilización de herramientas computacionales para la simulación de producciones energéticas basados en una serie mucho más amplia de caudales promedios mensuales.

– 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 desde 1965 a 1999.

– Ayudar a solucionar los problemas energéticos del país promocionando los proyectos hidroeléctricos de mediana capacidad.

CONTENIDO

ESTUDIOS BÁSICOS

HIDROMETRÍA

Con los datos de la serie de caudales de la Estación Echeandía en Echeandía y mediante el uso de un coeficiente de transposición de caudales se obtuvo la serie de caudales mensuales del Aprovechamiento Caluma Bajo el cual se presenta en el Cuadro I.

CUADRO I

SERIE CAUDALES PROMEDIO MENSUALES ACTUALIZADO DEL APROVECHAMIENTO CALUMA BAJO PERÍODO 1965 - 1999												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1965	15,97	27,36	34,21	49,10	42,71	19,02	10,42	6,46	5,42	4,95	5,70	5,15
1966	13,59	23,77	20,78	14,37	10,68	7,60	5,85	5,12	3,28	3,23	2,82	3,12
1967	11,39	18,44	17,16	11,63	9,26	7,08	5,25	3,55	2,96	2,75	2,39	2,60
1968	6,39	12,34	14,15	13,49	7,22	5,34	3,62	2,92	2,62	2,60	2,35	2,66
1969	6,33	8,70	13,85	25,11	15,68	0,00	6,86	5,70	4,80	2,69	2,69	4,01
1970	11,92	17,31	15,32	20,10	18,32	9,64	6,28	5,55	4,99	3,85	3,15	4,25
1971	9,09	19,55	26,89	17,98	9,60	6,46	4,79	3,54	3,13	2,88	2,61	3,65
1972	14,70	18,56	35,62	27,41	16,77	17,85	13,16	9,74	8,38	7,76	7,33	12,39
1973	19,67	26,92	20,98	22,52	16,31	10,16	6,99	5,41	5,00	4,65	4,13	4,42
1974	7,37	16,31	18,85	11,69	12,34	7,47	5,65	4,54	4,08	4,17	4,00	7,32
1975	15,38	24,44	22,95	22,66	14,78	10,01	7,00	5,49	4,70	4,47	3,96	4,01
1976	14,50	26,71	27,14	23,74	16,66	10,38	7,10	5,34	4,45	3,78	3,73	5,18
1977	10,72	16,33	20,03	18,14	10,97	7,05	5,32	4,42	3,91	3,53	3,02	3,53
1978	10,24	16,21	18,59	19,77	14,15	8,06	5,61	0,93	1,48	3,64	3,16	4,24
1979	9,28	17,40	29,17	9,98	9,92	9,01	5,57	4,39	3,88	3,53	2,93	4,98
1980	5,00	21,86	17,73	30,99	20,14	10,71	6,40	4,77	3,74	3,34	3,02	6,79
1981	8,77	28,44	27,52	21,70	29,38	6,86	5,79	5,22	4,90	4,92	4,97	5,23
1982	13,19	25,31	19,76	16,33	10,80	7,11	5,96	4,38	3,92	5,53	21,86	34,49
1983	45,24	44,38	45,26	44,86	51,75	15,71	18,52	11,23	8,49	8,05	7,21	1,92
1984	12,92	31,80	40,86	28,70	17,53	8,37	6,37	4,78	6,39	3,72	2,85	5,97
1985	14,26	16,03	27,61	16,01	12,12	6,97	5,43	4,74	4,42	5,82	5,63	4,31
1986	13,44	19,87	18,40	23,01	13,67	7,08	5,22	4,34	4,51	4,45	4,32	4,24
1987	16,98	29,02	35,89	32,27	26,96	11,00	5,47	3,88	2,78	2,22	2,25	2,63
1988	13,83	31,14	23,12	23,37	20,95	7,76	4,64	3,21	2,48	2,14	1,90	2,11
1989	16,57	35,86	34,98	30,82	19,37	9,17	6,15	4,37	3,54	3,65	4,49	4,43
1990	5,87	18,77	15,75	20,62	13,37	7,53	5,07	3,80	3,00	2,73	2,39	3,78
1991	8,33	26,06	23,79	20,47	15,12	8,01	5,29	3,81	3,08	2,63	2,44	3,91
1992	17,72	32,17	47,85	37,80	31,64	16,60	7,15	4,21	2,81	2,25	2,03	2,42
1993	6,71	32,30	37,08	35,57	20,88	8,92	4,82	3,42	2,73	2,03	4,57	3,28
1994	14,27	29,21	25,63	30,01	16,23	6,34	3,42	2,45	2,20	1,66	1,57	4,01
1995	13,82	25,87	13,81	15,41	8,58	5,76	4,32	3,92	2,49	2,02	2,05	2,20
1996	7,32	29,40	25,22	18,63	10,80	5,58	4,19	2,41	1,96	1,79	1,89	2,15
1997	8,59	19,04	26,02	21,88	18,52	15,63	7,89	7,47	8,21	10,33	18,95	26,59
1998	27,96	28,52	25,56	27,63	18,84	6,95	5,99	4,96	4,71	3,26	4,49	1,79
1999	6,92	26,82	26,88	22,14	23,96	28,25	23,23	28,36	24,61	18,51	4,49	5,70

Fuente: Investigación Propia

DISEÑO DEL PROYECTO

Considerando las condiciones geológica-geotécnicas del terreno y las condiciones hidrológicas de la cuenca en estudio el diseño del Proyecto Hidroeléctrico Caluma Bajo básicamente cumplirá las siguientes especificaciones, presentadas en el Cuadro II.

CUADRO II
DATOS DE DISEÑO

Potencia Del Proyecto (MW)	13.2
Caída Neta (m)	132.5
Salto Bruto (m)	140.6
Pérdidas Hidráulicas (m)	De 7 a 8
Caudal de Diseño (m3/seg)	12
Nivel De Operación del Embalse	495 m.s.n.m
Cota de Restitución con cuatro unidades trabajando	354.54 m.s.n.m

Fuente: Estudios de INECEL

PRESUPUESTO DE OBRA

En el Cuadro III se presenta la el costo total del proyecto tomando en consideración los costos directos, costos de ingeniería, administración e imprevistos.

CUADRO III
RESUMEN GENERAL DEL PRESUPUESTO DE OBRAS

RESUMEN GENERAL :		SUBTOTAL USD/Americanos
Terreno y Servidumbre		419.776,40
casa de maquinas		2.206.282,23
presa y obra de regulación		420.843,02
Desvio del río		760.854,80
presas de escolleray diques		1.559.438,32
presa de hormigón y vertedero		3.499.386,91
obra de toma. Estructura de control y tanque		3.384.204,31
chimenea de equilibrio		3.613.390,68
Tuberia de presión (Concreto)		940.643,76
Tuberia de presión (Acero)		13.489.020,09
obres de descarga y canal de restitución		554.040,96
subestación obras civiles		79.796,00
Accesos y Gastos Generales		640.245,07
Impacto Ambiental		309.948,65
OBRA CIVIL		31.877.871,20
EQUIPOS	(Electromecánico -Mecánico)	5.944.955,61
COSTO DIRECTO DE CONSTRUCCION =		37.822.826,81
INVERSION TOTAL DEL PROYECTO =		37.822.826,81

Fuente: Honorable Concejo Provincial del Guayas

PRODUCCIONES ENERGÉTICAS

Las Producciones Energéticas del Proyecto Hidroeléctrico Caluma Bajo fueron obtenidas mediante el uso del Simulador de Modelos de Operación de Embalses llamado Pfirm, y cuyos principales resultados se muestran a continuación en el Cuadro IV.

CUADRO IV
RESUMEN DE RESULTADOS DE PRODUCCIONES ENERGETICAS

RESUMEN DE RESULTADOS DE LA GENERACIÓN DE LA SERIE SINTÉTICA DEL PFIRM PARA EL ESQUEMA CALUMA BAJO PARA 100 AÑOS DE SIMULACIÓN — VALORES PROMEDIOS

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio
Caudales promedios de la serie sintética generada para 100 años (m3/seg)	12,26	22,89	25,02	23,54	18,01	9,74	6,43	4,82	4,11	3,48	3,80	5,37	**11,54**
Caudal turbinado promedio generado para 100 años (m3/seg)	9,13	11,55	11,36	11,33	10,89	8,98	6,36	4,73	4,10	3,48	3,79	5,14	**7,54**
Caudal excedente promedio generado para 100 años (m3/seg)	3,13	11,34	13,66	12,22	7,11	0,77	0,07	0,09	0,01	0,00	0,01	0,23	**4,00**
Capacidad máxima promedio mensual generado para 100 años(MW)	11,89	13,53	13,43	13,39	13,14	12,44	10,30	8,27	7,49	7,01	7,11	8,05	**10,50**
	Enero	**Febrero**	**Marzo**	**Abril**	**Mayo**	**Junio**	**Julio**	**Agosto**	**Septiembre**	**Octubre**	**Noviembre**	**Diciembre**	**Energía anual promedio**
Generación promedio mensual generado para 100 años (GWh)	7,87	8,90	9,65	9,33	9,34	7,52	5,52	4,11	3,45	3,03	3,19	4,46	76,37

Producción Firme	
Energía Firme (GWh)	**50,00**
Capacidad Firme (MW)	**7,82**

Fuente: Investigación Propia

EVALUACIÓN ECONÓMICA

Mediante el uso de los resultados de la serie sintética obtenidos en el Capítulo de Producciones Energéticas y siguiendo las regulaciones impuestas por el CONELEC, se pudieron calcular los beneficios del Proyecto Caluma Bajo. Tomando en consideración estos beneficios y los costos de Construcción del Proyecto se realizó un análisis económico del cual se obtuvieron los siguientes resultados:

TIR = 11.86%

VAN = 1´581.000 dólares

Estos resultados muestran claramente que el Proyecto en mención es económicamente factible debido a que se tiene una Tasa Interna de Retorno del 11.86 % la cual está por encima de la tasa de oportunidad que para este proyecto se consideró del 10 %.

CONCLUSIONES

1. La realización del proyecto hidroeléctrico Caluma Bajo 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.

2. 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.

3. El estudio hidrológico es considerado como el mas importante debido a que es la base para las decisiones sobre el diseño y producciones de la central a considerarse. Los registros correspondientes a los caudales diarios obtenidos de la estación Echeandía, significan una estadística importante que describen el comportamiento del río bajo estudio. Fueron analizados un total de 11129 lo cual representa un 90% de la disponibilidad de los registros 1965 – 1999, 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 obtenidos del estudio fue posible observar el comportamiento del aprovechamiento a lo largo del año determinando así los períodos húmedo y seco a los cuales una central hidroeléctrica sería sometida.

4. El costo total del proyecto es de treinta y siete millones ochocientos veintidós mil ochocientos veintiséis dólares de los cuales un 84% está representado por costos de obra civil y un 16% por los costos electromecánicos. De esta manera con este costo total de proyecto se obtiene un costo por kilovatio de tres mil ciento cincuenta y dos dólares lo cual es una cantidad un poco elevada, debido a la gran inversión que se tiene que realizar en la parte civil.

5. Por medio del simulador PFIRM fue posible obtener resultados como caudales mensuales del aprovechamiento, caudales mensuales turbinados, excedencias, energía y capacidad firme, generación de energía mensual, curva de duración de energía; entre otros, los cuales son representativos en la operación de la central para 100 años de producción. En base a la simulación de la operación de la central se puede decir que el aprovechamiento posee una producción de energía promedio anual de 76.37 GWh y energía firme de 50GWh. Además se obtuvo la generación mensual la cual fue considerada para la evaluación económica en la determinación de los beneficios.

6. Del análisis económico realizado se puede concluir que el Proyecto Hidroeléctrico Caluma Bajo es factible realizarlo bajo las condiciones de financiamiento descritas en el Capítulo XIII, ya que los resultados indican una Tasa Interna de Retorno del 11.86 % 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 1 millón quinientos ochenta y un mil dólares con signo positivo lo que demuestra que el proyecto si es rentable.

REFERENCIAS

a) Tesis

1. Manuel Benites, Antonio Jiménez, Jimmy Ochoa, "Aprovechamiento del Río Pita en la Provincia de Bolívar para la construcción de una Central Hidroeléctrica (Proyecto Caluma Bajo)" (Tesis, Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2006).

b) Reporte Técnico

2. Estudios del INECEL para la construcción de Centrales Hidroeléctricas de Mediana Capacidad.

c) Referencia de Internet

3. http://www.conelec.gov.ec/