



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS

CARRERA DE: INGENIERÍA ELÉCTRICA

TESIS DE GRADO

TEMA:

**“REPOTENCIACIÓN DE LA PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA
PARA UNA GENERACIÓN DE ENERGÍA EN LA PEQUEÑA CENTRAL
HIDROELÉCTRICA DE ULBA EN EL CANTÓN BAÑOS”**

Tesis presentada previa a la obtención del Título de Ingeniería Eléctrica

Autores:

Bonilla Aguilar Julio Ernesto

Ronquillo Ronquillo Rolando Vicente

Director:

Ing. Ernesto Manuel Abril Garcés

LATACUNGA – ECUADOR

ABRIL 2014

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y
APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRICA

AUTORÍA

Nosotros, Julio Ernesto Bonilla Aguilar y Rolando Vicente Ronquillo Ronquillo, portadores de los números de cedula 180450474-2 y 180336539-2, declaramos que la presente Tesis de Grado, es fruto de nuestro esfuerzo, responsabilidad y disciplina, logrando que los objetivos propuesto se culminen con éxito.

Atentamente,

Julio E.Bonilla.Ag

Rolando V. Ronquillo Ron

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y
APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRICA

CERTIFICACION DIRECTOR DE TESIS

Cumpliendo con lo estipulado en el Artículo 26, Literal h) del Reglamento de graduación en el Nivel de Pregrado de la Universidad Técnica De Cotopaxi, **CERTIFICO**, que los señores Julio Ernesto Bonilla Aguilar y Rolando Vicente Ronquillo Ronquillo, egresados de la Carrera de Ingeniería Eléctrica en Sistemas Eléctricos de potencia CIYA, desarrollaron el trabajo de investigación de grado, de acuerdo a los planteamientos formulados en el Proyecto de Tesis, asesoría y dirección correspondiente.

En virtud de lo antes expuesto considero que están habilitados para presentar al acto de defensa de tesis, cuyo tema es “Repotenciación De La Pequeña Central Hidroeléctrica Para Una Generación De Energía En La Pequeña Central Hidroeléctrica De Ulba En El Cantón Baños”

Atentamente,

Ing. Elec. Ernesto Abril

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y
APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRICA

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Centro Cultural de Idiomas de la Universidad Técnica De Cotopaxi, yo Lic. Alison Mena Barthelotty con la C.C.0501801252 CERTIFICO que he realizado la respectiva revisión de la Traducción del Abstract; con el tema “Repotenciación De La Pequeña Central Hidroeléctrica Para Una Generación De Energía En La Pequeña Central Hidroeléctrica De Ulba En El Cantón Baños” cuyos autores son: Bonilla Aguilar Julio Ernesto y Ronquillo Ronquillo Rolando Vicente y director de tesis Ing. Ernesto Manuel Abril Garcés

Latacunga, 29 De Enero del 2014

Docente:

Alison Mena Barthelotty
C.C.0501801252

Agradecimiento

El presente trabajo de tesis, primeramente agradecemos a Dios por su infinita bondad que ha permitido llegar a nuestra meta.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi, por acogernos en sus aulas y darnos la oportunidad de estudiar y llegar hacer unos buenos profesionales. Igualmente al Tecnólogo Eduardo Mayorga que nos proporcionó su ayuda incondicional.

A nuestro director de tesis, Ing. Eléc. Ernesto Abril, quien con sus conocimientos, experiencia, paciencia y su mano amiga para llegar al final de este gran sueño.

Gracias también nuestro amigo y compañero Edward Bejarano, que nos apoyó en algunos retos que se presentaron en este proyecto.

Son muchas las personas que han formado parte de nuestra vida estudiantil a las que nos encantaría agradecer por su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles. Algunas están aquí con nosotros y otras en nuestros recuerdos y corazones, sin importar en donde estén queremos darles las gracias por formar parte de nosotros, por todo lo que nos han brindado y por todas sus bendiciones.

Dedicatoria

El presente trabajo de investigación lo dedico a las personas que más amo en el mundo. A mis padres Gladys Marina y Julio Cesar por brindarme todo su apoyo incondicional y su comprensión, también pues siempre me han motivado a ser mejor persona y en un futuro un buen profesional.

A mi novia Nancy quien por su apoyo incondicional y el aliento para culminar este trabajo. Gracias a todas estas personas importantes que forman parte de mi vida, hoy puedo ver alcanzado mi meta

Julio Ernesto Bonilla Aguilar

Dedicatoria

Quiero dedicar este trabajo Primero y antes que nada, a Dios, por estar con migo a cada paso que doy. Gracias a esas personas importantes en mi vida, que siempre estuvieron listas para brindarme su ayuda, ahora me toca regresar un poquito de lo inmenso que me han otorgado. Con todo cariño esta tesis se las dedico a ustedes.

Papa Vicente Mama Alicia

A mis abuelitas Carmen y Hermelinda

Hermanos Sandro y Evelin.

A mis Tíos Edgar, Máxima Edmundo, Mercedes Liliana

A mis primos para que este esfuerzo se tomado como ejemplo de superación.

A mi compañero Julio por ser un apoyo para terminar este proyecto.

A mis amigos y amigas por inspirarme a salir adelante Lograr mi meta gracias por estar siempre ahí todos.

Rolando Vicente Ronquillo Ronquillo

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PAGINA
PORTADA.....	I
AUTORIA.....	II
CERTIFICACIÓN DIRECTOR DE TESIS.....	III
CERTIFICACIÓN ABSTRACT.....	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
DEDICATORIA.....	VII
INDICE	
GENERAL.....	VIII
INDICE DE GRAFICOS.....	XI
ÍNDICE DE TABLAS.....	XII
RESUMEN.....	XIV
ABSTRACT.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVI
1 CAPITULO I.....	1
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 TIPOS DE ENERGÍAS.....	2
1.2.1 <i>Energía Potencial</i>	2
1.2.2 <i>Energía Cinética</i>	2
1.2.3 <i>Energía Eléctrica</i>	2
1.2.4 <i>Energía Mecánica</i>	3
1.3 RECURSOS HÍDRICOS	3
1.4 PLUVIOSIDAD.....	3
1.5 CAUDAL.....	4
1.5.1 <i>Caudal Ecológico</i>	4
1.5.2 <i>Caudal de Diseño</i>	5
1.6 SEDIMENTOS	5

1.7	CENTRAL HIDROELÉCTRICA	5
1.7.1	<i>Tipos De Pequeñas Centrales Hidroeléctricas</i>	6
1.7.2	<i>Función De La Central Hidroeléctrica</i>	7
1.8	OBRA CIVIL	8
1.8.1	<i>Altura Bruta</i>	8
1.8.2	<i>Altura Neta</i>	8
1.8.3	<i>Azud</i>	9
1.8.4	<i>Canal</i>	9
1.8.5	<i>Túnel</i>	10
1.8.6	<i>Toma de agua</i>	10
1.8.7	<i>Tubería Presión</i>	10
1.8.8	<i>Tanque de Presión</i>	11
1.8.9	<i>Chimenea De Equilibrio</i>	11
1.8.10	<i>Casa De Máquinas</i>	11
1.9	EQUIPOS ELECTROMECAÑICOS	12
1.9.1	<i>Turbina Hidráulicas</i>	12
1.9.2	<i>Eficiencia de la Turbina Pelton</i>	12
1.9.3	<i>Eficiencia de la Turbina Michell – Banki</i>	13
1.9.4	<i>Eficiencia de la Turbina Francis</i>	13
1.9.5	<i>Eficiencia de la Turbina Kaplan</i>	14
1.9.6	<i>Cavitación</i>	18
1.9.7	<i>Generación</i>	19
1.9.8	<i>Potencia Nominal</i>	20
1.9.9	<i>Producción Energética</i>	20
1.9.10	<i>Equipos Eléctricos</i>	20
1.9.11	<i>Sistema De Protección</i>	25
1.9.12	<i>Línea de Transmisión Eléctrica</i>	25
1.9.13	<i>Sistemas Auxiliares</i>	29
1.9.14	<i>Marco legal</i>	29
2	CAPITULO II.....	35
	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	35
2.1	ANTECEDENTES	35
2.2	CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO.....	36
2.2.1	<i>Ubicación general de la cuenca</i>	36
2.2.2	<i>Condiciones Meteorológicas</i>	37
2.2.3	<i>Caracterización climatológica de los sitios de interés</i>	38
2.3	FILOSOFÍA.....	38
2.4	DISEÑO METODOLÓGICO	39
2.4.1	<i>Métodos de Investigación</i>	39
2.4.2	<i>Tipos de Investigación</i>	39
2.4.3	<i>Técnicas de Investigación</i>	40
2.4.4	<i>Caudales Rio Ulba (Información disponible)</i>	44

FUENTE: ANUARIOS HIDROLÓGICOS DEL INAMHI	45
2.5 DATOS TÉCNICOS	51
2.5.1 <i>Lluvias intensas</i>	51
2.5.2 <i>Potencia Instalada</i>	52
2.5.3 <i>Determinación del cable para la conexión del generador a la sub estación</i> 54	
2.5.4 <i>Determinación del número de polos</i>	56
2.5.5 <i>Determinación de la velocidad sincrónica del generador</i>	56
2.6 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES O DE LAS CATEGORÍAS FUNDAMENTALES	58
2.7 VERIFICACIÓN DE LA HIPOTESIS	59
3 CAPITULO III.....	60
PROPUESTA.....	60
3.1 TEMA: “REPOTENCIACIÓN DE LA PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA PARA UNA GENERACIÓN DE ENERGÍA EN LA PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE ULBA EN EL CANTÓN BAÑOS”	60
3.1.1 <i>Introducción</i>	60
3.2 JUSTIFICACIÓN.....	61
3.3 OBJETIVOS	61
3.3.1 <i>Objetivo General</i>	61
3.3.2 <i>Objetivo específicos</i>	61
3.4 FACTIBILIDAD TÉCNICA.....	62
3.5 FACTIBILIDAD ECONÓMICA	62
3.5.1 <i>Construcciones de obras civiles</i>	63
3.5.2 <i>Equipo Electromecánico</i>	64
3.5.3 <i>Costos Indirectos</i>	64
3.6 FACTIBILIDAD ECONOMICA.....	65
3.7 DISEÑO ESQUEMÁTICO DE LA REPOTENCIACIÓN DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA ULBA	65
3.8 DESARROLLO DE LA PROPUESTA	67
3.8.1 <i>Determinación del caudal de diseño</i>	67
3.8.2 <i>Duración General y Variación Estacional De Caudales Para El Sitio De Captación</i>	67
3.8.3 <i>Caudal de Captación</i>	68
3.8.4 <i>Determinación de la caída neta</i>	68
3.8.5 <i>Análisis de producción energética de la central Ulba</i>	68
3.9 OBRAS CIVILES.....	70
3.9.1 <i>Obras de captación</i>	70
3.10 EQUIPAMIENTO MECÁNICO.....	75
3.10.1 <i>Selección de la turbina</i>	75
3.11 GENERADOR	77
3.12 TRANSFORMADOR PRINCIPAL	81

3.12.1	<i>Sistema de protección del Transformador</i>	82
3.12.2	<i>Transformadores de potencial (TP)</i>	82
3.12.3	<i>Transformador de corriente (TC)</i>	83
3.12.4	<i>Seccionadores</i>	84
3.13	BANCO DE BATERÍAS	85
3.14	TABLEROS DE LA TURBINA.....	86
3.14.1	<i>Tableros de generador –transformador</i>	86
3.15	LÍNEA DE INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA	87
3.15.1	<i>Determinación de los Conductores Eléctricos</i>	87
3.16	PRESUPUESTO REFERENCIAL	88
3.16.1	<i>Presupuesto</i>	88
3.16.2	<i>Evaluación económica financiera del proyecto</i>	89
3.16.3	<i>Análisis del proyecto Ulba</i>	91
CONCLUSIONES.....		95
RECOMENDACIONES.....		97
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....		98
ANEXOS.....		100

INDICE DE GRAFICOS

FIG. 1 FUNCIÓN DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA	8
FIG. 2 CURVA DE EFICIENCIA TURBINA PELTON	13
FIG. 3 CURVA DE EFICIENCIA TURBINA MICHELL-BANKI.....	13
FIG. 4 CURVA DE EFICIENCIA TURBINA FRANCIS.....	14
FIG. 5 CURVA DE EFICIENCIA TURBINA KAPLAN	14
FIG. 6 TURBINA PELTON.....	16
FIG. 7 TURBINA MICHELL- BANKI	16
FIG. 8 TURBINA FRANCIS	17
FIG. 9 TURBINA KAPLAN	17
FIG. 10 GENERADOR SINCRÓNICO SU FUNCIÓN	22
FIG. 11 GENERADOR ASÍNCRONO	23
FIG. 12 CABLES DE ALUMINIO DESNUDO	27
FIG. 13 CABLES DE COBRE	27
FIG. 14 CABLES DE BAJA TENSIÓN	28
FIG. 15 CABLES DE INSTALACIONES INTERIORES	28
FIG. 16 UBICACIÓN GENERAL DE LA CUENCA	36
FIG. 17 UBICACIÓN GENERAL DE LA CUENCA	37
FIG. 18 MÉTODO CON FLOTADOR	43
FIG. 19 CAUDALES HIDROLÓGICOS ULBA.....	46
FIG. 20 CAUDALES HIDROLÓGICOS ULBA (POR AÑO).....	47
FIG. 21 CURVA TOPOGRÁFICA	51
FIG. 22 CURVA DE DURACIÓN DE LLUVIA	52
FIG. 23 Esquema de la Repotenciación de la Central Hidroeléctrica Ulba.....	66
FIG. 24 UBICACIÓN BOCATOMA.....	70
FIG. 25 Azud	71
FIG. 26 PARTES DE UN DESARENADOR	72
FIG. 27 TANQUE DE CARGA O DE PRESIÓN	73
FIG. 28 TUBERÍA DE PRESIÓN.....	73
FIG. 29 Diseño De La Casa De Maquinas.....	74

FIG. 30 ÁREA DE CASA DE MÁQUINAS PARA UNA PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA.....	75
FIG. 31 SELECCIÓN DE TURBINAS.....	76

INDICE DE TABLAS

TABLA. 1 PRESIÓN ATMOSFÉRICA EN FUNCIÓN DE LA ALTITUD	19
TABLA. 2 PRESIÓN DE VAPOR EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA	19
TABLA. 3 UBICACIÓN GENERAL DE LA CUENCA	37
TABLA. 4 CARACTERIZACIÓN CLIMATOLÓGICA	38
TABLA. 5 DURACIÓN GENERAL DE CAUDALES PARA RÍO ULBA EN SITIO DE CAPTACIÓN	44
TABLA. 6 CAUDALES HIDROLÓGICOS ULBA	45
TABLA. 7 CAUDALES HIDROLÓGICOS ULBA (POR AÑO).....	46
TABLA. 8 CAUDALES HIDROLÓGICOS ULBA (POR AÑO).....	47
TABLA. 9 MEDICIÓN ESTACIÓN TOPOGRÁFICAS	50
TABLA. 10 INTENSIDAD DE DURACIÓN DE LLUVIA	52
TABLA. 11 AFOROS DE CAUDALES.....	67
TABLA. 12 ALTURAS PARA LA REPOTENCIACIÓN DE LA PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA ULBA	68
TABLA. 13 PRECIOS REFERENCIALES SEGÚN LA REGULACION 004-17 DEL CONELEC	69
TABLA. 14 RANGOS Y SALTOS DE LA TURBINA PELTON	76
TABLA. 15 RELÉS DE PROTECCIÓN PARA EL GENERADOR	81
TABLA. 16 RELÉS DE PROTECCIÓN PARA EL TRANSFORMADOR	82
TABLA. 17 DESCRIPCIÓN DE COSTOS DE LA CENTRAL ULBA	88
TABLA. 18 DESCRIPCIÓN DE COSTOS DE LA CENTRAL ULBA	89
TABLA. 19 DESCRIPCIÓN DE COSTOS DEL KWH.....	90
TABLA. 20 DESCRIPCIÓN DEL FLUJO DE LA INVERSIÓN.....	91
TABLA. 21 DESCRIPCIÓN DE COSTOS DE LA CENTRAL ULBA	92

Resumen

El presente trabajo investigativo teórico, se lo ejecuta previó a la obtención del Título de Ingeniero Eléctrico en la Universidad Técnica de Cotopaxi, en la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, la cual está sustentado bajo los parámetros y reglamentos, que la Universidad estipula para la elaboración de la Tesis final.

En este estudio se realiza primeramente un diagnóstico de las estructuras civiles existentes de la ex Central Hidroeléctrica Punzan (ahora llamada Ulba), para lo cual se realizó un análisis minucioso del estado de las estructuras civiles, electromecánicas y eléctricas, para saber si se pueden usar las mismas o es necesario reemplazarlas en su totalidad.

Para alcanzar la presente propuesta se realizó un análisis, de la hidrología y topología del lugar de incidencia, se realizó las mediciones del caudal para poder cotejar con los datos históricos obtenidos por el INAMHI, también se procedido a la obtención de la caída del agua para la generación de energía eléctrica. Para ello fue necesario la utilización software, equipos de medición como el molinete, GPS y cronómetros, que ayudaron registrar, totalizar y determinar los equipos a ser dimensionados.

Por último, se analizan y razonan los resultados obtenidos, se determina la potencia a ser generada, y el dimensionamiento de los equipos eléctricos, mecánicos y electromecánicos a ser implantados en la central hidroeléctrica ULBA. Se concluye este trabajo, presentado el diseño de dicha Central.

Abstract

This theoretical researching takes place in order to obtain an Electrical Engineering degree from the Technical University of Cotopaxi, in the Engineering Sciences and Applied Academic Unit, which is supported under the parameters and regulations that the University provides for the preparation of the final thesis.

In this study, firstable is done a diagnosis of the existing civil structures ex Hydroelectric prick (now called Ulba), for which a detailed analysis of the state of civil electromechanical and electrical structures was carried out to know if you can use a first performed the same or need replacement in its entirety.

To achieve this proposal an analysis of hydrology and topology of the place of occurrence was conducted flow measurements to compare with historical data from the INAMHI was performed, also proceeded to obtain the gross and net height.

It was necessary to use the software, measuring equipment as the windlass, GPS and stopwatches, which helped record, total and determine the equipment to be sized. Finally, we analyze the results and reason, the power to be generated, and the sizing of electrical, mechanical and electromechanical devices for implantation in the ULBA hydroelectric plant is determined.

INTRODUCCIÓN

La energía eléctrica se ha convertido en las últimas décadas en una de las fuentes muy necesarias para el vivir diario de la humanidad, para tener una fuente constante de energía es necesario emprender una serie de procesos para la generación eléctrica, los cuales podemos clasificarlos en renovables y no renovables.

Pero en este trabajo investigativo, daremos más énfasis en la generación de tipo hidráulica mediante la utilización de mecanismos que se adapten al medio en donde se desarrolla la parte práctica.

La generación y producción de la energía eléctrica, mediante el aprovechamiento de la fuerza del agua, es una de las alternativas de generación que en nuestro país se utiliza con mayor frecuencia, debido a la topografía y el potencial hídrico.

En los sectores rurales, como lo es el caso de nuestro trabajo, aprovechando la infraestructura civil existente, las bondades hidrográficas del sector y de las características de las pequeñas centrales, emprendemos este estudio en la central hidroeléctrica Ulba para generar energía eléctrica, como un proyecto piloto que sirva como base para emprender estas tareas investigativas y prácticas que vayan en beneficio de los sectores rurales más desposeídos y sea un aporte como investigadores para el avance de la ciencia y la tecnología local y nacional.

CAPITULO I

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1 Antecedentes

En el sector eléctrico Ecuatoriano se han realizado diseños de centrales hidroeléctricas principalmente de gran capacidad hidráulica, en tanto que para pequeñas centrales no se han profundizado los estudios, procediendo a su instalación con el simple criterio de maestros mecánicos, se cree conveniente que es necesario que se implementen estudios o diseños profesionales que optimice recursos y consigan cantidades convenientes de energía para la población.

Para el diseño de pequeñas centrales básicamente se toma en cuenta la energía hidráulica, que tiene como fuente la energía potencial del agua que está a cierta altura. Esta se transforma en energía mecánica al pasar por una turbina, posteriormente en energía eléctrica por el accionar de un generador.

La energía hidráulica se ha usado durante varios años para la obtención de energía mecánica, y de energía eléctrica. Las ventajas que presentan este tipo de aprovechamiento energético son, su bajo costo de generación, bajo costo de manutención, no requiere abastecimiento de combustible, no presenta problema

de contaminación. Puede compatibilizarse con el uso del agua para otros fines, principalmente para uso agrícola.

Todos estos factores al ser analizado para un proyecto en particular, ayuda la factibilidad, técnica y económica de la instalación de una pequeña central.

1.2 Tipos De Energías

1.2.1 Energía Potencial

ALONSO Marcelo (2007, pág. 102) “Introducción a la Física” “Energía Potencial es la amplitud que tiene un cuerpo para realizar un trabajo en virtud de su posición o configuración a causa de fuerzas que actúan sobre el mismo”.

Para los investigadores la Energía Potencial es la capacidad que tiene un cuerpo para realizar un trabajo.

1.2.2 Energía Cinética

ALONSO Marcelo (2007, pág. 101) “Introducción a la Física” “Es la amplitud que tiene un cuerpo para realizar un trabajo en virtud de su velocidad. Se define también como el trabajo necesario para acelerar un cuerpo de una masa determinada desde el reposo hasta la velocidad indicada”.

Para los investigadores la Energía Cinética es energía asociada a los cuerpos que se encuentran en movimiento dependiendo tanto de la masa, como la velocidad del cuerpo.

1.2.3 Energía Eléctrica

Según Conceptos <http://www.taringa.net/posts/info/2711137/GeneradoresElectricos.html>; 2012, 12,13; 21:30) “Energía Eléctrica” La energía eléctrica es la forma de energía que resultará de una diferencia de potencial entre dos puntos, por intermedio de un conductor eléctrico para obtener el trabajo mencionado.

1.2.4 Energía Mecánica

Conceptos(<http://www.molwick.com/es/leyesgravitacionales/160energiamecanica.html>; 2012, 12,13; 20:30) “Concepto de Energía Mecánica” La energía mecánica es el resultado de la transformación de las energías cinética y potencial, para realizar un determinado trabajo.

Para los investigadores la Energía Mecánica es la suma de la energía cinética y potencial de un cuerpo en órbita y se mantiene en movimiento.

1.3 Recursos Hídricos

Es la aportación total de agua de un territorio mediante el ciclo hidrológico. Por los diferentes ríos y la aportación subterránea, que emana hacia la superficie a través de los acuíferos. El agua es uno de los recursos finitos, se recicla permanentemente en lo que se llama ciclo del agua. El constante cambio que tiene el planeta por el impacto ambiental ha conducido a tomar conciencia de su escasez, y sus alteraciones en los caudales de agua, a tal punto que hoy es uno de los factores limitantes en ciertas actividades económicas fundamentales para el desarrollo, en particular para la agricultura y la generación eléctrica.

1.4 Pluviosidad

Conceptos(Recuperado<http://www.definicionabc.com/tecnologia/energiapotencial.php>; 2012, 12,13; 20:30) “Pluviosidad “La pluviosidad es uno de los fenómenos del medio ambiente más comunes y al mismo tiempo más sorprendentes, aún dentro de su simpleza. La pluviosidad no es más que la precipitación de agua desde las nubes hacia el suelo. Esta caída de agua se produce a partir de la condensación del vapor de agua que se encuentra dentro de las nubes y que, al volverse más pesado, cae por efecto de la gravedad hacia el suelo.

Para los investigadores la pluviosidad es una presencia de agua que viene desde las nubes hacia el suelo, este fenómeno es más común en el medio ambiente y se le conoce también como lluvia.

1.5 Caudal

Conceptos(Recuperadohttp://www.definicionabc.com/tecnologia/energiapotencial.php; 2012, 12,13; 20:30) “Caudal “El caudal es un dato básico, indispensable, para los todos los diseños hidráulicos , Así la instalación de muchas "estaciones de aforo" que permitan observar, en una serie de años tan larga, como sea posible, los caudales escurridos en puntos característicos del río principal y, si fuere oportuno, de sus diversos afluentes, es el preámbulo de todo estudio hidráulico de una cuenca.

El Caudal se puede determinar por las siguientes ecuaciones.

(Ecuación 1.5)

$$A = b * h$$

(Ecuación 1.5)

$$V = e * t$$

(Ecuación 1.5)

$$Q = A * V$$

Para los Investigadores el caudal es la cantidad de fluido que pasa en una unidad de tiempo, que pasa por un área dada en la unidad. Menos frecuentemente, se identifica con el flujo másico o masa que pasa por un área dada en la unidad de tiempo.

1.5.1 Caudal Ecológico

Según la Confederación hidrográfica del tajo(CHT),2011(Recuperados de conceptos y métodos sobre elrégimendecaudalesecológicos,Pág.31) Es el caudal mínimo que debe mantenerse en un curso de agua al construir una presa, una captación o una derivación, de forma que no se altere las condiciones naturales del rio y se garantice el desarrollo de una vida natural igual a que existía anteriormente.

El Caudal Ecológico se puede determinar por la siguiente ecuación.

(Ecuación 1.5.1)

$$Q_e = Q_n * 0.10\%$$

1.5.2 Caudal de Diseño

Según la Confederación hidrográfica del tajo (CHT),2011(Recuperados de conceptos y métodos sobre el régimen de caudales ecológicos,Pág.35) Este caudal sirve para alimentar la turbina y generar así la demanda de energía solicitada, además dicho caudal se utiliza para determinar la capacidad y el diseño de las diferentes obras que componen una central hidroeléctrica.

El Caudal de Diseño se puede determinar por la siguiente ecuación.

(Ecuación 1.5.2)

$$Q_d = Q_n - Q_e$$

1.6 Sedimentos

Es la capacidad, que tiene un río para transportar materiales sólidos mediante sus corrientes, se sitúa al fondo de ríos, represas o embalses. Las corrientes de agua tiene la capacidad de llevar materia sólida en suspensión, de generar sedimentos por la erosión que causa un río o creciente al pasar sobre un terreno. Los sitios donde se acumulan los sedimentos se llaman medios sedimentarios, su estudio determina el medio de transporte y erosión que ha sufrido los materiales.

Para los investigadores la sedimentación se produce al ser transportado una materia sólida por una corriente de agua que se posa al fondo del río, represa o de un embalse

1.7 Central Hidroeléctrica

Según,URIBE,Carlos(Recuperado.de;www.monografias.com/trabajos/instalaciones/instalaciones-electricas; 2009, 11,08; 2012, 11,25; 15:15) “Plantas

Hidroeléctricas” “Son aquellas que aprovechan la energía potencial del agua que se almacena en un embalse en desnivel, el agua desciende y en su trayectoria se transforma en energía cinética que es la que hace girar la turbina acoplada a un alternador quien produce la energía eléctrica”.

Para los investigadores la Central Hidroeléctrica es aquella que utiliza la fuerza y la velocidad del agua para satisfacer demandas de energía eléctrica.

1.7.1 Tipos De Pequeñas Centrales Hidroeléctricas

Las centrales hidroeléctricas se clasifican según el tipo de utilización de agua y según la altura del salto de agua. A estas centrales se las denominan:

- Centrales de agua fluente
- Centrales de embalse o regulación
- Según la altura del salto del agua:
 - Centrales de alta presión
 - Centrales de media presión
 - Centrales de Baja presión

1.7.1.1 Según el tipo de utilización de agua.

1.7.1.1.1 Centrales de agua fluente.

Son aquellas que aprovechan el flujo continuo de agua de una corriente para mover un generador y producir energía a partir de esta corriente de agua.

1.7.1.1.2 Centrales de flujo regulado.

Son aquellas alimentadas desde un depósito, que se abastecen a partir de una fuente hídrica y cuya generación se regula controlando la salida de agua del mismo.

1.7.1.2 Según la altura del salto del agua.

1.7.1.2.1

Centrales de alta presión

La principal característica de las centrales de alta presión, es que se encuentran conformadas por un salto hidráulico desde alturas superiores a los 200 m de altura, y los caudales desalojados pueden llegar a los, $20 \text{ m}^3/\text{s}$ por maquina.

En donde se utilizan turbinas Pelton. En el caso que las alturas sean menor se utiliza turbinas Francis que son más lentas que las Pelton Este tipo de centrales suelen estar ubicadas en zonas montañosas.

1.7.1.2.2

Centrales de media presión

En el caso de estas centrales la altura del salto hidráulico se encuentra entre 20 y 200 m aproximadamente, se utiliza caudales de $200 \text{ m}^3/\text{s}$ por turbina. Las turbinas son Francis y Kaplan, este tipo de centrales están situadas en valles de media montaña.

1.7.1.2.3

Centrales de baja presión

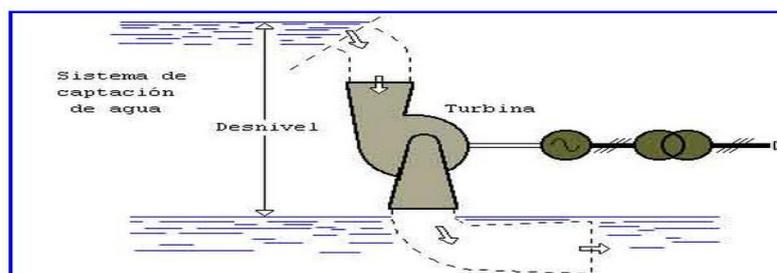
Dentro de estas centrales se utilizan tres tipos de turbinas, Kaplan, Hélice y Francis extra rápidas, aplicables para saltos inferiores a los 20 m. Cada máquina se alimenta de un caudal que puede superar los $300 \text{ m}^3/\text{s}$.

1.7.2 *Función De La Central Hidroeléctrica*

Según GARCIA, Rafael (Internet; 2010, 08,25; 2012, 11, 28,15:30) “Función de la Central Hidroeléctrica “La función de una Central Hidroeléctrica es utilizar la energía potencial del agua almacenada y convertirla, primero en energía mecánica y luego en eléctrica.

Para los investigadores la función de la central hidroeléctrica es una instalación capaz de convertir la energía mecánica, obtenida mediante otros medios de energía primaria, en energía eléctrica.

FIG. 1 FUNCIÓN DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA



Fuente: GARCIA, Rafael (Internet; 2010, 08,25; 2012, 11, 28,15:30) “Función de la Central Hidroeléctrica”

1.8 Obra Civil

Según CASTRO Adriana (2007, pág. 38) “Mini Centrales Hidroeléctrica” manifiesta que “La obra civil de una Pequeña Central Hidroeléctrica engloba las infraestructuras e instalaciones necesarias para derivar, conducir y restituir el agua turbinada, como también para albergar los equipos electromecánicos y el sistema eléctrico general y de control”.

1.8.1 *Altura Bruta*

Según CASTRO Adriana (2007, pág. 38) “Mini Centrales Hidroeléctrica” Altura Bruta son saltos o caídas de las masas de agua, producidas por los desniveles existentes en los causes por donde aquellas discurren, tiene lugar, no por la velocidad de esta, sino por la presión que puede obtenerse al descender las mismas para obtener de esta manera en su caída el trabajo aprovechable.

Para los investigadores La altura bruta es igual a la altura neta menos las pérdidas de carga. La altura bruta (H_b) es la diferencia entre el centro de gravedad del volumen útil del embalse y el nivel de restitución del caudal.

1.8.2 *Altura Neta*

Según CASTRO Adriana (2007, pág. 38) “Mini Centrales Hidroeléctrica” La altura neta (H_n) es igual a la altura bruta menos las pérdidas de carga. La altura

bruta (Hb) es la diferencia entre el centro de gravedad del volumen útil del envase y el nivel de restitución del caudal turbinado.

La Altura Neta se puede determinar por la siguiente ecuación.

(Ecuación 1.8.2)

$$\mathbf{H_n = H_b - \Delta H}$$

Las pérdidas de la carga son ΔH son ocasionadas por pérdidas en la toma, pérdidas en el canal de desviación y pérdidas en la tubería forzada. Las pérdidas de carga se pueden considerar en una primera estimación, entre el 5% y el 10% del salto bruto.

Las Pérdidas de Altura se puede determinar por la siguiente ecuación.

(Ecuación 1.8.2)

$$\mathbf{\Delta H = 6.35 * \frac{n^2 * L * V^2}{d_4^3}}$$

1.8.3 Azud

Según CASTRO Adriana (2007, pág. 39) “Mini Centrales Hidroeléctrica”, manifiesta que Azud es un Muro transversal al curso del río, de poca altura, que provoca un remanso de agua sin producir una elevación notable del nivel.

Para los investigadores, el azud es un muro que está dispuesto transversalmente al curso del agua de los ríos, y sirven para desviar parte del caudal hacia la toma.

1.8.4 Canal

Según RESTREPO Luis (2007, pág. 5) “Proyectos Eléctricos de Antioquia” Es el encargado de conducir el agua al desarenador y posteriormente a la cámara de equilibrio. Es una estructura hidráulica de forma regular, el canal casi siempre se

trata de conductos abiertos de sección muy diversa rectangular, trapezoidal, semicircular o de sección irregular.

Para los investigadores el canal es el encargado de conducir el caudal con una pequeña pendiente hasta el lugar donde se obtiene la caída necesaria, utilizando la tubería de presión y los convertidores de Energía Eléctrica.

1.8.5 Túnel

Según RESTREPO Luis (2007, pág. 5) “Proyectos Eléctricos de Antioquia” Son conducciones bajo tierra que se excavan en el terreno y aunque tienen un costo más elevado, se adaptan mejor a éste. El túnel suele ser de superficie libre y funciona como un canal abierto (es decir, el agua no circula en presión).

Para los investigadores túnel es una obra civil que sirve para conducir agua dentro de la tierra.

1.8.6 Toma de agua

Es la estructura que tienes como función derivar parte del cauce de un río y facilitar la entrada de agua desde el azud a las obras de conducción su diseño debe estar basado en las condiciones geológicas, hidráulicas, estructurales y económicas que requieren un trato especial para evitar problemas en su funcionamiento.

Para los investigadores la toma de agua es aquella que sirve para desviar parte del cauce del río y facilitar su entrada desde el azud, para evitar problemas de funcionamiento y conservación a todo lo largo de la vida de la central.

1.8.7 Tubería Presión

Según CASTRO Adriana (2007, pág. 39) “Mini Centrales Hidroeléctrica” “Es aquella encargada de transportar un cierto caudal desde del tanque de presión hasta la casa de máquinas. Debe estar preparada para soportar la presión que

produce la columna de agua, además de la sobrepresión que provoca el golpe de ariete.

Para los investigadores la tubería de presión es aquella que se encarga de llevar el agua desde la cámara de carga hasta la turbina, esta debe estar preparada para la sobrepresión y golpe de ariete.

1.8.8 Tanque de Presión

Es una parte de la obra civil de la Central Hidroeléctrica que cumple una principal función hidráulica de los vasos comunicantes, ya que el agua recupera dentro del mismo el nivel que haya en el embalse. El tanque de Presión absorbe la potentísima onda de choque, llamada Golpe de Ariete.

Para los investigadores el tanque de presión es un dispositivo de alivio utilizado para reducir el efecto producido por el golpe de ariete.

1.8.9 Chimenea De Equilibrio

Según RESTREPO Luis (2007, pág. 5) "Chimenea de equilibrio es aquella que obliga a una reducción en el caudal que pasa por la turbina. La regulación del caudal para reducir o aumentar la potencia genera ondas de oscilación en la tubería de presión que son amortiguadas en la chimenea de equilibrio, como también los efectos que produce el golpe de ariete".

Para los investigadores la chimenea de equilibrio es una estructura que regula la energía potencial del agua de las ondas que enana la tubería de presión.

1.8.10 Casa De Máquinas

Es la estructura que protege y aloja todo el equipo electromecánico generadores, alternadores, cuadros eléctricos, cuadros de control, etc. En los que se transforma la energía cinética del agua en energía mecánica y posteriormente en eléctrica La ubicación de esta casa de máquinas debe analizarse muy atentamente,

considerando los estudios topográficos, geológicos, geotécnicos, y la accesibilidad al mismo.

Para los investigadores la casa de máquinas es una edificación es donde se transforma la Energía Potencial en Energía Eléctrica.

1.9 Equipos Electromecánicos

CASTRO Adriana (2007, pág. 39) “Mini Centrales Hidroeléctrica” Los equipos electromecánicos de una Pequeña Central Hidroeléctrica está formada por una serie de componentes principalmente como: turbinas hidráulicas, generadores, sistema de transmisión lo que permite alcanzar una gran precisión en la regulación y el acoplamiento de grupos de generación.

Para los investigadores los equipos electromecánicos son dispositivos o aparatos mecánicos que por su funcionamiento produce electricidad.

1.9.1 Turbina Hidráulicas

Es un elemento que permite aprovechar el potencial energético de un recurso hídrico de manera eficiente al transformar la energía potencial en energía mecánica para luego, por medio del generador básicamente, obtener la energía necesaria.

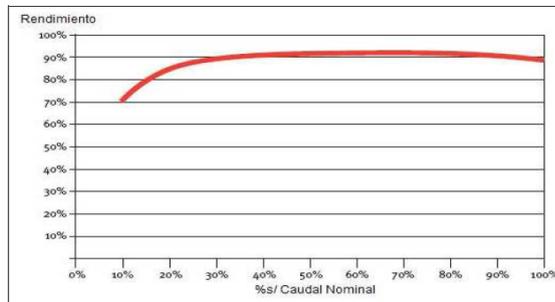
1.9.1.1 Eficiencia de las Turbinas

1.9.2 Eficiencia de la Turbina Pelton

La Turbina Pelton permite una gran flexibilidad de funcionamiento, al ser capaz de turbinar desde el 20 % hasta el 105 % del caudal nominal con rendimientos óptimos. Tiene un rendimiento alto superior al 90 % en condiciones de diseño,

permitiendo una alta variación de caudales en su funcionamiento. Se emplea generalmente para saltos de agua de gran altura más de 50 m.

FIG. 2 CURVA DE EFICIENCIA TURBINA PELTON

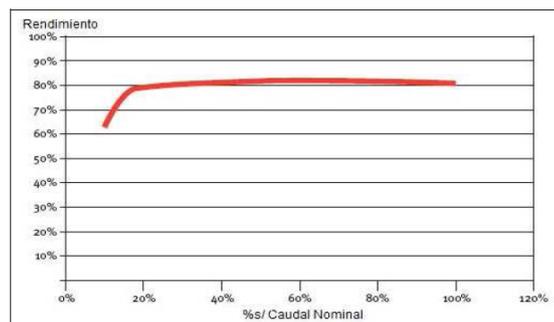


Fuente: Adriana Castro (2007, pág. 39) Mini Centrales Hidroeléctrica

1.9.3 Eficiencia de la Turbina Michell – Banki

La Turbina Michell – Banki tiene un rendimiento inferior al de las Turbinas Pelton. El máximo rendimiento es el 85% en condiciones de diseño. Permite variaciones de caudales entre el 10% y 105% del caudal nominal. Se emplea generalmente para saltos de agua de gran altura más de 200 m

FIG. 3 CURVA DE EFICIENCIA TURBINA MICHELL-BANKI



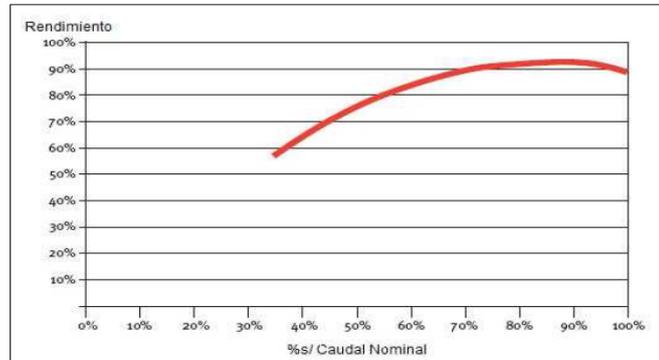
Fuente: Adriana Castro (2007, pág. 39) Mini Centrales Hidroeléctrica

1.9.4 Eficiencia de la Turbina Francis

El rendimiento de una Turbina Francis es superior al 90 % en condiciones óptimas de funcionamiento.

Permite turbinar a partir del 40 % hasta el 105 % del caudal nominal, Muy utilizado en saltos de altura media (5m a 100 m)

FIG. 4 CURVA DE EFICIENCIA TURBINA FRANCIS

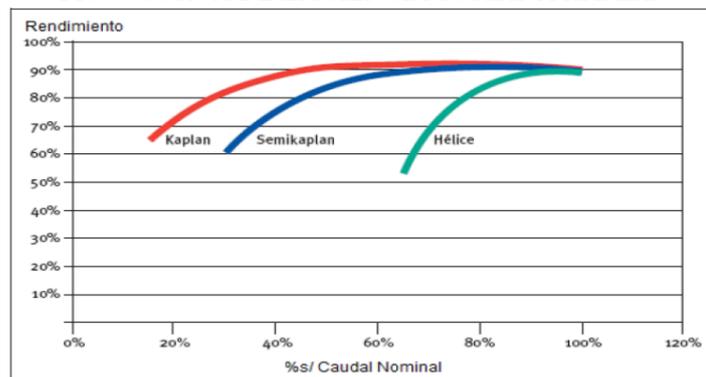


Fuente: Adriana Castro (2007, pág. 40) Mini Centrales Hidroeléctrica

1.9.5 Eficiencia de la Turbina Kaplan

El rendimiento de máximo de la Turbina Kaplan es superior al 90 % en condiciones de diseño permite un funcionamiento muy amplio, son utilizadas para saltos de altura (desde 10 m).

FIG. 5 CURVA DE EFICIENCIA TURBINA KAPLAN



Fuente: Adriana Castro (2007, pág. 41) Mini Centrales Hidroeléctrica

1.9.5.1

Partes de una turbina hidráulica

Los elementos fundamentales de una turbina hidráulica son los siguientes:

1.9.5.1.1 *El Rodete*

Llamado también rotor o rueda, este elemento es el órgano fundamental de las turbinas hidráulicas. Consta esencialmente de un disco provisto de un sistema de alabes, paletas o cucharas, que está animado por una cierta velocidad angular.

1.9.5.1.2 *Tubo de aspiración*

Es un elemento muy común en las turbinas de reacción que se instala a continuación del rodete, y tiene forma de un conducto divergente puede ser recto o acodado.

1.9.5.1.3 *Carcasa*

Este elemento tiene la principal función de cubrir y soportar a las partes de la turbina. En las turbinas Francis y Kaplan tienen la forma de una espiral.

1.9.5.2 *Tipos de turbinas hidráulicas*

Las turbinas hidráulicas se pueden clasificar en dos grandes grupos: Turbinas de acción y Turbinas de reacción.

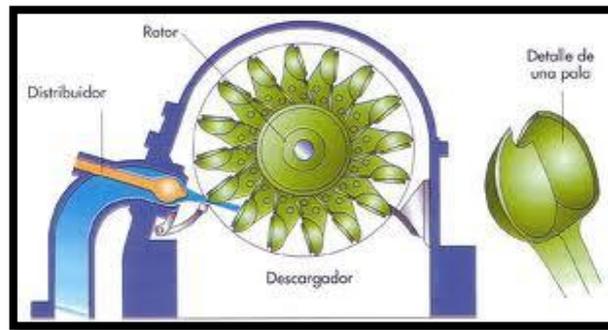
1.9.5.2.1 *Turbinas de Acción*

Según PELLEJERO, (Recuperado de <http://www.definicionabc.com/tecnologia/energia-potencial.php> 2012, 05,21; 2012, 12,16; 14:30) Son aquellas en las cuales el agua impactada en el alabe de la turbina a presión atmosférica; en este caso el agua es dirigida hacia los alabes a través de un inyector, que convierte la energía potencial del agua en energía mecánica a través de cambios de sección. A esta clase de turbinas pertenecen Pelton y Michell – Banki.

- Turbina Pelton

A las turbinas Peltón se les conoce como turbinas de presión, porque está en constante movimiento en la zona del rodete, de chorro libre, de impulsión o de admisión parcial.

FIG. 6 TURBINA PELTON

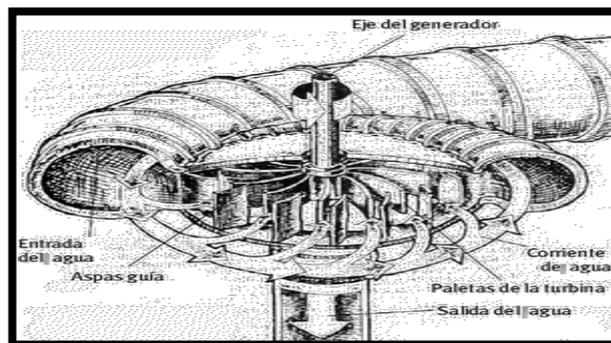


Fuente: PELLEJEROSalaberria,(Recuperadodewww.buenastareas.com/ensayos/Definicion-De-Energia-Elctrica/1114657.html; 2012, 05,21; 2012, 12,16; 14:30)

- *Turbina Michell- Banki*

Es una turbina de acción de flujo transversal de admisión parcial. Se aprovecha el salto y caudal para satisfacer la demanda de un sistema eléctrico.

FIG. 7 TURBINA MICHELL- BANKI



Fuente: PELLEJEROSalaberriaRecuperadodewww.buenastareas.com/ensayos/Definicion-De-Energia-Elctrica/1114657.html; 2012, 05,21; 2012, 12,16; 14:30)

1.9.5.2.2 *Turbinas de Reacción*

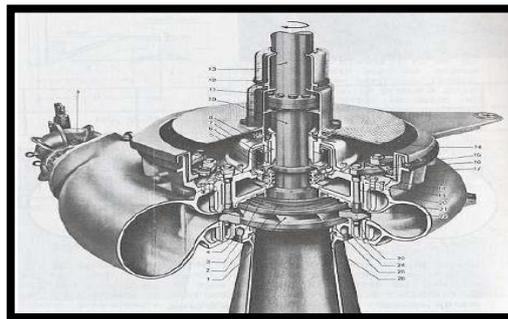
SegúnPELLEJERO,(RecuperadoPELLEJEROSalaberriaRecuperadodewww.buenastareas.com/ensayos/Definicion-De-Energia-Elctrica/1114657.html;2012,05,21; 2012, 12,16; 14:30)) Son aquellas en las cuales el agua llega a los alabes de la turbina a una presión superior a la presión atmosférica, pero también a una velocidad alta, es decir, su ingreso conlleva la introducción de energía cinética y

energía potencial, que son transformadas por la turbina en energía mecánica y rotación. Como ejemplos de turbinas de reacción, están las Francis y Kaplan.

- ***Turbina Francis***

Las turbinas Francis son conocidas como turbinas de sobrepresión, tiene las componente, radial y circunferencial.

FIG. 8 TURBINA FRANCIS

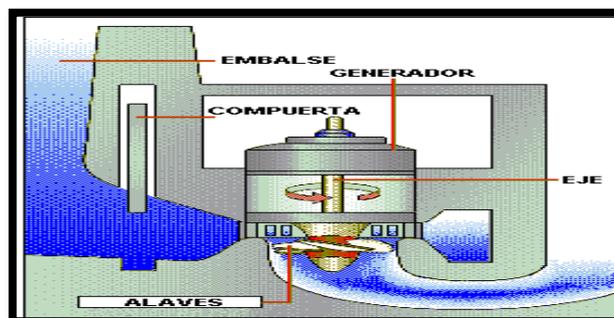


Fuente: PELLEJEROSalaberriaRecuperadodewww.buenastareas.com/ensayos/Definicion-De-Energia-Electrica/1114657.html; 2012, 05,21; 2012, 12,16; 14:30

- ***Turbina Kaplan***

Las turbinas tipo Kaplan son turbinas de admisión total y de reacción. Este tipo de turbina se emplea en saltos de pequeña altura, alrededor de 50 m con caudal medios y grandes aproximadamente de 15 metros cúbicos sobre segundo en adelante.

FIG. 9 TURBINA KAPLAN



Fuente: PELLEJEROSalaberriaRecuperadodewww.buenastareas.com/ensayos/Definicion-De-Energia-Electrica/1114657.html; 2012, 05,21; 2012, 12,16; 14:30)

1.9.5.3

Rangos de utilización y rendimientos de las distintas turbinas

En función del salto (grande o pequeño) y del caudal (variable o constante, alto o bajo), es más conveniente usar un tipo u otro de turbina. Esto es lo que nos indica el rango de utilización. Además, hay que tener en cuenta la curva de rendimiento de cada turbina, que varía según sea el caudal de funcionamiento.

También varía el rendimiento en función del salto donde vayamos a instalar las pequeñas centrales. Esta variación es menos usada, pero conviene analizarla, ya que para obtener una estimación correcta de la energía producida en un aprovechamiento hay que analizar el rendimiento de la turbina en cada régimen de funcionamiento.

A falta de datos más precisos se puede estimar el rendimiento del generador en un 95% para condiciones de funcionamiento nominal.

1.9.6 Cavitación

Según SUESCUN Ismael (2007, pág.18) “Centrales Hidroeléctricas” Cavitación es un fenómeno donde se produce burbujas de vapor o de gas en el seno de un líquido, causada por las variaciones que éste experimenta en su presión. La cavitación se hace presente en tuberías, turbinas, bombas hidráulicas, elices, superficies sustentadoras y conductoras de líquido. Para que se presente cavitación se tiene que dar tres condiciones: flujo de alta velocidad, bajas presiones y cambio abrupto en la dirección del flujo. En las turbinas hidráulicas de reacción, la cavitación suele ocurrir en zonas de bajas presión, como la parte convexa de los alabes y las partes laterales cercanas a las salidas del rodete y al ingreso de tubo de aspiración.

En la tabla 1 se relaciona la presión atmosférica en metros de columna de agua en función de la altura sobre el nivel del mar.

TABLA. 1 PRESIÓN ATMOSFÉRICA EN FUNCIÓN DE LA ALTITUD

Altitud [m]	Presión Atmosférica [H _a]
0	10.351
500	9.751
1000	9.180
1500	8.637
2000	8.120
2500	7.628
3000	7.160
3500	6.716
4000	6.205

Fuente: SUESCUN Ismael (2007, pág.18)

TABLA. 2 PRESIÓN DE VAPOR EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA

Temperatura [°C]	Presión de vapor [h _v]
5	0.089
10	0.125
15	0.174
20	0.239
25	0.324

Fuente: SUESCUN Ismael (2007, pág.18)

1.9.7 Generación

Según,UCHA,Florencia(Recuperadodelatea.pntic.mec.es/pmarti1/educacion/trabajo_glosario/energia_mecanica/energia_mecanica.htm; 2012, 10,24; 2012, 12,15; 10,19) “Definición De Generación De Energía “La generación de energía se puede concretar de muy diversas maneras y a través de diferentes estrategias , en tanto, la que aprovecha el movimiento rotatorio de generación de corriente continua o corriente alterna será la que permite suministrar mayor cantidad y potencia de la electricidad.

Para los investigadores la generación consiste en transformar alguna clase de energía química, mecánica, térmica o luminosa entre otras, en energía eléctrica.

1.9.8 Potencia Nominal

Según OSCAR, Mallitásig, TAPIA Luis (recuperado de XXII JORNADAS EN INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA,). La potencia eléctrica de una PCH se obtiene aprovechando la energía cinética que adquiere el caudal Q al final de una caída H, la cual es transformada por una turbina en energía mecánica y posteriormente en energía eléctrica por el generador.

La potencia nominal que puede generar una central hidroeléctrica, viene dada por la siguiente ecuación:

(Ecuación 1.9.8)

$$P_o = 9.7799 \times Q_{Diseno} \times H_n \times R_t \times R_g$$

1.9.9 Producción Energética

Según OSCAR, Mallitásig, TAPIA Luis (recuperado de XXII JORNADAS EN INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA,). Considerando lo anterior, tradicionalmente se ha definido una producción representativa de una central hidroeléctrica a través del tiempo. Esta producción está dada por los parámetros HIDROLÓGICOS, y determinados por la Energía Media definido así:

La Producción Energética que puede generar una central hidroeléctrica, viene dada por la siguiente ecuación:

(Ecuación 1.9.9)

$$E_m = \eta_{g-t} \times g \times H \times Q \times T_{op}$$

1.9.10 Equipos Eléctricos

Según CASTRO Adriana (2007, pág. 39) “Mini Centrales Hidroeléctrica” El equipamiento eléctrico es necesario en la central hidroeléctrica, ya que es el encargado de transformar la tensión, los diferentes parámetros de la corriente eléctrica, de la conexión a la línea de salida y redes de distribución de energía.”.

Para los investigadores los equipos eléctricos son una serie de elementos eléctrico o electrónicos conectados eléctricamente entre sí con el propósito de generar, transportar o modificar señales electrónicas y eléctricas.

1.9.10.1 *Generadores*

ManualDeOperaciones,(Recuperadodeservicios.marm.es/sia/indicadores/ind/ficha.jspcodindicadorfactorestado; 2012, 11,22; 2012, 12,16; 14,45) “Generadores Eléctricos” “Son máquinas que transforman la energía mecánica en energía eléctrica. Estas máquinas se basan en la ley de inducción magnética, permitiendo así la transformación de energía mecánica aplicada en energía eléctrica para su uso”.

Para los investigadores los generadores eléctricos son máquinas capaces de poder cambiar la energía mecánica, en energía eléctrica, que permite poder transportar la energía a largas distancias, desde donde se genera hasta donde se usa.

1.9.10.2 *Determinación del Número de Polos*

Para el cálculo de números de polos del generador se aplica la siguiente ecuación:

(Ecuación 1.9.10.2)

$$P = \frac{120 * f}{N}$$

1.9.10.3 *Determinación dela velocidad sincrónica del generador*

La velocidad de giro de la turbina está relacionada con la caída neta, el caudal aprovechable, y las dimensiones del rodete.

Cuando la velocidad sincrónica de la turbina no coincide con la velocidad sincrónica del generador, se deben emplear sistemas de transmisión, de movimiento y potencia mecánica por medio de elementos mecánicos. La frecuencia que se requiere en los terminales del generador es un parámetro que se

debe cumplir para poder realizar la interconexión con el sistema, debe recordarse que la frecuencia se regula por medio de la maquina motriz.

La velocidad del generador está definida por la frecuencia a la que debe operar y se determina por la siguiente ecuación.

(Ecuación 1.9.10.3)

$$N = \frac{120 * f}{p}$$

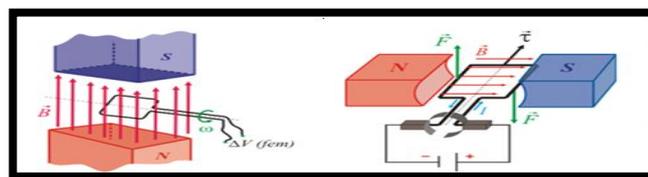
1.9.10.3.1 Tipos de Generadores

Existen dos tipos de generadores, los sincrónicos y los asincrónicos o de inducción, ambos son empleados en pequeñas centrales hidráulicas con un aceptable grado de confiabilidad y calidad de energía.

- *Generador Sincrónico*

Un generador síncrono es aquel cuyo rotor gira a una velocidad que es múltiplo de la velocidad de campo magnético. La sincronía entre las velocidades da el nombre a este tipo de generadores disponen de un devanado en el rotor al que se le inyecta una corriente encargada de producir un campo magnético, al hacer girar el rotor mediante una maquina motriz primaria se produce un campo magnético giratorio que al cortar las bobinas del estator induce en ellas un conjunto de voltajes trifásicos.

FIG. 10 GENERADOR SINCRÓNICO SU FUNCIÓN

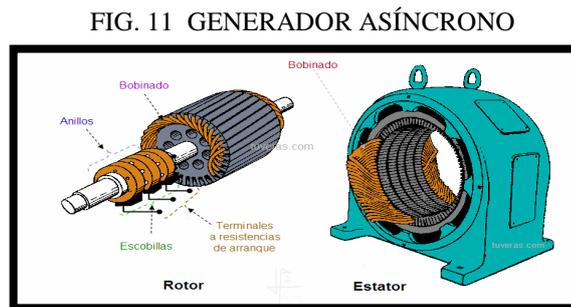


Fuente: CASTRO Adriana (2007, pág. 40) “Mini Centrales Hidroeléctrica.

- *Generador Asincrónico*

Los generadores asíncronos, frecuentemente están compuestos por un inductor a flujo variable, a partir de un devanado generalmente trifásico ubicado en el

estator (generación de un campo magnético giratorio) y un inducido con devanado cerrado, ubicado al rotor, donde se induce las f.e.m y las corrientes a partir del flujo generado por el estator. La excitación de estos generadores, en el caso de que el rotor sea bobinado se realizara mediante escobillas, aunque se suele utilizar los generadores con jaula de ardilla ya que son mucho más baratos y robustos.



Fuente: CASTRO Adriana (2007, pág.42) “Mini Centrales Hidroeléctrica

1.9.10.3.2

Montaje de un Generador

Durante el montaje del generador al motor, primero se debe asegurar un alineación correcta y después, girar el conjunto del rotor del generador y cigüeñal del motor para permitir la colocación inserción y fijación de los pernos de acoplamiento. Este procedimiento debe aplicarse tanto en grupos con generadores de uno o dos cojinetes.

Durante el montaje de los generadores de un solo cojinete, deben alinearse los agujeros del acoplamiento del generador con los agujeros del volante del motor. Recomendamos colocar dos espigas posicionadoras diamétricas en el volante del motor para guiar el acoplamiento del generador en su posición final dentro del volante del motor. Las espigas posicionadoras deben reemplazarse por pernos de acoplamiento antes del apriete final de los pernos de acoplamiento. Durante el montaje de los pernos de acoplamiento será necesario girar el conjunto del rotor del generador y cigüeñal del motor. Debe asegurarse de que este procedimiento se ejecute considerando todos los aspectos de seguridad, sobre todo, durante el

proceso de colocación y apriete de los pernos de acoplamiento. Los fabricantes de motores disponen de útiles adecuados para permitir el giro manual del cigüeñal. Estos útiles siempre deben emplearse, enganchando el piñón de accionamiento manual a la corona del volante del motor.

1.9.10.3.3 *Puesta a Tierra de un Generador*

El bastidor del generador deberá unirse sólidamente con la bancada del grupo electrógeno. En caso de montar soportes anti vibratorios entre el alternador y su bancada, es preciso instalar un conductor de tierra adecuado (normalmente de la mitad de sección de los cables principales de alimentación) para puentear los soportes anti vibratorios.

1.9.10.3.4 *Comprobación de Aislamiento de un Generador*

Antes de arrancar el grupo electrógeno, después de haber finalizado su montaje e instalación, debe verificarse la resistencia de aislamiento del devanado. La AVR debe desconectarse durante esta prueba.

Emplear un megóhmetro de 500 V o un instrumento similar. Desconectar cualquier conductor de puesta a tierra entre neutro y masa, y medir la resistencia de uno de los terminales de salida U, V o W a tierra. La resistencia de aislamiento debe resultar en un valor de más de 5 megohmios a tierra.

1.9.10.4 *Transformador*

Es una maquina electromecánica capaz de elevar, disminuir la tensión eléctrica, transforma la frecuencia eléctrica, (Hz) y medir sus diferentes magnitudes, tales como: la tensión, intensidad y potencia otra de las funciones del transformar es equilibrar circuitos eléctricos según sea la necesidad y el caso, dicho elemento es capaz de aislar circuitos de corriente alterna y corriente continua.

1.9.11 Sistema De Protección

Según NAVAJAS, Sofía (Recuperado de www.definicionabc.com/general/agua.php; 2012, 11,23; 2012, 12,16; 15,50) “Transformadores Su Clasificación”, lo que indica que “Los sistemas de protección tienen por objetivo remover lo más rápido posible cualquier equipo de potencia que comienza a operar de una forma anormal. También se encarga de limitar los daños causados a los equipos de potencia y sacar del servicio el equipo en falla para mantener la integridad, estabilidad y confiabilidad del sistema de potencia.

Par los investigadores los sistemas de protección son generalmente integrados por varios equipos que actúan independientemente evacuando la una falla lo más rápido posible para evitar daños en equipos, pérdidas materiales y personales.

1.9.11.1 Interruptor Termomagnético

Es un medio de protección y desconexión a base de elementos mecánicos termomagnético de fácil accionamiento y de rápida respuesta a la falla eléctrica ensamblados en caja moldeada .Estos interruptores son utilizados en zonas con mayor demanda de carga eléctrica para uso residencial, comercial e industrial.

1.9.12 Línea de Transmisión Eléctrica

La red de transporte de la energía eléctrica es aquella que parte del sistema de generación hasta los puntos de consumo a grandes distancias, para ello, los volúmenes de energía eléctrica producidos deben ser transformados, elevando su nivel de tensión, esto se hace considerando que para un determinado nivel de potencia, al elevar el voltaje se reduce la intensidad de corriente eléctrica que circulara, reduciendo las perdidas por efecto Joule

Para los investigadores la línea eléctrica constituye las instalaciones que realizan el transporte y la distribución de la energía eléctrica a los centro de consumo o distribución.

1.9.12.1 *Conductor Eléctrico (cables)*

Son materiales cuya resistencia al paso de la electricidad es muy baja. Los mejores conductores eléctricos son metales el cobre, el hierro, el aluminio los metales y sus aleaciones.

1.9.12.2 *Determinación del Conductor*

Según COZ Federico, “Manual de Mini y Micro centrales Hidráulicas”, Lima ITDG, 1995. Las características del conductor se determinan en base a la corriente, el nivel de aislación y los agentes ambientales del lugar a ser instalado.

La Determinación del conductor se determina por la siguiente ecuación.

(Ecuación 1.9.12.2)

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} * V}$$

Para calcular la potencia aparente (S) se debe consideran el factor de potencia de acuerdo a la red que se conecte.

(Ecuación 1.9.12.2)

$$S = \frac{P}{fp}$$

1.9.12.2.1 *Cable de alta tensión*

Los conductores eléctricos de alta tensión conforme al material que están constituidos y debido a la capacidad de transmisión de voltaje se clasifican de la siguiente manera.

- **Cable de aluminio desnudo.**- Los conductores de aluminio desnudo son usados para transmisión y distribución de energía eléctrica en líneas aéreas, el metal más utilizado para su fabricación es el aluminio 1350-H19, aleación de aluminio 6201-T81 y acero recubierto con zinc o con aluminio, las principales configuraciones de los Cables de Aluminio desnudo son:

FIG. 12 CABLES DE ALUMINIO DESNUDO



Fuente: CASTRO Adriana (2007, pág. 39) Mini Centrales Hidroeléctrica

- **Cable de cobre desnudo.**- Los Conductores de cobre desnudos son usados para transmisión y distribución de energía eléctrica en líneas aéreas, sistemas de puesta a tierra y como conductores de neutro.

FIG. 13 CABLES DE COBRE



Fuente: CASTRO Adriana (2007, pág. 39) Mini Centrales Hidroeléctrica

1.9.12.2.2

Cables de baja tensión

Generalmente se utilizan en redes que van desde la salida de los transformadores de distribución hasta la conexión con los equipos, se consideran cables de baja tensión aquellos cuyo voltaje de operación es como máximo de 1000 V entre fases, dentro de esta familia se encuentran principalmente cables para 600 V que

están compuestos por uno o varios conductores de cobre y materiales que componen el aislamiento o la chaqueta.

FIG. 14 CABLES DE BAJA TENSIÓN



Fuente: CASTRO Adriana (2007, pág. 39) Mini Centrales Hidroeléctrica

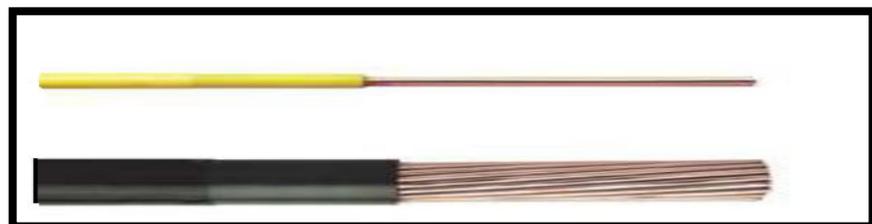
- ***Conductores para instalaciones interiores***

Los alambres THHN/THWN son para las instalaciones eléctricas residenciales y proyectos eléctricos comerciales e industriales, en circuitos alimentadores, ramales y redes interiores secundarias industriales, conexiones de tableros, salidas de motores y sistemas generales la distribución de energía por bandejas o ductos en las instalaciones subterráneas.

Los cables y alambres THHN/THWN se aplican en instalaciones de sitios abrasivos o contaminados con aceite, grasas. Gasolina y otras sustancias químicas que existen en los talleres especiales

Este tipo de conductores son diseñados para una tención de operación de 600 V con conductores de cobre (opcional en aluminio), aislamiento en PVC para una temperatura de operación de 90°C y cubierta externa en nylon.

FIG. 15 CABLES DE INSTALACIONES INTERIORES



Fuente: CASTRO Adriana (2007, pág. 39) Mini Centrales Hidroeléctrica

1.9.13 *Sistemas Auxiliares*

Según CASTRO Adriana (2007, pág. 39) “Mini Centrales Hidroeléctrica”, lo que “Son aquellos necesarios para proveer el servicio básico de transmisión a los consumidores. Estos servicios comprenden acciones que afectan la transacción (programación y despacho de servicios) y los servicios que son necesarios para mantener la integridad del sistema durante una transacción (seguimiento de carga y soporte de energía reactiva). Existen otros servicios auxiliares que son requeridos para corregir los efectos asociados con el compromiso de la transacción (por ejemplo, servicio de carga des balanceada)”.

Para los investigadores los sistemas auxiliares son equipos tales como bombas de agua para el enfriamiento de las unidades, bombas lubricantes, extinguidores de fuego, equipos para la auto alimentación eléctrica, banco de baterías, grúa viajera, oficinas y salas varias, taller y bodega.

1.9.14 *Marco legal*

1.9.14.1 *Política Energética Nacional*

El Consejo Nacional De Electricidad CONELEC como ente delegado por el estado ecuatoriano, que está encargado de concesionar las actividades de generación y que han presentado a consideración y por asunto meramente referencial dentro del Plan de Electrificación para los años 2004-2014 un catálogo de los proyectos hidroeléctricos disponibles menores a 1 MW y también proyectos comprendidos entre 1- 10 MW(se descartara a los proyectos mayores a 10 MW, por no ser considerados como PCH según la regulación 009/06); apoya y promueve este tipo de proyectos. La promoción de estos proyectos por parte del CONELEC, viene realizado e impulsando a través de estudios en cuencas hidrográficas.

1.9.14.2

Marco Legal y Regulatorio

La normativa nacional vigente para el Sector Eléctrico Ecuatoriano está conformada por Leyes, Reglamentos, Regulaciones y Resoluciones. Esta normativa proporciona una estructura legal capaz de permitir el desarrollo de proyectos para Pequeñas Centrales Hidroeléctricas; y en función de esta normativa, se pretende enumerar todo un conjunto de artículos de gran importancia, considerados dentro de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico LRSE, Ley de Aguas, los reglamentos y regulaciones emitidos por el CONELEC, representate del estado ecuatoriano como persona jurídica y que ejerce todas las actividades de control y regulación en conformidad al Art.13 de la LRSE.

Alrededor del mundo, las PCH son consideradas como centrales no convencionales que aprovechan recursos energéticos renovables no convencionales, como en este caso es el agua.

1.9.14.3

Definiciones

1.9.14.3.1

Central no convencional

Central que utiliza para su generación recursos energéticos capaces de renovarse ilimitadamente provenientes del sol (fotovoltaicas), viento (eólicas), agua (pequeñas centrales hidroeléctricas), interior de la tierra (geotérmicas), biomasa, biogás etc

1.9.14.3.2

Estudio de Impacto Ambiental

Es un documento científico-técnico de carácter interdisciplinario que incluye el diagnóstico ambiental e implica predicción de efectos sobre el sistema ambiental.

1.9.14.3.3

Evaluación de impacto Ambiental

El procedimiento destinado a identificar e interpretar, así como prevenir, las consecuencias o efectos que acciones o proyectos públicos o privados, puedan cuásar al equilibrio ecológico, al mantenimiento de calidad de vida y a la preservación de los recursos naturales existentes.

1.9.14.4

Legislación

La generación con recursos energéticos no convencionales están fomentados por los artículos 1 y 63 de la LRSE como deberes del estado de fomentar el desarrollo y uso óptimo de estos recursos.

De conformidad al Art.11 del Reglamento de Despacho y Operación del SIN, y el Art.21 del Reglamento de Funcionamiento del MEM estipulan del despacho centralizado y preferencia por parte del CENACE para generadores no convencionales que tenga una unidad con capacidad nominada igual o mayor a 1 MW.

Cabe decir que es razonable fijar el precio por la energía en 7.17 cUSD/KWh (para PCH de 1MW hasta 10MW) Los precios establecidos en esta Regulación se garantizarán y estarán vigentes por un período de 15 años a partir de la fecha de suscripción del título habilitante, para todas las empresas que hubieren suscrito dicho contrato hasta el 31 de diciembre de 2014.

1.9.14.4.1

Permisos Para Prestación Del Servicio

Para que una PCH pueda operar y prestar su servicio; es necesario solicitar la concesión de aprovechamiento de agua para la generación de energía al Centro Nacional de Recursos Hídricos – CNRH-Art-42 de la Ley de Aguas y Art 116 del Reglamento General para la Aplicación de la ley de Aguas. A la solicitud se adjuntaran los todos datos del rio, caudal requerido, lugar a la captarlo o alumbrado, y todos los estudios y planos que justifiquen y definan la solicitud (Art.86 Ley de Aguas)El aprovechamiento del agua para fines energéticos, esta exonerada del pago de tarifas por su uso (Art.18 de la ley de Agua)

La construcción y operación de PCH de hasta 50 MW requieren de un permiso concedido por el CONELEC conforme estipulan los artículos 30,38 y 54 de la LRSE, Reglamento de LRSE y del Reglamento de Concesiones, Permisos y

Licencias; Si la PCH es menor 1 MW solamente requiere se registrada en el CONELEC .

La duración del contrato de los permisos en materia de energía eléctrica es de 50 años para las PCH en conformidad a la Regulación 004-006 (Plazo de Concesiones y Permisos), y Art.55 del Reglamento de Concesiones, Permisos y Licencias. Para los generadores, con equipamiento usado, su tiempo de concesión o permiso, se determinara como la diferencia entre los plazos señalados menos los años depreciados de los equipos a instalarse.

1.9.14.4.2 *Estudios de Impacto Ambiental*

El estudio de impacto ambiental se ha convertido en una herramienta fundamental para que un proyecto de implementación hidroeléctrica pueda ser considerado apto para iniciar su construcción y su futura puesta en servicio, a partir de conseguir su licencia ambiental para su ejecución. Este estudio es en realidad un documento técnico- científico que permite evaluar el impacto de una PCH, desde su planificación, diseño, construcción, operación y retiro, sobre el ambiente.

En el país, el estudio de impacto ambiental está sujeto a un marco legal como son los convenios internacionales, la constitución, leyes, reglamentos y regulaciones; además que existe un manual de cómo proceder en todas las actividades eléctricas; generación, transmisión, distribución y comercialización. Todo esto dentro de un marco interinstitucional como es el Ministerio del Ambiente, CONELEC, CNRH, los Consejos Provinciales y Municipios, entre otros.

1.9.14.4.3 *Marco legal impacto ambiental*

En la LRSE y LGA se crea la figura de la licencia ambiental como requisito previo para iniciar las obras de cualquier actividad de servicio eléctrico que tenga riesgo. La Licencia Ambiental es la autorización que otorga la autoridad

ambiental competente a una persona natural o jurídica para la ejecución de un proyecto, obra o actividad.

Los artículos 3 de LRSE, 19 y 20 de LGA dice que los generadores previo a la ejecución de la obra debe cumplir las normas existentes en el país de preservación del medio ambiente; deberían ser clasificados por el ministerio del ramo o el CONELEC.

Los instrumentos (Art 17 Reglamento Ambiental para Actividades Eléctricas, RAAE) para obtener la licencia ambiental es el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) que incluye un Plan de Manejo Ambiental (PMA), y la Auditoria Ambiental (AA), cuyo propósitos es la evaluación del impacto ambiental, (y la Auditoria Ambiental (AA), cuyo propósito es la evaluación de impacto ambiental); los efectos ambientales en la población, el suelo, el aire, el agua el paisaje y la estructura y función de los ecosistemas presentes en el área previsiblemente afectada.

El Art 19 del RAAE clasifica a los proyectos de generación de potencia igual o mayor a 1MW requiere la presentación obligatoria del EIA (Art 20 RAAE). La Regulación 003-06 clasifica a las líneas de transporte de energía que requiere cuyos voltajes sean superiores a 40 KV, incluyendo subestaciones nuevas asociadas a estas líneas; y aquellas que pasen por zonas del patrimonio del estado, áreas o reservas naturales. No requieren presentación los proyectos de generación menores a 1 MW y líneas de transporte con voltajes menores a 40 KV a excepción, si pasan por zonas de patrimonio nacional y reservas naturales.

1.9.14.5 *Operación y Mantenimiento*

Los procedimientos de Operación y Mantenimiento (O&M) deben ser planeados y puestos en marcha en las etapas iniciales de cualquier esquema para prevenir fallas y disminuciones en la potencia entregada.

Los diseñadores al tener conocimiento en las técnicas, niveles, motivación, accesibilidad y costos; realizan los diseños para que los procedimientos de O&M

sean realizados sin dificultad. Estos escogen el equipo más conveniente a fin de que tenga facilidad en su reparación otras responsabilidades son la de especificar el cronograma de actividad.

CAPITULO II

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

2.1 Antecedentes

La planta perteneció a una empresa privada la misma que se dedicó a la generación y comercialización de energía eléctrica desde el año 1959. En el futuro esta empresa llamada hidro Ulba generara energía mediante la utilización de 2 turbinas que son impulsadas por la energía del agua, tienen una capacidad de generación de 0,5 Mw cada una.

La empresa Hidro Ulba tiene como misión proveer un servicio eléctrico al cantón Baños, siendo esta una empresa reconocida nacionalmente como líder innovadora, al proveer un servicio eléctrico de alta calidad , con personal y tecnología exelente y ser factor fundamental del sector electrico en la provincia de tungurahua.

La Central Hidroeléctrica Ulba se encuentra ubicada en la provincia de Tungurahua, cantón Baños, parroquia. Ulba. Se aprovechara los caudales del río Ulba como también las estructuras civiles principales que son: canal de conducción, tanque de presión, tubería de presión, casa de máquinas y su respectiva descarga.

2.2 Características Del Proyecto

Este proyecto se centra en el Diseño y el dimensionamientos de los elementos mecánicos y eléctricos de la Pequeña Central Hidroeléctrica Ulba.

2.2.1 Ubicación general de la cuenca

La cuenca del río Ulba hasta el sitio de captación, se encuentra ubicada al noreste del volcán Tungurahua en un área de 49.3 km², con declives importantes del terreno asociando una pendiente media de la cuenca del 61.6%.

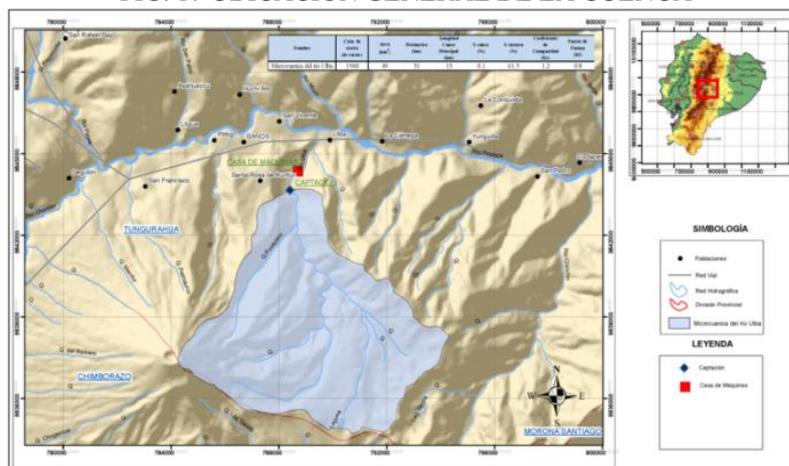
La corriente principal de la cuenca nace en las derivaciones del Volcán Tungurahua a una altitud de 3900 msnm con el nombre de Quebrada Siete Chorreras y desarrolla una longitud de 12.7 km hasta la sección de emplazamiento de la obra de toma del Proyecto confluyendo con cauces de orden menor tales como los ríos Ulbilla y Pucayacu

FIG. 16 UBICACIÓN GENERAL DE LA CUENCA



Fuente: Instituto Geográfico Militar (IGM)

FIG. 17 UBICACIÓN GENERAL DE LA CUENCA



Fuente: Instituto Geográfico Militar (IGM)

2.2.2 Condiciones Meteorológicas

Las condiciones meteorológicas fueron tomadas en las coordenadas las coordenadas UTM X = 788568, Y = 9842771, y cota 20906.

TABLA. 3 UBICACIÓN GENERAL DE LA CUENCA

Parámetros	Promedio
Humedad Relativa	84.8 %
Temperatura máxima absoluta	31.3 °C
Temperatura media	17 °C
Temperatura mínima absoluta	5.2 °C
Precipitación máx. 24 h (mm)	135.9 mm

Fuente: Estudio hidrológico de hidro Ulba

ELABORADO POR: Los postulantes

2.2.3 Caracterización climatológica de los sitios de interés

Bajo esta descripción se puede llegar a caracterizar la cuenca de manera climática a través de la altitud media y con las gradientes obtenida de las diferentes variables climáticas. Para el uso de las gradientes de las variables se trabajó con las siguientes elevaciones:

Captación 1951 msnm.

Casa de Máquinas 1855 msnm.

Se resume las características climáticas de los sitios de interés por medio de las gradientes de las variables climatológicas.

TABLA. 4 CARACTERIZACIÓN CLIMATOLÓGICA

Variable Climática	Captación Ulba	Casa de Máquinas
	ALTITUD (msnm)	
	1951	1855
Precipitación máxima 24h (mm)	130.5	135.9
Temperatura máxima absoluta (°C)	30.5	31.3
Temperatura media (°C)	16.5	17
Temperatura mínima absoluta (°C)	4.4	5.2
Humedad relativa (%)	85	84.8
Heliofanía (horas de sol)	1433.2	1379

Fuente: Estudio hidrológico de hidro Ulba

ELABORADO POR: Los postulantes

2.3 Filosofía

- **Misión**

La empresa Hidro Ulba tiene como misión proveer un servicio eléctrico al sector, sus trabajadores y accionistas comprometidos a dar el servicio de energía.

- **Vision**

Ser una empresa reconocida nacional como lider innovador , proveedora de un servicio electrico de alta calidad , con personal y tecnologia exelente , financieramente solida y factor fundamental del sector electrico en la provincia de tungurahua y el canton Baños.

2.4 Diseño metodológico

2.4.1 Métodos de Investigación

2.4.1.1 Método Experimental

Se utilizará este método para comprobar y corregir los posibles errores en la repotenciación, modelando diferentes metodologías para el diseño de la Central Hidroeléctrica Ulba.

2.4.1.2 Método de la observación científica

Este método nos ayuda a examinar directamente las cosas que sucede en los caudales del Rio Ulba y las condiciones atmosféricas del Sector.

2.4.2 Tipos de Investigación

2.4.2.1 Investigación Bibliográfica

Esta investigación es de gran ayuda ya que recolectamos información teórica, recogida de libros, tesis e información del Internet.

2.4.2.2 Investigación de campo

Se la ejecuta en el lugar donde se pretende realizar la investigación, registrando datos o acontecimientos observados.

Dentro de la Central Hidroeléctrica Ulba, se tomaron mediciones, de estaciones topográficas, los mismos que son útiles para la determinación de la potencia energética de la central.

2.4.3 Técnicas de Investigación

2.4.3.1 Medición del Caudal

El propósito del estudio hidrológico es predecir el caudal y sus respectivas variaciones durante el año. El caudal es un valor único que sirve para verificar que el análisis hidrológico no sea incorrecto como resultados de errores o cambios en la abstracción del área de influencia de la cuenca del río. Además su medición indicará que la cuenca seleccionada sea la adecuada para la implementación del proyecto hidroeléctrico.

Las técnicas usadas para medir los caudales son:

- ❖ Método del Flotador
- ❖ Método del Correntómetro (Molinete)

2.4.3.2 Método con flotador

El método del flotador es un método aproximado (error de hasta $\pm 20\%$) que consiste en medir el tiempo en que se demora en atravesar un flotador a lo largo de una distancia del río, determinando la velocidad media del río.

Para este método es necesario determinar el perfil del área de una sección transversal del río. Este resultado se multiplica con la velocidad se determina el caudal. Se basa en la medición del tiempo para una distancia determinada que corre un volumen de agua delimitado por el lecho de la corriente.

Para la medición se podría utilizar una serie de flotadores, podría ser una serie de pedazos de madera, para medir el tiempo que se demora en recorrer una longitud preestablecida del río. El caudal se determina de la siguiente forma:

- ❖ Elegimos un tramo de sección recta y homogénea del curso del caudal
- ❖ Medimos una longitud (L) en el tramo seleccionado
- ❖ Medimos la sección transversal del canal de tierra

Se determina aplicando la (Ecuación 1.5) del CAPITULO I se obtiene lo siguiente:

$$\mathbf{A = b * h}$$

A=Area

b= Ancho

h= Profundidad

$$\mathbf{A = b * h}$$

b= 5.20 m

h= 0.85 m

$$\mathbf{A = b * h}$$

A = 5.20m * 0.85m

A = 4.42m

Mediante la aplicación de la (Ecuación 1.5) del CAPITULO I se obtiene lo siguiente:

$$\mathbf{V = e/t}$$

V=Velocidad (m/seg)

e= espacio (m)

t= tiempo (seg)

$$\mathbf{V = e/t}$$

e= 15m

t1= 13 (seg)

t2= 14(seg)

t3= 9(seg)

t4= 11(seg)

$$\mathbf{V = e/t}$$

V1 = 15m * 13seg

V1 = 1.5 $\frac{m}{seg}$

V2 = 15m * 14seg

$$V2 = 1.07 \frac{m}{seg}$$

$$V3 = 15m * 9seg$$

$$V3 = 1.6 \frac{m}{seg}$$

$$V4 = 15m * 11seg$$

$$V4 = 1.36 \frac{m}{seg}$$

Velocidad promedio

$$V_{promedio} = \frac{v1 + v2 + v3 + v4}{4}$$

$$V_{promedio} = \frac{5.53 \frac{m}{seg}}{4}$$

$$V_{promedio} = 1.38 \frac{m}{seg}$$

Mediante la aplicación de la (Ecuación 1.5) del CAPITULO I se obtiene lo siguiente:

$$Q = A * V$$

Q= Caudal (m^3/seg)

A= Área (m^2)

V=Velocidad (m/seg)

$$Q = A * V$$

A= 4.42 (m^2)

V=1.38 (m/seg)

$$Q = A * V$$

$$Q = 4.42m^2 * 1.38 \frac{m}{seg}$$

$$Q = 6.09 \frac{m^3}{s}$$

Mediante la aplicación de la (Ecuación 1.5.1) del CAPITULO I se obtiene lo siguiente:

$$Q_e = Q_n * 0.10\%$$

Q_e = Caudal ecológico

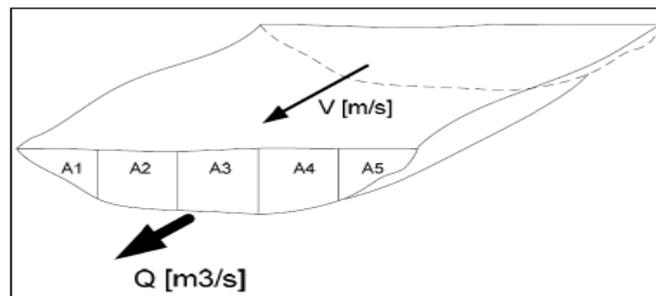
Q_n = Caudal neto

0.10 = Porcentaje (está determinado por el ente regulador de agua)

$$Q_e = 0.609 \frac{m^3}{s}$$

Para realizar la medición de la velocidad se utilizó la técnica del flotador, en la cual esta técnica es muy práctica, se basa en la medición del tiempo para una distancia conocida.

FIG. 18 MÉTODO CON FLOTADOR



Fuente: Estudio hidrológico de hidro Ulba

ELABORADO POR: Los postulantes

2.4.3.3

Método del correntómetro (Molinete)

Es un método de medida conveniente, que consiste en utilizar un equipo para ser sumergido, formado por unas elices acopladas a un rotor que gira a velocidad de la corriente del río, y un dispositivo cuenta el número de revoluciones de las elices. (VER ANEXO II Y III)

La velocidad del agua es diferente en toda la sección; entonces se recomienda tomar varias medidas en diferentes puntos de esta con el fin de obtener una medida promedio que identifique su velocidad. Los errores probables por este método son del 2% aproximadamente.

2.4.4 Caudales Rio Ulba (Información disponible)

La medición del recurso hídrico ofrece una mejor perspectiva del comportamiento del caudal, dado que se obtiene información histórica y actual a través del INAMHI.

La capacidad de generación mediante el uso del caudal está determinada por el salto o caída (energía potencial) que se puede obtener para el diseño, el mismo que depende de la topografía del terreno

Para ello contamos con un cuadro de caudales de diferentes años que indicamos a continuación

TABLA. 5 DURACIÓN GENERAL DE CAUDALES PARA RÍO ULBA EN SITIO DE CAPTACIÓN

CAUDAL APROVECHABLE m^3/s (INAMHI)												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1963	0,88	0,83	1.20	1.72	2.34	2.47	2.33	2.62	2.84	1.05	0.98	0.78
1964	0.86	0.80	1	1.38	2.13	3.36	3.09	2.62	2.19	1.06	1.15	1.03
1965	1.28	1.01	1.72	1.70	1.81	1.72	2.49	2.58	2.04	1.18	1.01	1.09
1966	1.46	1.01	0.91	1.81	1.83	2.62	3.19	2.79	1.90	1.27	1.04	1
1967	1.30	0.78	1.04	1.59	1.82	2.02	3.33	2.04	2.42	1.43	1.29	0.81
1968	0.87	0.99	1.44	1.70	1.78	2.22	2.49	2.69	1.76	1.06	1.16	1.51
1969	1.48	1.49	0.96	1.70	1.94	2.47	2.34	2.35	2.61	1.16	0.86	0.92
1970	0.88	0.86	1.17	1.39	1.75	2.66	2.71	2.20	1.68	0.88	0.76	0.75
1971	1.23	0.70	0.81	1.25	1.77	2.83	3.51	2.03	2.03	0.98	0.85	0.93
1972	1.16	0.97	0.66	1.29	1.59	1.50	1.82	2.31	1.84	0.73	0.79	0.64
1973	0.65	0.68	1.06	1.58	2,19	2.36	2.90	2.28	2.07	1.53	1.33	1.28
1974	1.27	0.99	1.03	1.79	2.13	3.68	2.65	3.22	2.18	1.38	1	0.92
1975	1.38	0.91	1.81	2.36	2.87	4.07	3.82	2.93	1.78	0.99	1.42	1.13
1976	1.05	1.47	1.57	2.35	2.50	2,95	2.55	2.03	1.57	1.48	1.16	1.54
1977	1.12	1.16	0.95	1.96	1.87	3.03	2.19	2.42	1.70	1.37	0.88	0.83
1978	0.96	0.94	1.66	1.70	1.78	2.08	2.18	1.90	1.31	1.07	1.01	1.12
1979	1.07	0.99	1.14	3.13	1.90	3.37	3.27	2.38	2.23	1.33	1	0.76
1980	0.64	1.21	0.58	1.05	1.06	1.59	2.65	1.34	2.46	0.91	0.79	0.98
1981	0.93	0.66	1.69	1.25	1.70	1.75	3.12	3.16	2.26	1.53	1.51	1.54
1982	1.44	1.62	1.69	2.16	2.70	1.63	1.96	2.54	0.98	2.30	1.32	1.22
1983	1.26	1.52	1.24	1.45	1.33	2.47	3.09	2.18	2.21	1.36	0.94	0.98
1984	0.69	0,69	0.79	0.50	1.59	3.59	3.35	1.97	1.75	0.60	0.38	0.23

1985	0.22	0.22	0.39	0.67	0.49	1.96	3.58	2.19	1.44	1.34	1.07	1.27
1986	0.84	2.26	1.36	2.70	2.51	2.66	2.41	1.96	1.29	1.52	1	1.02
1987	0.85	1.12	1.19	1.40	2.25	2.34	4.04	2.31	1.78	1.69	1.59	1.11
1988	1.20	1.23	1.50	1.17	3.03	4.59	4.14	1.93	1.16	1.36	1.04	0.80
1989	0.90	0,93	1,78	1.25	2.40	3.82	2.89	3.20	1.78	1.41	1.27	1.04
1990	1	1,49	1.01	1.11	1.49	2.23	2.93	1.62	1.16	0.96	1	0.85
1991	0.85	0,82	1.14	1.91	1,48	3.09	3.35	3.16	1.90	1.02	0.66	1.53
1992	1.02	1.04	1.16	1.60	1,92	2.65	2.88	2.36	1.99	1.23	1.04	1
Medio	1.02	1.05	1.17	1.60	1.93	2.66	2.91	2.38	1.91	1.24	1.04	0.9
Max	1.48	2.26	1.81	3.13	3.03	4.58	4.14	3.22	2.61	2.30	1.59	1.54

Fuente: Anuarios Hidrológicos del INAMHI

Elaborado por: Los Postulantes

A continuación se presentan la duración general y variación de caudales disponibles y aprovechables en el sitio de captación del río Ulba (Método con Flotador) (**VER ANEXO II**)

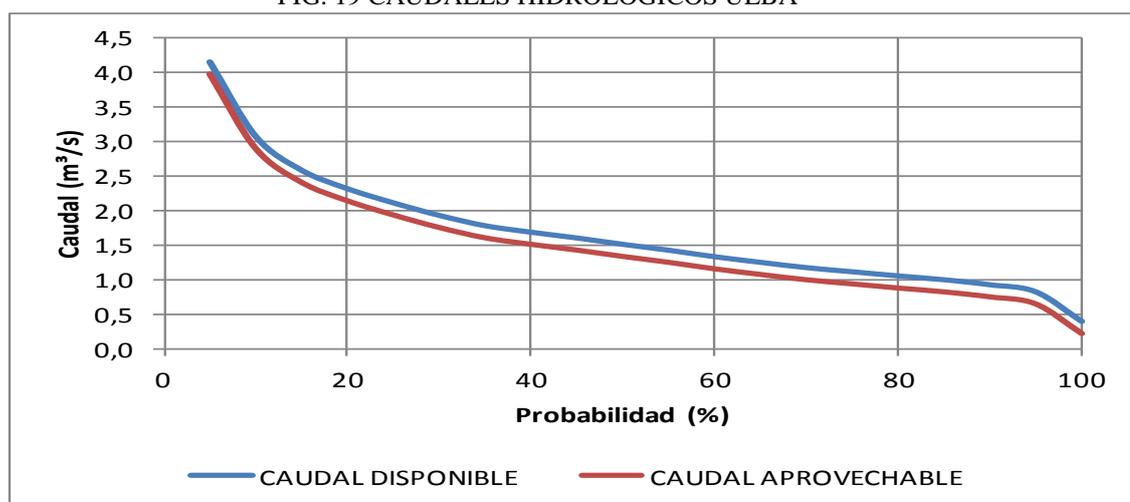
TABLA. 6 CAUDALES HIDROLÓGICOS ULBA

Longitud	CAUDAL DISPONIBLE (m³/s)	CAUDAL APROVECHABLE (m³/s)
15 m	2.59	2.41
15 m	2.33	2.14
15 m	2.12	1.94
15 m	1.94	1.76
15 m	1.79	1.61
15 m	1.70	1.51
15 m	1.61	1.43
7m	1.18	1.00
7m	1.12	0.94
7m	1.06	0.88
7m	1.01	0.82
7m	0.94	0.75
7m	0.83	0.65
7m	0.41	0.22
Qmedio	1.84	1.65

Fuente: Aforo hidrológico de hidro Ulba

ELABORADO POR: Los postulante

FIG. 19 CAUDALES HIDROLÓGICOS ULBA



Fuente: Aforo hidrológico de hidro Ulba

ELABORADO POR: Los postulantes

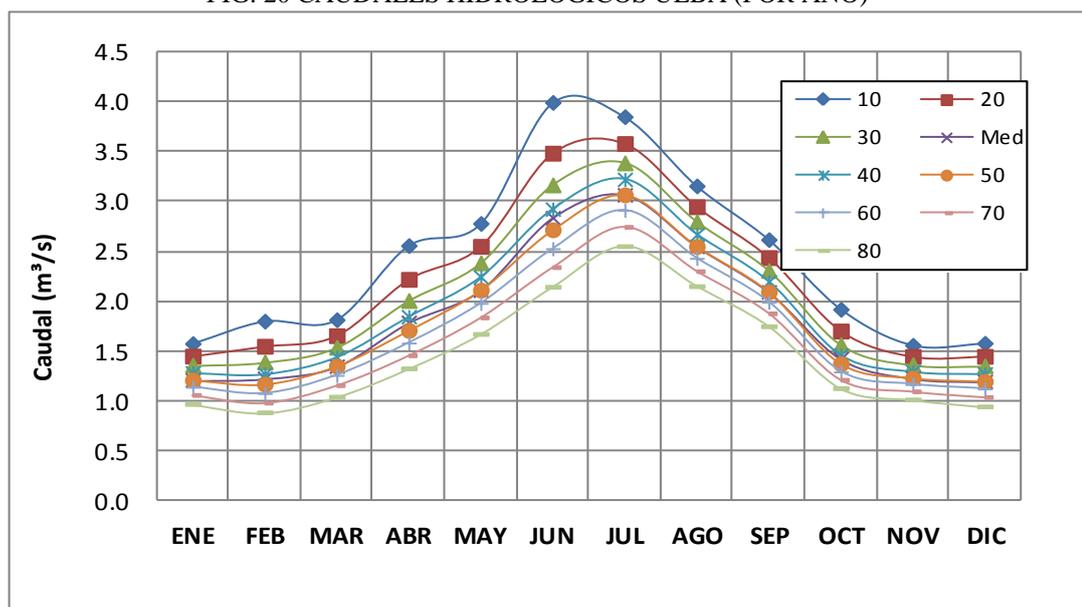
TABLA. 7 CAUDALES HIDROLÓGICOS ULBA (POR AÑO)

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
	1.57	1.79	1.81	2.55	2.77	3.99	3.85	3.15	2.61	1.91	1.55	1.57
	1.44	1.54	1.65	2.21	2.54	3.48	3.58	2.94	2.43	1.69	1.44	1.44
	1.35	1.38	1.53	2.00	2.38	3.16	3.38	2.79	2.30	1.56	1.36	1.34
	1.27	1.26	1.43	1.84	2.24	2.92	3.22	2.66	2.19	1.45	1.29	1.26
	1.20	1.16	1.34	1.70	2.10	2.71	3.06	2.54	2.09	1.36	1.22	1.19
	1.13	1.07	1.25	1.57	1.97	2.52	2.91	2.42	1.98	1.28	1.16	1.11
	1.05	0.97	1.15	1.45	1.83	2.33	2.74	2.29	1.87	1.20	1.09	1.03
	0.96	0.88	1.03	1.32	1.66	2.14	2.55	2.14	1.74	1.12	1.01	0.94
	0.83	0.76	0.87	1.16	1.43	1.89	2.28	1.94	1.56	1.02	0.89	0.80
Qmedio	1.20	1.22	1.34	1.78	2.10	2.83	3.06	2.54	2.09	1.42	1.22	1.19

Fuente: Aforo hidrológico de hidro Ulba

ELABORADO POR: Los postulantes

FIG. 20 CAUDALES HIDROLÓGICOS ULBA (POR AÑO)



Fuente: Aforo hidrológico de hidro Ulba

ELABORADO POR: Los postulantes

TABLA. 8 CAUDALES HIDROLÓGICOS ULBA (POR AÑO)

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
	1.39	1.61	1.63	2.37	2.60	3.81	3.66	2.97	2.43	1.73	1.37	1.35
	1.26	1.36	1.47	2.03	2.37	3.30	3.40	2.77	2.25	1.52	1.26	1.23
	1.17	1.21	1.35	1.82	2.20	2.99	3.22	2.62	2.13	1.38	1.18	1.14
	1.10	1.09	1.26	1.66	2.06	2.74	3.06	2.49	2.02	1.28	1.11	1.06
	1.02	0.99	1.17	1.52	1.93	2.54	2.91	2.38	1.91	1.19	1.04	0.99
	0.95	0.89	1.07	1.39	1.80	2.35	2.76	2.26	1.81	1.11	0.98	0.92
	0.88	0.80	0.98	1.27	1.65	2.16	2.60	2.13	1.70	1.03	0.91	0.84
	0.79	0.71	0.86	1.14	1.49	1.97	2.41	1.99	1.57	0.95	0.83	0.75
	0.66	0.59	0.70	0.98	1.26	1.73	2.16	1.78	1.39	0.85	0.72	0.62
Qmedio	1.02	1.05	1.17	1.60	1.93	2.66	2.91	2.38	1.91	1.24	1.04	0.99

Fuente: Aforo hidrológico de hidro Ulba

ELABORADO POR: Los postulante

2.4.4.1.1

Método del GPS

El GPS es un instrumento de medida, mediante el cual se puede saber la ubicación exacta en la tierra de algún sitio o persona, mediante la triangulación de los

satélites. Realizando un promedio entre la medición obtenida por el altímetro con la del GPS. Los levantamientos realizados con este instrumento son rápidos y precisos, el cálculo se hace a través del software y el dibujo es asistido por computadora.

Este es un método apropiado que nos permite capturar la información necesaria y determinar los puntos de terreno, dadas las condiciones del terreno resulta práctico emplearlo, este consiste en instalar la estación topográfica para la captura de datos.

2.4.4.2 *Altura Bruta*

El aprovechamiento de los saltos o caídas de las masas de agua, producidas por desniveles existentes en los causes por donde aquellas fluyen, tienen lugar no por la velocidad de estas, sino por la presión que pueden obtenerse al descender las mismas para obtener de estas manera en su caída la potencia aprovechable.

El método empleado para la medición de la altura en la Central Hidroeléctrica Ulba será el método del GPS

2.4.4.2.1 *Determinación de la Altura Neta*

Para calcular la pérdida que se produce en la tubería forzada se aplica la siguiente **(Ecuación 1.8.2)** del **CAPITULO I** se obtiene lo siguiente:

$$\Delta H = 6,35 * \frac{n^2 * L * V^2}{d^3}$$

Dónde:

ΔH = pérdidas que se produce en la tubería en [m]

n = coeficiente de rugosidad

L = longitud de la tubería [m]

V = velocidad en la tubería [m/s]

d= Diámetro de la tubería [m]

El valor de “n” se tomará de 0.013 para túneles con revestimiento de hormigón, y 0.012 para tuberías de presión.

$$\Delta H = 6,35 * \frac{0,012^2 * 123 L * (1,35 \frac{m}{s})^2}{0,07 m^3}$$

$$\Delta H = 6,35 * \frac{0,03228}{0,7^3}$$

$$\Delta H = 6,35 * 0,042$$

$$\Delta H = 0,26 m$$

Mediante la aplicación de la **(Ecuación 1.8.2)** del **CAPITULO I** se obtiene lo siguiente:\

$$H_n = H_b - \Delta H$$

Dónde:

H_n = Altura neta [m]

H_b = Altura bruta [m]

ΔH = Pérdidas de carga [m]

Realizando las operaciones tenemos que las pérdidas de carga son 0,26m

Con este dato se procede a determinar la altura neta con la siguiente ecuación.

$$H_n = H_b - \Delta H$$

H_b = Altura bruta [m] = 87 m

ΔH = Pérdidas de carga [m] = 0,26 m

$$H_n = H_b - \Delta H$$

$H_n = 87m - 0,26m$

$$H_n = 86,86m$$

2.4.4.2.2

Método de la estación topográfica

La Estación topográfica es utilizada en levantamientos planímetros como alímetros, independientes del tamaño del proyecto. Los levantamientos realizados

con este instrumento son rápidos y precisos, el cálculo se hace a través del software. Este es un método apropiado que nos permitirá capturar la información necesaria y determinar los puntos del terreno, dadas las condiciones del terreno resulta práctico emplearlo, este consiste en instalar la estación topográfica para la captura de datos.

Para tener una perspectiva de la altura y pendiente se utiliza el programa Microsoft Excel con la cual se obtuvo la siguiente gráfica

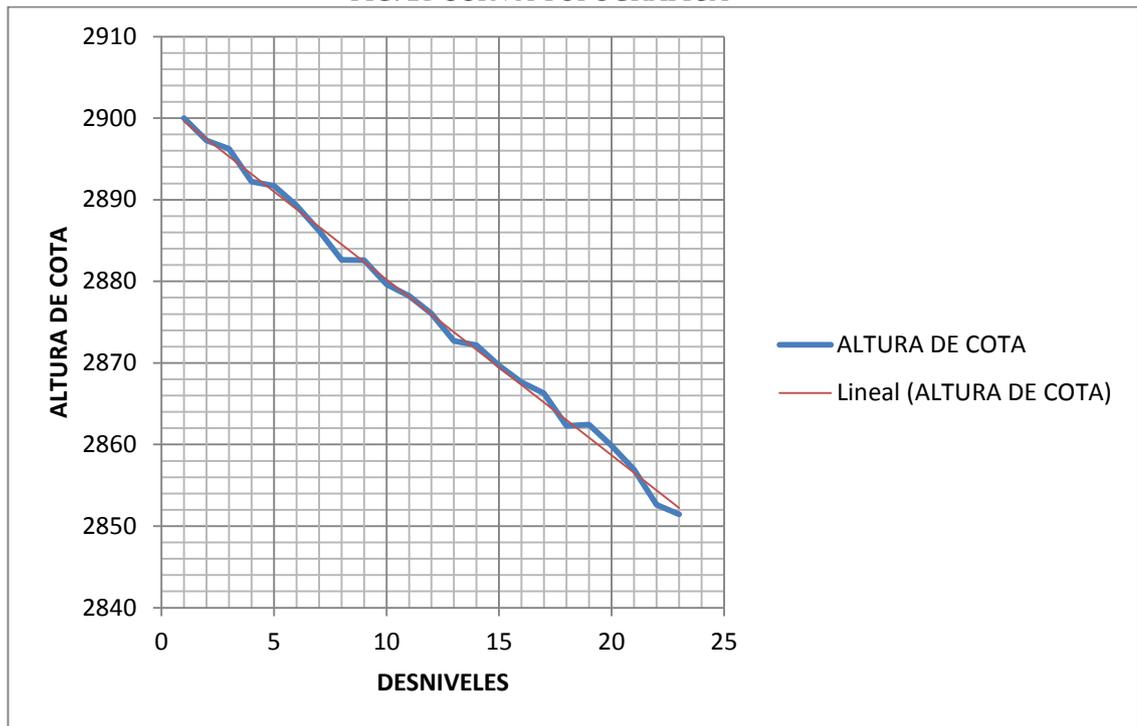
TABLA. 9 MEDICIÓN ESTACIÓN TOPOGRÁFICAS

MEDIDAS OBTENIDAS MEDIANTE LAS ESTACION TOPOGRAFICAS			
	Abscisas	Cuotas de altura	
	0+0	2900	
	0+5	2897.26	
	0+10	2896.24	
	0+20	2892.2	
	0+20	2891.69	
	0+40	2889.28	
	0+50	2886.2	
	0+60	2882.65	
	0+70	2882.58	
	0+75	2879.62	
	0+80	2878.22	
	0+90	2876.06	
	0+100	2872.71	
	0+110	2872.18	
	0+115	2869.7	
	0+120	2867.66	
	0+120	2866.28	
	0+125	2862.29	
	0+140	2862.46	
	0+145	2859.87	
	0+150	2856.91	
	0+150	2852.62	
	0+155	2851.46	

Fuente: Medición de hidro Ulba

ELABORADO POR: Los postulantes

FIG. 21 CURVA TOPOGRÁFICA



Fuente: Medición de hidro Ulba

ELABORADO POR: Los postulantes

2.5 Datos Técnicos

2.5.1 Lluvias intensas

La intensidad de lluvia debe ser obtenida para diferentes periodos de retorno y para una duración de lluvia igual al tiempo de concentración, es decir se debe obtener las curvas intensidad – duración – frecuencia para la zona de estudio.

En base al estudio (INAMHI, 1999), que se sustenta en conceptos de regionalización, se determinaron las relaciones intensidad - duración – período de retorno, que permiten la determinación de las intensidades máximas para duraciones entre 5 min y 24 horas.

La cuenca del río Ulba se localiza en la zona 21 del INAMHI.

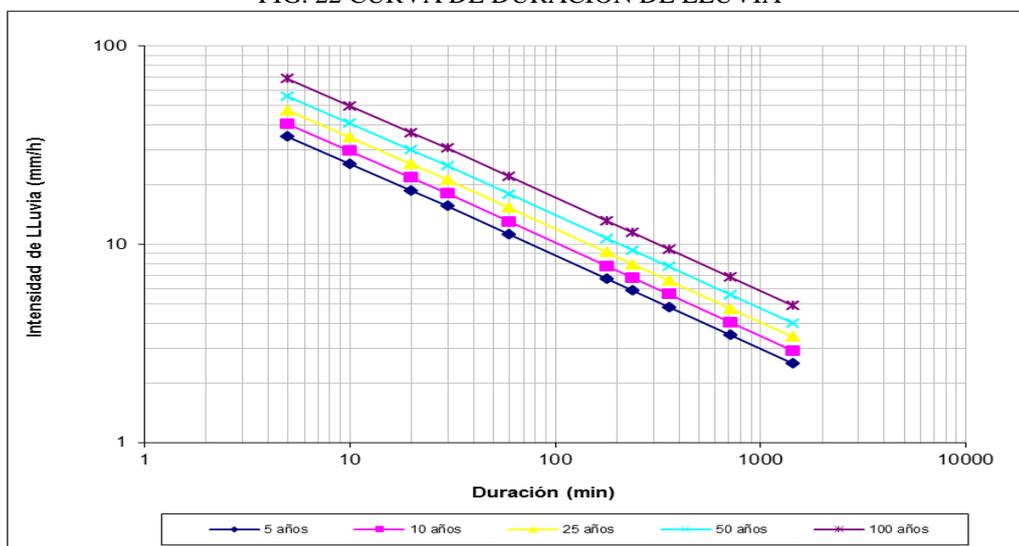
TABLA. 10 INTENSIDAD DE DURACIÓN DE LLUVIA

INTENSIDADES (mm/h)									
DURACION (min)									
5	10	20	30	60	180	240	360	720	1440
34.84	25.49	18.65	15.56	11.22	6.68	5.83	4.82	3.47	2.50
40.41	29.57	21.64	18.05	13.01	7.75	6.76	5.59	4.03	2.90
47.38	34.67	25.37	21.16	15.26	9.08	7.93	6.55	4.72	3.40
55.74	40.79	29.84	24.90	17.95	10.69	9.33	7.70	5.55	4.00
68.28	49.96	36.56	30.50	21.99	13.09	11.43	9.44	6.80	4.91

Fuente: Estudio hidrológico de hidro Ulba

ELABORADO POR: Los postulantes

FIG. 22 CURVA DE DURACIÓN DE LLUVIA



Fuente: Estudio hidrológico de hidro Ulba

ELABORADO POR: Los postulantes

2.5.2 Potencia Instalada

La potencia a instalarse para la nueva central se determina, conociendo la caída bruta 87 m con un caudal de diseño $1.46 \text{ m}^3/\text{s}$, y a partir de las siguientes suposiciones, aplicamos la siguiente ecuación.

Mediante la aplicación de la (Ecuación 1.9.8) del CAPITULO I se obtiene lo siguiente:

$$P_o = 9.7799 \times Q_{\text{Diseno}} \times H_n \times R_t \times R_g$$

Po= Potencia nominal en KW

g (Gravedad en el Ecuador) = $9.7799m/s^2$

Qn= $1.46 m^3/s$

Hn= 85 m

Rt= 88%

Rg= 93% - 97%

Rt = Eficiencia del generador 93%

Rg = Eficiencia de la turbina 88%

$$P_o = 9.7799 \times Q_{\text{Diseno}} \times H_n \times R_t \times R_g$$

$$P_o = 9.7799 \times 1.46 \times 86.74 \times 0.93 \times 0.88$$

$$P_o = 1,0136 \text{ MW}$$

2.5.2.1 *Producción energética*

Considerando lo anterior, tradicionalmente se ha definido una producción representativa de una central hidroeléctrica a través del tiempo. Esta producción está dada por los parámetros HIDROLÓGICOS, y determinados por la Energía Media definido así:

La Energía media que la central de generación puede entregar al mercado se calcula con la **(Ecuación 1.9.9)** del **CAPITULO I** se obtiene lo siguiente:

$$E_m = \eta_{g-t} \times g \times H \times Q \times T_{op}$$

Dónde:

Em Energía

η_{g-t} Eficiencia turbina generador

Q Caudal

T_{op} Tiempo de operación de la central

H Altura neta
 g Gravedad $9.8 \frac{m}{seg^2}$

Para la determinación de la producción energética primero se terminara el tiempo de operación con la siguiente formula

$$T_{op} = \text{dias de operacion} * \text{horas de operacion}$$

$$T_{op} = 365 * 24$$

$$T_{op} = \mathbf{8760 \text{ Horas}}$$

$$E_m = \eta_{g-t} \times g \times H \times Q \times T_{op}$$

Substituyendo los valores se tendrán la producción energética

$$E_m = 0,98 \times 9.7799 \times 86,74 \times 1,46 \times 8760$$

$$E_m = \mathbf{8.87 \text{ MWh}}$$

2.5.3 Determinación del cable para la conexión del generador a la sub estación

Las características del conductor se determinan en base a la corriente, el nivel de aislación, los agentes ambientales del lugar a ser instalado. Sabemos que da generador producirá 0.5 Mw, con un voltaje de 4,16 kV.

Con los siguientes valores se determinara la circulación de la corriente en el conductor, con la siguiente (**Ecuación 1.9.12.2**) del **CAPITULO I** se obtiene lo siguiente

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} * V}$$

Donde

$I \rightarrow$ Intensidad de corriente, (A).

$S \rightarrow$ Potencia aparente, (VA).

$V \rightarrow$ Voltaje línea - línea, (v).

Para calcular la potencia aparente (S) se debe considerar el factor de potencia de acuerdo a la red que se conecte.

En este caso el factor de potencia se considera de 0,85

$$S = \frac{P}{fp}$$

Dónde:

$$P = 0.5MW$$

$$fp = 0.85$$

Sustituyendo los valores en la ecuación se tiene el valor de la potencia aparente expresado en (VA)

$$S = \frac{0,5 \text{ MW}}{0,85}$$

$$S = 0.58MVA$$

Para la determinación del cable para la conexión del generador a la sub estación se utilizara la potencia aparente de 0.58MVA y un voltaje línea- línea de 4,16 kV

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} * V}$$

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} * V}$$

$$I = \frac{0.58MVA}{\sqrt{3} * 4.16 \text{ KV}}$$

$$I = 89.49 \text{ A}$$

Para esta corriente el conductor más apropiado es 1/0 Las características de aislación se presentan a continuación Cable de 5 KV.

Conductor de cobre blando, formación, concéntrica compactada, según ASTM clase Semiconductor sobre el conductor: Polietileno semiconductor extruido directamente sobre el conductor, permite obtener un superficie homogénea para un campo eléctrico uniforme.

Aislación: Polietileno reticulado retardante extra limpio (XLPE), nivel de aislación 100% según ICEA S93-639. Semiconductor bajo la pantalla metálica: Polietileno semiconductor extruido directamente sobre la aislación, fácil de retirar, permite homogeneizar las líneas del campo que llegan a la pantalla electrostática de manera de asegurar un campo eléctrico uniforme y radial. Capacidad de corriente basada en lo establecido por la norma IPCEA P46 y Temperatura en el conductor 90°C y 100% factor de carga.

2.5.4 Determinación del número de polos

Para el cálculo de números de polos del generador se aplica la siguiente **(Ecuación 1.9.10.2)** del **CAPITULO I** se obtiene lo siguiente:

$$N = \frac{120 * f}{p}$$

Dónde:

N → velocidad de rotación del generador, (rpm).

f → frecuencia de la red, (Hz).

p → número de polos del generador

De la ecuación anterior despejamos el número de polos y obtenemos:

$$P = \frac{120 * f}{N}$$

$$P = \frac{120 * 60 \text{ Hz}}{514 \text{ RPM}}$$

$$P = 14 \text{ polos}$$

2.5.5 Determinación de la velocidad sincrónica del generador

La velocidad de giro de la turbina está relacionada con la caída neta, el caudal aprovechable, y las dimensiones del rodete.

Cuando la velocidad sincrónica de la turbina no coincide con la velocidad sincrónica del generador, se deben emplear sistemas de transmisión, de movimiento y potencia mecánica por medio de elementos mecánicos. La frecuencia que se requiere en los terminales del generador es un parámetro que se debe cumplir para poder realizar la interconexión con el sistema, debe recordarse que la frecuencia se regula por medio de la maquina motriz.

La velocidad del generador está definida por la frecuencia a la que debe operar (**Ecuación 1.9.10.3**) del **CAPITULO I** se obtiene lo siguiente.

$$N = \frac{120 * f}{p}$$

Dónde:

N → velocidad de rotación del generador, (rpm).

f → frecuencia de la red, (Hz).

p → número de polos del generador.

$$N = \frac{120 * 60 \text{ Hz}}{14}$$

$$N = 514 \text{ RPM}$$

Los generadores que se instalarán en la casa de máquinas de la central Ulba serán construidos con 14 polos, ya que al ser construidos de esa manera tenemos la ventaja de obtener la velocidad requerida para la Central y también para que pueda soportar la velocidad con la que trabajarán las turbinas, que serán acopladas directamente al eje de los mismos.

2.6 Operacionalización De Las Variables O De Las Categorías Fundamentales

Hipotesis	Variables independientes	Variables dependientes	Indicadores
La repotenciación de la pequeña central hidroeléctrica Ulba	Generación de energía	Caudales Altura	Potencia Energía Eléctrica
permitirá incrementar la energía eléctrica en el Cantón Baños.	Altura de la caída	Topografía	Medicion de Altura
	Vida útil de los equipos	Equipos mecánicos, eléctricos y electromecánicos	Turbina Transformador Redes eléctricas

2.7 Verificación de la Hipotesis

Pariendo de la hipótesis planteada en el presente proyecto, una vez analizados e interpretados los resultados conseguimos mediante las técnicas de investigación aplicadas se puede decir que a través de los caudales y alturas medidas aumentara la generación de energía eléctrica de la Central Ulba. Con respecto al 1er Objetivo Especifico se propuso un diseño conveniente para la pequeña central se incluye el 2do Objetivo Especifico determinado los equipamientos específicos, para ser instalados a futuro, y el 3er Objetivo Especifico se replanteo la infraestructura civil existente para lograr una mínima inversión.

“Repotenciación de la pequeña central hidroeléctrica para una generación de energía en la pequeña central hidroeléctrica de ulba en el Cantón Baños”

Es Factible, ya que los caudales y la altura es proporcional para obtener una generación de 1MW

CAPITULO III

PROPUESTA

3.1 Tema: “Repotenciación De La Pequeña Central Hidroeléctrica Para Una Generación De Energía En La Pequeña Central Hidroeléctrica De Ulba En El Cantón Baños”

3.1.1 Introducción

Para realizar la repotenciación de la Pequeña Central Hidroeléctrica se debe analizar una serie de parámetros a través de mediciones y cálculos de potencia a generar, para la potencia instalada se debe realizar la medición y determinación de los caudales, caudal ecológico y de diseño, la determinación de la altura bruta y neta es otro de los parámetros muy importantes así como el correcto funcionamiento de los diferentes equipos de generación, medición y sistemas auxiliares.

El correcto funcionamiento se puede determinar, utilizando diferentes métodos de cálculo y medición, seguido de la determinación de los equipos apropiados para el aprovechamiento del recurso hídrico.

En el proceso descrito, se emplean manuales, tesis, regulaciones, normativas y estudios preliminares muy útiles, ampliamente aplicados en la Repotenciación de Centrales Hidroeléctricas, con un buen nivel de aceptación y fiabilidad, lo que ayuda a la obtención de resultados deseados.

3.2 Justificación

Este estudio ha despertado el interés, ya que cuenta con el recurso hídrico que nos proporciona el río Ulba. También cuenta con la infraestructura civil básica existente y las condiciones topográficas que nos ayuda a realizar un gran salto de agua para producir energía eléctrica. En la actualidad se cuenta con amplia información bibliográfica que nos ayudara al desarrollo del estudio y diseño de la central.

La energía eléctrica se obtiene aprovechando el potencial hidrológico proporcionado por un río, mediante la instalación de Centrales Hidroeléctricas.

Este estudio, permitirá repotenciar, o adecuar la Central Ulba, que aportara al sistema de la Empresa Eléctrica Ambato, y por ende al Sistema Nacional Interconectado (SNI) un buen bloque de energía.

3.3 Objetivos

3.3.1 Objetivo General

Repotenciar la Pequeña Central Hidroeléctrica Ulba, mediante cálculos, estudios hidrológicos, eléctricos y mecánicos para la generación de Energía Eléctrica en el Cantón Baños.

3.3.2 Objetivo específicos

- Proponer un diseño adecuado para la Repotenciación de la Pequeña Central Hidroeléctrica de Ulba.

- Determinar el equipamiento eléctrico y mecánico, para la instalación de la Pequeña Central Hidroeléctrica Ulba
- Replantear la Pequeña Central Hidroeléctrica Ulba aprovechando la infraestructura civil existente de la ex central Punzan, ahora Ulba, para aumentar la capacidad de generación.

3.4 Factibilidad Técnica

Una vez presentado el concepto del estudio de factibilidad y visualizados sus dos componentes básicos que conforman la presente investigación, se definen los aspectos principales de un estudio técnico como son: el proceso de producción, tecnología utilizada, capacidad instalada de generación

3.5 Factibilidad Económica

El estudio de factibilidad profundiza la investigación, de mercado que detalla la tecnología que se empleara (estudio técnico), determina los costos totales y la rentabilidad económica de proyecto (estudio económico –financiero), y es la base en que se apoyan los inversionistas para tomar una decisión confiable y segura de inversión. Esta valiosa herramienta de decisión debe ser presentada de forma que los inversionistas puedan formarse una imagen pronta y precisa sobre el alcance y contenido del estudio.

El presente estudio de repotenciación contempla la realización de un estudio técnico, económico y financiero, sin embargo, esta investigación debe cuantificar la demanda y la oferta del servicio de suministro eléctrico.

El presupuesto del proyecto para repotenciar de una Pequeña Central Hidroeléctrica (PCH) consiste en elaborar las previsiones proyectadas en el tiempo de las inversiones que se realizaran en las diferentes etapas de un proyecto.

En un presupuesto, generalmente, las principales partidas comprende las estructuras y equipamientos de aprovechamiento, incluyendo también costos indirectos. A continuación se resume:

1. Terrenos, servicios y otros ambientes.
2. Casa de máquinas- Obras Civiles.
3. Desvió del rio.
4. Azud.
5. Vertedero.
6. Toma de agua .
7. Turbinas y generadores.
8. Equipo eléctrico.
9. Diversos equipos para la central
10. Accesos, postes y alambrado, líneas de transmisión y subestaciones.
11. Costos Directos Totales.
12. Costos Indirectos.

3.5.1 Construcciones de obras civiles

Estos costos pueden ser obtenidos a partir de datos de licitaciones recientes, con características similares en obras eléctricas, ayudando a validar, comparándolos con costos actuales, para proporcionar un referente a falla de datos de costos.

Si se dispone de datos de costos actualizados, los costos de las obras civiles para su construcción necesitan considerar los siguientes aspectos:

- ❖ Excavaciones
 - Común
 - En roca a cielo abierto
 - En roca subterráneo
- ❖ Concreto
 - Cemento
 - Concreto sin cemento
 - Concreto armado
- ❖ Mano de Obra
 - Administración

- Servicios de consultoría
- Servicios diversos-tramites portuarios

3.5.2 Equipo Electromecánico

La mejor fuente de información con respecto a estos son los fabricantes y proveedores. Los costos para el equipo electromecánico, incluyen costos de:

- ❖ Turbina y Generador
 - De fabricación nacional
 - Importación del equipo
- ❖ Equipo asociado
 - Sistema de protección
 - Sistema de control
 - Instrumentación
- ❖ Sistema mecánicos auxiliares
 - Sistema de drenaje
 - Sistema de agua de servicio
 - Sistema de aire comprimido
 - Sistema de protección contra incendios
- ❖ Subestación y líneas de transmisión

Los costos globales relativos a los equipos eléctricos y mecánicos.

3.5.3 Costos Indirectos

A estos costos corresponden los costos de:

- ❖ Operación y mantenimiento: expresado como un porcentaje de los costos de inversión por ser difíciles de estimar.
- ❖ Campamento: Incluye costos por villa residencial, edificaciones, otros costos.

- ❖ Administrativos: servicio especiales de ingeniería, personal administrativo de la central etc.

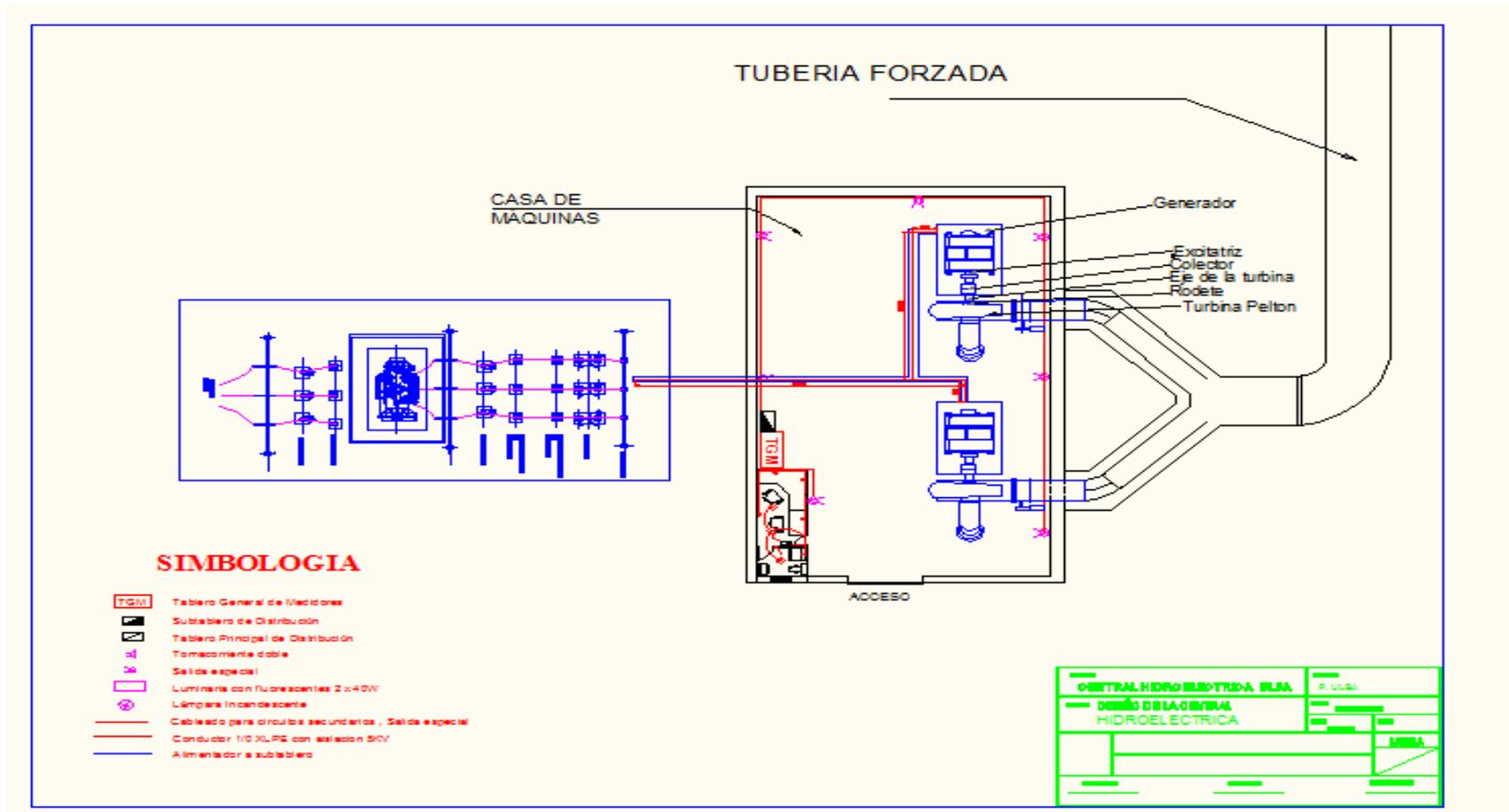
- ❖ Impuesto y contribución: Este rubro es para proyectos grandes, pero en PCH si se requiere, se toma en cuenta.

3.6 Factibilidad Economica

Una vez que se ha realizado el estudio tecnico,se ejecuta un estudio economico financiero, que implica contabilizar en terminos monetarios la inversion requerida para comenzar las operaciones del proyecto, la planificacion de los recursos,la duracion del periodo de iversion, los estados financieros que resultan de la operación del proyecto, las fuentes de financiamiento que se utilizara y sus costos.

3.7 Diseño Esquemático de la Repotenciación de la Central Hidroeléctrica Ulba

FIG. 23 Esquema de la Repotenciación de la Central Hidroeléctrica Ulba



Elaborado: Por los postulantes

3.8 DESARROLLO DE LA PROPUESTA

3.8.1 *Determinación del caudal de diseño*

Es importante determinar un caudal de diseño, para definir el equipamiento que será instalado en la central, de tal forma que la energía producida por la turbina sea la máxima en función de la hidrología. Las mediciones de los caudales del río se tomaron Capítulo 2

3.8.2 *Duración General y Variación Estacional De Caudales Para El Sitio De Captación*

En este inciso se presenta la duración general y variación estacional de caudales en el sitio de captación del Proyecto.

La serie de caudales para el sitio de captación en el río Ulba fue obtenida bajo la siguiente metodología (molinete).

TABLA. 11 AFOROS DE CAUDALES

# AFORO	AREA mts^2	LUGAR	CAUDAL m^3/s
1	2.49	Río Ulba	3.39
2	1.23	Río Ulba	1.93
3	2.198	Río Ulba	3.86

Fuente: Aforo hidrológico de hidro Ulba

ELABORADO POR: Los postulantes

La variación estacional de caudales es típica y característica de una cuenca oriental con un periodo de estiaje comprendido entre los meses de noviembre y febrero; y picos máximos de caudal para el periodo junio-julio en donde se esperarían caudales cercanos a los $4 m^3/s$.

3.8.3 Caudal de Captación

Con análisis realizado se determina que el caudal de captación es de $1.63 \text{ m}^3/\text{s}$. Hay que considerar un caudal ecológico del 10 % decretado por (Centro Ecuatoriano de Derecho Ambiental y SENAGUA) que se destinará para el consumo humano, riego que garantice la soberanía alimentaria y actividades productivas.

El caudal total o de diseño es $1.46 \text{ m}^3/\text{s}$.

3.8.4 Determinación de la caída neta

Una vez Realizado los diferentes Calculos se obtiene la siguiente tabla.

TABLA. 12 ALTURAS PARA LA REPOTENCIACIÓN DE LA PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA ULBA

Resultados Obtenidos	
Altura Neta	86.74 m
Caída Bruta	87 m
Conducción Longitud alternativa canal abierto	3.21 Km

Fuente: Medición de hidro Ulba

ELABORADO POR: Los postulantes

3.8.5 Análisis de producción energética de la central Ulba

3.8.5.1 Potencia Instalada

La potencia a instalarse para la nueva central se determina, conociendo la caída bruta 86.74 m con un caudal de diseño $1.46 \text{ m}^3/\text{s}$. Para la generación de

$$P_o = 1,0136 \text{ MW}$$

3.8.5.2 Precio de la energía

Para aquellos proyectos cuyos contratos se suscriban o por incremento de capacidad se modifiquen a partir del año 2013, el CONELEC realizará una

revisión de los precios de la energía y su periodo de vigencia, los que serán aplicables únicamente para los casos antes señalados a partir de ese año y por un período de vigencia que el CONELEC lo definirá en esa fecha.

El artículo 64 de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico, establece que el CONELEC dictará las normas aplicables para el despacho de la electricidad producida con energías no convencionales tendiendo a su aprovechamiento y prioridad.

De acuerdo del artículo 53 del Reglamento General de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico, se establece que la operación de las centrales de generación que utilicen fuentes no convencionales se sujetarán a reglamentaciones específicas dictadas por el CONELEC.

Para la revisión de los precios y fijación del plazo de vigencia, indicados en el párrafo inmediato anterior, el CONELEC realizará el estudio correspondiente basado en referencias internacionales de este tipo de energías, la realidad de precios del mercado eléctrico ecuatoriano o cualquier otro procedimiento que estimare conveniente.

3.8.5.3 Precios preferentes

Los precios a reconocerse por la energía medida en el punto de entrega, expresados en centavos de dólar de los Estados Unidos por kWh, son aquellos indicados en la Tabla 15. Según el artículo 64 del CONELEC

TABLA. 13 PRECIOS REFERENCIALES SEGÚN LA REGULACION 004-17 DEL CONELEC

CENTRALES	PRECIO
CENTRALES HIDROELÉCTRICAS HASTA 10 MW	7.17
CENTRALES HIDROELÉCTRICAS MAYORES A 10 MW HASTA 30 MW	6.88
CENTRALES HIDROELÉCTRICAS MAYORES A 30 MW HASTA 50 MW	6.21

Fuente: Consejo Nacional De Electricidad CONELEC

3.9 Obras Civiles

La mayor parte de las obras civiles nuevas y existentes para la Pequeña Central Hidroeléctrica Ulba en el cantón Baños, fueron basadas a las obras civiles existentes como: el canal de conducción, el tanque de presión y casa de máquinas.

3.9.1 Obras de captación

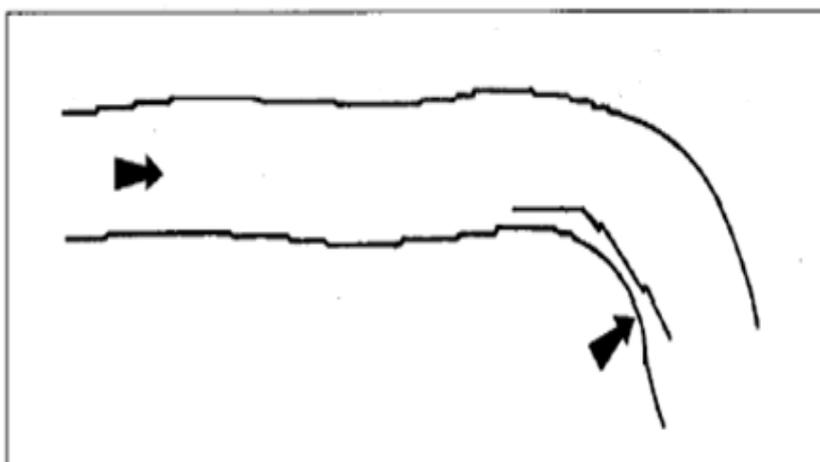
Las obras de captación se prevén ubicarlas en el mismo lugar de la obra existente, eso es inmediatamente aguas abajo de la confluencia del Rio Ulba

3.9.1.1 Bocatoma

La bocatoma el cual debe garantizar la captación de una cantidad constante de agua, en este caso el caudal de diseño $1.46m^3/s$. Impedir en donde sea posible el ingreso de materiales solidos o flotantes, conforme a lo mencionado este debe proteger al resto del sistema del ingreso embalses que pudieran producir en épocas lluviosas.

Para el proyecto utilizaremos la captación por derivación directa, por ser un proyecto de generación a pequeña escala. Así por ejemplo, el caudal de captación de la bocatoma de la Pequeña Central Hidroeléctrica Ulba.

FIG. 24 UBICACIÓN BOCATOMA



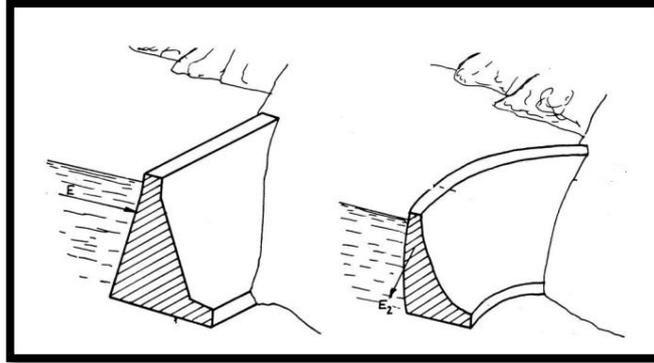
Fuente: Manual Pequeñas Centrales Hidroeléctricas ITDG

3.9.1.2

Azud

Se ha establecido un azud tipo Creager de perfil hidrodinámico, que trabaja como dique vertedero que eleva el nivel del agua sobre el lecho natural, de tal manera el área de aproximación a la rejilla quede inundada para garantizar la captación del caudal de diseño en época de estiaje.

FIG. 25 Azud



Fuente: Manual Pequeñas Centrales Hidroeléctricas ITDG

3.9.1.3

Canal de Conducción

La conducción se realizara mediante un canal rectangular a cielo abierto que tiene una longitud 3.21Km. Esta revestido en todo su recorrido con una capa de hormigón de 2 cm y una pendiente de 86 m. En vista de que algunos tramos de conducción tienen que atravesar por un terreno de topografía difícil es necesario embaularlo con losas de hormigón removibles.

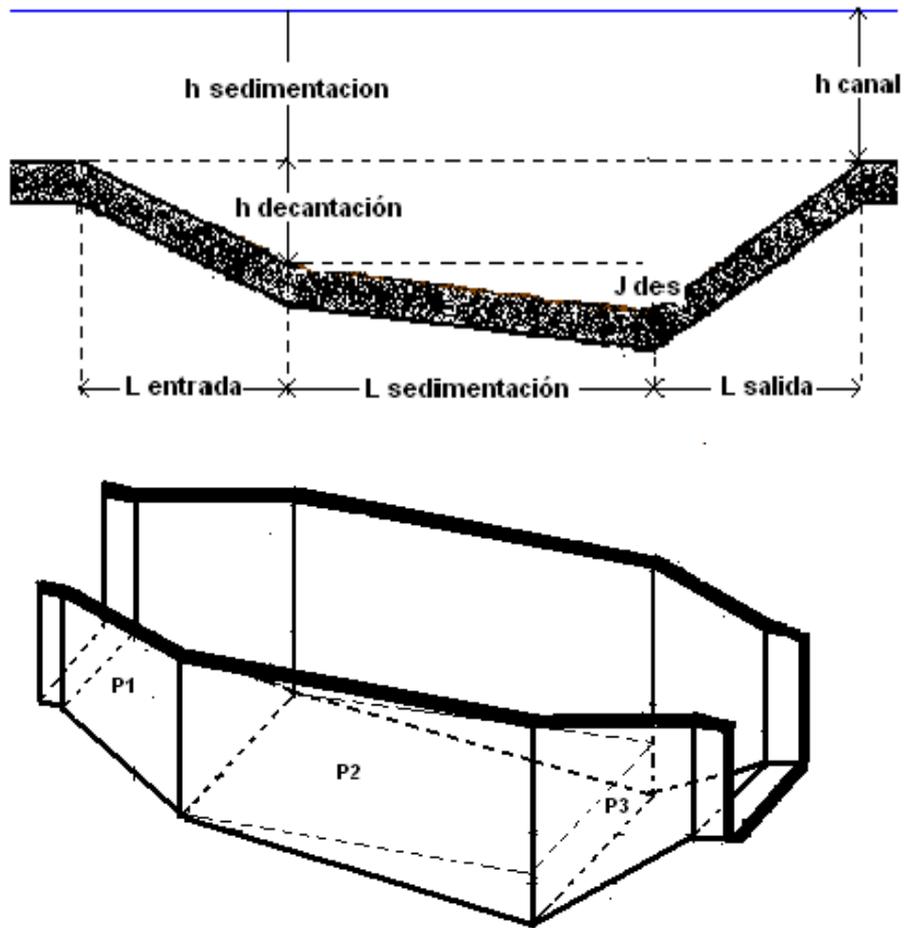
3.9.1.4

Desarenador

El desarenador estará ubicado en la cota 2004 msnm que tendrá la capacidad de decantar sedimentos arrastrados con diámetros a 0,30 mm a una velocidad de 0.31 m/s.

El tipo de lavado es intermitente por medio de un canal de desfogue de sedimentos que no incluye en los diseños.

FIG. 26 PARTES DE UN DESARENADOR



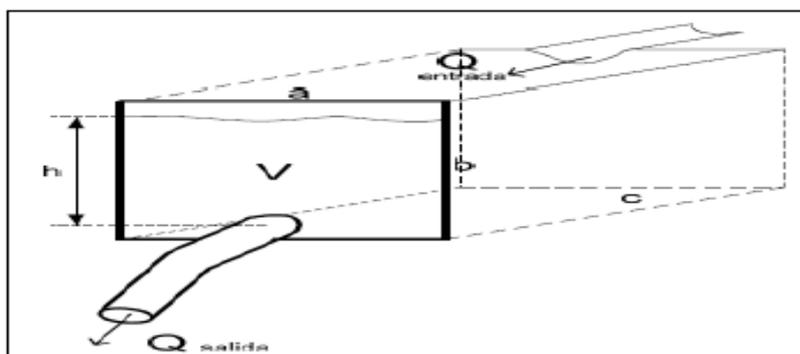
Fuente:Función del central hidroeléctrica (<http://thales.cica.es/rd/Recursos/rd99/ed99-0226-01/capitulo3.html>)

Las transmisiones de entrada y salida de la cámara del desarenador permitirá, cambiar la velocidad del flujo de agua proveniente del canal, que conecta la transición del desripador con el desarenador que permitir la sedimentación de sólidos para luego volver a variar la velocidad del flujo de agua que siga el curso por el canal al desarenador con el tanque de carga.

3.9.1.5 *Tanque de carga*

El tanque de carga tendrá la capacidad de sedimentar partículas dependiendo a la depuración del agua que ingresa por la tubería de presión hacia la tubería y evitar así el desgaste prematuro de los alabes de la turbina.

FIG. 27 TANQUE DE CARGA O DE PRESIÓN

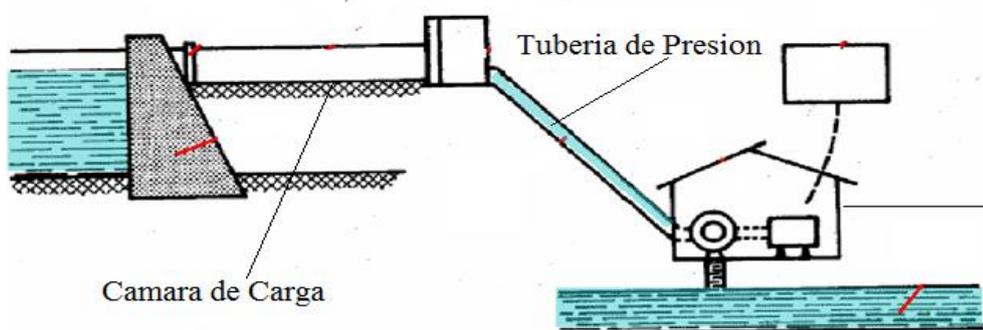


Fuente: Manual Pequeñas Centrales Hidroeléctricas ITDG

3.9.1.6 *Tubería de presión*

La tubería de presión tiene un desnivel aproximadamente 85 m y un recorrido de aproximadamente 123 m. La tubería de presión es de acero corrugado con diámetro interior 0.7 m.

FIG. 28 TUBERÍA DE PRESIÓN



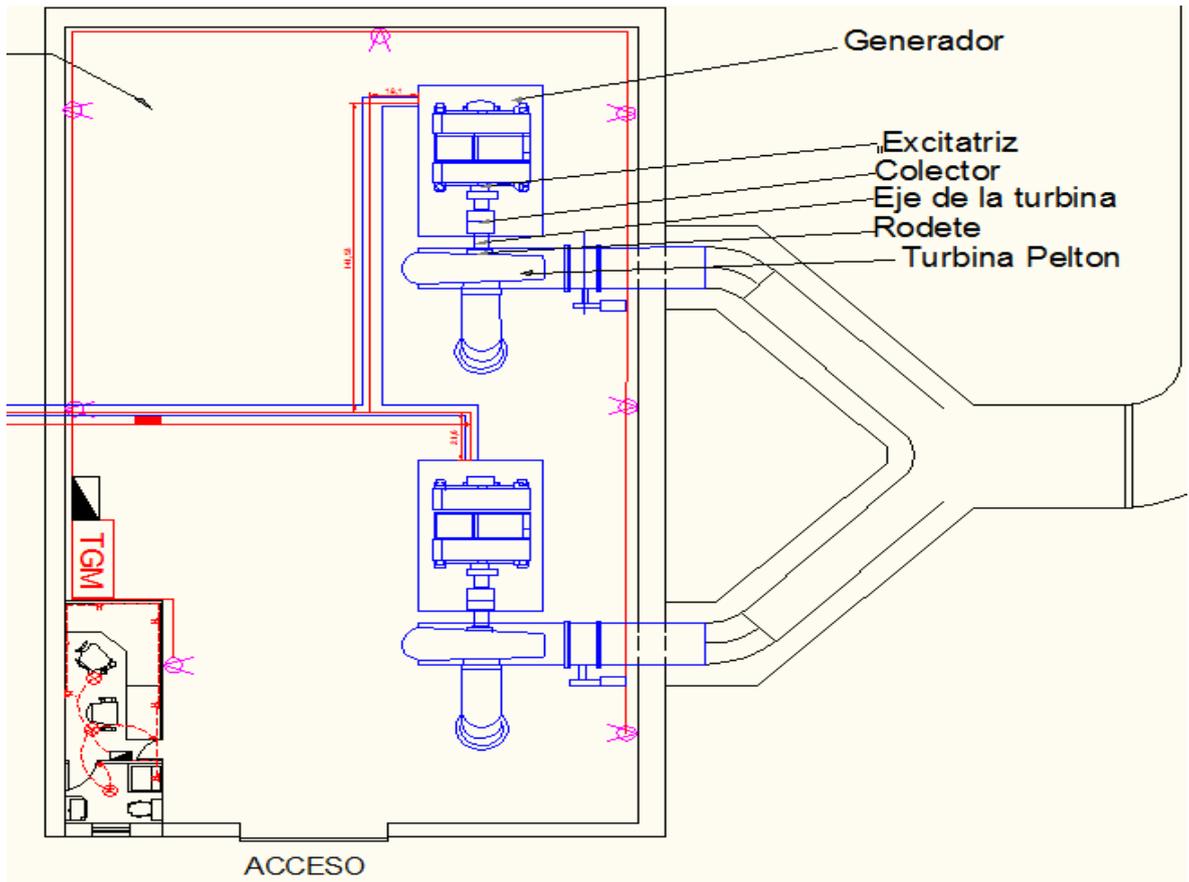
Fuente: Manual Pequeñas Centrales Hidroeléctricas ITDG

3.9.1.7 *Casa de máquinas*

La casa de máquinas se encuentra ubicada en el margen izquierdo del río Ulba inmediatamente aguas abajo de la tubería de presión, en una plataforma por materiales aluviales con cota 2004 msnm. Contará con una estructura de hormigón armado de una sola planta. Las dimensiones disponibles de la casa de máquinas son las siguientes:

Largo 10 metros
Ancho: 8 metros
Altura: 5 metros

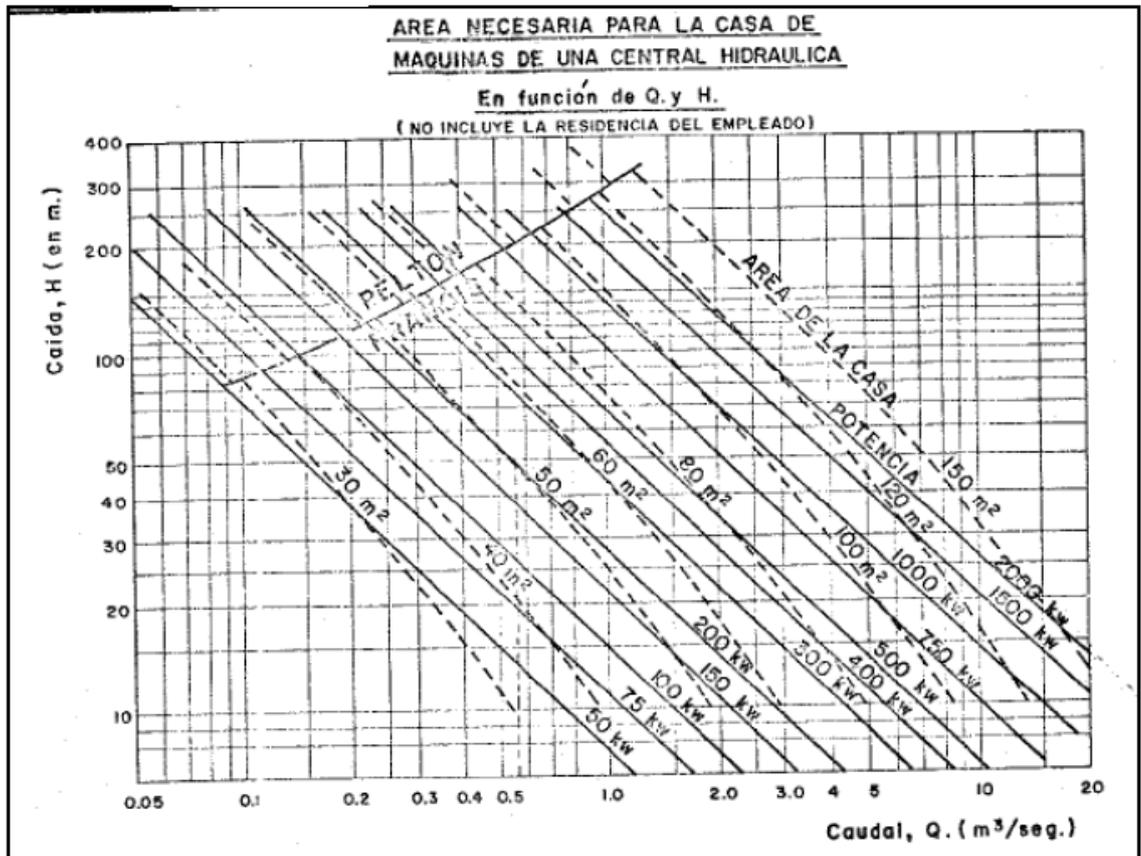
FIG. 29 Diseño De La Casa De Maquinas



Elaborado: Por los Postulantes

Tomando en cuenta los requerimientos de espacio para la instalación, turbina, generador y el equipamiento eléctrico y mecánico de control se planifico el arreglo general de equipos, recorrido tentativo de las canaletas de cables y el dimensionamiento de la planta general de la casa de máquinas.

FIG. 30 ÁREA DE CASA DE MÁQUINAS PARA UNA PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA



Fuente: Manual Pequeñas Centrales Hidroeléctricas ITDG

3.10 Equipamiento Mecánico

El equipo mecánico está analizado de sus partes turbina y generador

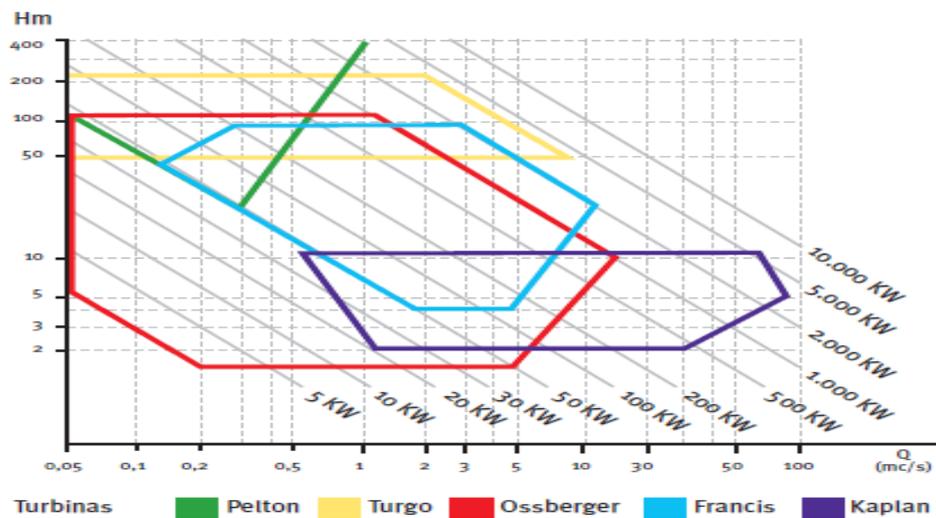
3.10.1 Selección de la turbina

La selección de turbina adecuada se realiza a través de nomogramas, en los que la introducción de los datos (salto y caudal de agua disponibles), permite extrapolar la tipología de la turbina más adecuada y el tamaño en términos de potencia. Cada turbina tiene su propio rendimiento, en función del régimen de utilización de esta. El tipo, geometría y dimensiones de la turbina están acondicionados, esencialmente por los siguientes criterios.

- Altura de salto neta.
- Caudales a turbina
- Velocidad de rotación

Con los datos de caída neta 87m y un caudal de $1.46 \text{ m}^3/\text{s}$. Presentado en la figura; la turbina adecuada para este aprovechamiento eléctrico es de tipo Pelton, con una eficiencia del 88 % y con una potencia de 1 Mw.

FIG. 31 SELECCIÓN DE TURBINAS



Fuente: Adriana Castro (2007, pág. 42) Mini Centrales Hidroeléctrica

TABLA. 14 RANGOS Y SALTOS DE LA TURBINA PELTON

Tipo de Turbina	Rango de salto (m.)
Kaplan y Hélice	$2 < H < 20$
Francis	$10 < H < 350$
Pelton	$35 < H < 1300$
Michell-Banki.	$3 < H < 200$
Turgo	$50 < H < 250$

Fuente: Adriana Castro (2007, pág. 47) Mini Centrales Hidroeléctrica

3.11 Generador

Dado las características propias de la red se utilizarán un generador síncrono que permita la regulación el voltaje de la red y suministrar la potencia reactiva que se requiera.

La central hidroeléctrica ULBA estará constituida por dos generadores sincrónicos trifásicos de polos salientes de 14 Polos cada uno, con un factor de potencia es de 0,85 y con una velocidad de rotación de 514 RPM y con una frecuencia de trabajo de 60 Hz. Estos generadores serán para operar en régimen continuo y tendrán aislamiento clase F/F, ya que este tipo de aislamiento permite trabajar a temperaturas máximas de 155 °C.

a. Ventajas

- ✓ Es la velocidad de giro de la maquina en rpm, que pertenece invariable y originada en la corriente alterna, la frecuencia sincrónica normalizada. La velocidad rotativa es dada por máquina, en este caso la turbina hidráulica.
- ✓ Frecuencia sincrónica normalizada (50 y 60 Hz)
- ✓ El generador síncrono tiene el bobinado de campo excitado por corriente continua y la tensión generada en la armadura es alterna, de ahí se denomina alternador

b. Desventajas

- ✓ Los generadores de fabricación actual son de un solo cojinete, por lo que para uso con turbinas, se debe solicitar un generador especial con dos cojinetes.
- ✓ La regulación debe ser mantenida en rangos estrechos de regulación, comúnmente acepta una caída de rango 5 % de la velocidad de lo contrario presenta exceso de calentamiento por sobre excitación y disminución de aire en enfriamiento.

La conexión del estator será en estrella con neutro puesto a tierra.

• Potencia nominal	1000 Kw
• Numero de fases	3
• Factor de potencia nominal (en atraso)	0.85
• Conexión del estator	Estrella
• Voltaje nominal	4.16 KV
• Velocidad sincrónica nominal	514 RPM
• Rango de ajuste de voltaje a condiciones normales	± 5 %
• Frecuencia nominal	60 Hz
• Eficiencia mínima a factor de potencia nominal	93 %
• Clase de aislamiento (estator /rotor)	F/F
• Clase de calentamiento (estator /rotor)	B
• Variación de voltaje de estado estacionario	± 5 %
• Tipo de montaje	Horizontal
• Numero de polos	14

3.11.1 Determinación del cable para la conexión del generador a la sub estación

Las características del conductor se determinan en base a la corriente, el nivel de aislación, los agentes ambientales del lugar a ser instalado. Sabemos que da generador producirá 0.5 Mw, con un voltaje de 4,16 kV.

$$I = 81.63 \text{ A}$$

Para esta corriente el conductor más apropiado es 1/0 Las características de aislación se presentan a continuación Cable de 5 KV.

Conductor de cobre blando, formación, concéntrica compactada, según ASTM clase Semiconductor sobre el conductor: Polietileno semiconductor extruido directamente sobre el conductor, permite obtener un superficie homogénea para un campo eléctrico uniforme.

Aislación: Polietileno reticulado retardante extra limpio (XLPE), nivel de aislación 100% según ICEA S93-639. Semiconductor bajo la pantalla metálica: Polietileno semiconductor extruido directamente sobre la aislación, fácil de retirar, permite homogeneizar las líneas del campo que llegan a la pantalla electrostática de manera de asegurar un campo eléctrico uniforme y radial. Capacidad de corriente basada en lo establecido por la norma IPCEA P46 y Temperatura en el conductor 90°C y 100% factor de carga.

Características: Tensión máxima de operación: 5 kV, 8 kV, 15 kV, 25 kV o 35 kV. Niveles de aislamiento de 100% y 133% (categorías I y II respectivamente). Temperatura máxima de operación: 90°C. Temperatura máxima de operación en emergencia: 130°C. Temperatura máxima de operación en corto circuito: 250°C. Los conductores son de cobre suave o de aluminio duro 1 350. El aislamiento es de polietileno de cadena cruzada (XLPE). La pantalla metálica está formada por alambres de cobre en calibre 0,324 mm² (22 AWG) cumplen o exceden los requerimientos de NMX-J-142 y NRF-024-CFE. La cubierta es de poli cloruro de vinilo (PVC), resistente a la propagación de la flama. **VENTAJAS:** Puede instalarse en conducir y ducto. Su pantalla metálica. Permite hacer las conexiones a tierra lo cual mejora las condiciones de seguridad del personal durante la operación del cable. Confina y uniformiza el campo electrostático. Permite operar equipos de protección contra fallas eléctricas. Su cubierta anti flama lo hace resistente a la intemperie, luz solar y agentes químicos. Puede instalarse directamente enterrado. Excelentes características eléctricas y mecánicas.

3.11.1.1 **Aplicación:** Alimentación y distribución primaria de energía eléctrica en plantas industriales en general. Redes subterráneas de distribución primaria en zonas comerciales donde la densidad de carga es muy elevada. Redes de distribución primaria en zonas residenciales. En la alimentación y distribución de energía eléctrica en edificios con subestaciones localizadas en varios niveles.

3.11.1.2 *Sistema de Excitación*

El sistema de excitación del generador será de tipo “sin escobillas”, “autoexcitado” y consistirá de una excitatriz trifásica de corriente alterna, conectada a un sistema de rectificación rotativo es alimentado con corriente continua al campo principal. El sistema de excitación será estático para frecuencia de 60 Hz, de tecnología completamente digital.

3.11.1.3 *Regulador de voltaje*

El regulador de voltaje o AVR puede estar incluido en el automatismo de mando y control del equipo del sistema de Excitación en el caso de que se escoja en sistema rotativo de excitación.

La regulación de voltaje del alternador se la efectuara por medio de un regulador automático de alta velocidad, electrónico-digital.

- Capacidad de mantener el voltaje terminal del generador constante dentro de un margen de ± 0.5 % del valor de voltaje normal, para variaciones de carga de vacío a plena carga.
- Dispositivo de ajuste que permite fijar el nivel regulado de voltaje entre ± 0.5 % del voltaje nominal.
- Con el fin de proteger al generador, debe incluir dispositivos o funciones como: limitador de sobreexcitación, limitador de excitación mínima, limitador de sobre flujo.

3.11.1.4 *Regulador de Velocidad*

El regulador de velocidad será de última generación, de las siguientes características:

- Tipo: Electrónica Digital`
- Accesos al Ajuste y Calibración: Remota

- Ajuste de caída de Velocidad: Entre 0 y 10 % con una presión no mayor de 0.5%
- Monitoreo: Salida digital de velocidad, temperatura y vibración
- Control de Velocidad Remoto: Mediante entradas analógicas
- Puertas de Salida: Para control remoto

3.11.1.5 *Sistema de protección del generador*

En general, para el generador se ha recomendado un esquema de protección estándar, que incluye la mayoría de protecciones usadas en alternadores de mediana potencia, y que se resumen a continuación.

TABLA. 15 RELÉS DE PROTECCIÓN PARA EL GENERADOR

Numero	Descripción
27	Relé de bajo voltaje
32	Relé de direccional de potencia
40	Relé de pérdida de excitación
41	Interruptor de campo
46	Relé de inversión de fases
51 V	Relé de sobre corriente temporizador con control de voltaje
51 N	Relé de sobre corriente al neutro
59	Relé de sobre voltaje
64	Relé de falla a tierra del estator y de rotor
78	Relé de pérdida de sincronismos
81	Relé de frecuencia (de baja o sobre frecuencia)
87 G	Relé diferencial del generador
87 U	Relé diferencial de corriente

ELABORADO POR: Los postulantes

3.12 Transformador principal

El transformador principal de la central será de tipo elevador. El lado primario del transformador estará alimentado desde la salida de la casa de máquinas a un nivel de voltaje de 4,16 KV, y este lo elevara hasta 22 KV; deberá estar sumergido en aceite, auto refrigerado, apropiado para instalación interior a 3000 msnm

Las características del transformador principal son:

- Potencia nominal 1200 KVA
- Numero de fases 3
- Numero de devanados 2
- Voltaje primario 4,16 KV
- Voltaje secundario 13,8 KV
- Intercambiador de taps en el lado de alta $\pm 2 * 2.5\%$
- Medio de aislamiento Aceite
- Máxima impedancia, en la base del transformador $\leq 7\%$
- Máximo aumento de la temperatura en los devanados 60°C
- Frecuencia 60Hz

3.12.1 Sistema de protección del Transformador

El sistema de protección del transformador principal 1.2 KVA constara como mínimo con los siguientes componentes básicos:

TABLA. 16 RELÉS DE PROTECCIÓN PARA EL TRANSFORMADOR

Numero	Descripción
51N	Relé de sobrecorriente temporizado para neutro
63	Relé de sobrepresión de gas
71	Relé de bajo nivel de aceite
87T	Relé diferencial del transformador

ELABORADO POR: Los postulantes

3.12.2 Transformadores de potencial (TP)

Los transformadores de potencial reducen el nivel de voltaje en el orden de los KV y los reduce a niveles bajos de tensión para alimentar equipos de medición y control, este voltaje es generalmente 120 V. (VER ANEXO II)

Los Transformadores de Potencia (TP) que se instalarán en la central hidroeléctrica Ulba serán del tipo Inductivo, ya que estos presentan una respuesta rápida a los cambios de tensión, debido a esta característica se los utiliza para esquemas de protección.

- Tensión nominal secundario: 120 V
- Nivel de aislamiento: 10 KV
- Clase de precisión: 0.2

3.12.2.1 *Interruptor automático tripolar de potencia.*

Un interruptor automático o disyuntor es un dispositivo que permite ejecutar la apertura y cierre de los circuitos con carga. Por todo ello, el interruptor cortará la corriente a través de un arco eléctrico. El interruptor tratará de aminorar los efectos del arco con el mínimo consumo de energía.

Para extinguir el arco, se ha previsto que el interruptor principal realice la ruptura del arco mediante hexafluoruro de azufre (SF₆). Este tipo de interruptores poseen cámara de extinción rellena de SF₆. El SF₆ tiene unas propiedades dieléctricas superiores a otro tipo de dieléctricos utilizados en la extinción del arco.

Las principales ventajas de la apertura dentro de SF₆ son:

- Gran capacidad de evacuación del calor producido por el arco.
- Disolución reversible del SF₆.
- Es el mejor gas aislante y extintor de arco conocido.
- El desgaste de los contactos es muy pequeño, lo cual le da una larga vida útil a la aparamenta.

3.12.3 *Transformador de corriente (TC)*

Los transformadores de corriente (TC) reducen el nivel la intensidad de corriente y los reduce a niveles bajos para alimentar equipos de medición y control, esta intensidad de corriente es generalmente 5 A.

La corriente en el primario de los transformadores de corriente para las fases son dimensionadas aproximadamente con el 150 % de la corriente a plena carga y para

los TC colocados en el neutro son dimensionados aproximadamente 1.5 veces la corriente de falla por el neutro.

Los transformadores de corriente se requieren para un nivel de tensión de 220 V tiene:

- Tensión Nominal 220 V
- Nivel de aislamiento 10Kv
- Relación de transformación 200:5A
- Potencia 100 VA
- Clase de precisión 0.2

3.12.4 Seccionadores

La función de los seccionadores es aislar una parte de la instalación de otra, para poder acceder a ellas en condiciones de seguridad, en media y alta tensión son los equipos más utilizados como método de seccionamiento, son elementos que operan sin carga y al accionarlos no cambian el potencial en los bornes. Su función es garantizar la seguridad cuando se accede a la parte de la instalación que se desee seccionar

Las características de los seccionadores fusibles de potencia son las siguientes.

- Tipo Interior, extraíble
- Frecuencia 60 Hz
- Voltaje Nominal 13.8 KV
- Tensión máxima de servicio 22 KV
- Corriente continua nominal 100 A
- Tipo de mando Manual
- Tipo de accionamiento Tripolar

3.12.4.1

Protección de sobre voltajes (Pararrayos)

Se entiende, por sobre voltaje a aquellos valores que exceden del valor de la tensión de servicio máximo permanente admisible, capaz de poner en peligro el material o el buen servicio de una instalación eléctrica.

Se pueden distinguir dos clases de sobretensiones:

- Sobretensiones de origen externo, que comprenden sobre todo las descargas atmosféricas, tales como rayos, tormentas, cargas estáticas de la línea, ETC.
- Sobretensiones de origen interno, que se producen al variar las condiciones propias de servicio de la instalación, como por ejemplo las oscilaciones de intensidad de corriente, variaciones de carga, descargas a tierra, etc.

Las características de los pararrayos

- | | |
|--|----------------|
| • Tipo | Óxido de zinc |
| • Conexión | Línea a tierra |
| • Voltaje Nominal de operación del sistema | 13.8 KV |
| • Frecuencia | 60 Hz |
| • Corriente continua nominal | 100 A |
| • Altura instalación | 3 000 msnm |
| • Clase | Estación |

Los detalles de fabricación y diseño.

3.13 Banco De Baterías

Las características del banco de baterías

- | | |
|-----------------------------|---------------|
| • Tipo | Plomo - acido |
| • Voltaje nominal del banco | 125 V c.c. |
| • Numero de celdas | 60 |

- Tipo de batería Sellada
- Tiempo de descarga 10 h

En caso de que el rectificador no suministre 125V c.c. el banco de baterías lo esté haciendo, este podrá alimentar las cargas hasta cuando alcance un valor de 100 V c.c. En caso de que este valor siga disminuyendo deberá preverse un elemento que ordene la desconexión de la central.

3.14 Tableros de la turbina

- Incluirá básicamente los siguientes elementos:
- PLC,S para arranque y parada, completos
- Dispositivo de registro de temperaturas
- Selectores para control de apertura y cierre de alabes de la turbina
- Voltaje de control 129 Y 24 V c.c
- Tipo de protección IP 43
- Regulador electrónico de velocidad

3.14.1 Tableros de generador –transformador

- Incluirá básicamente los siguientes elementos
- Bornera de prueba, de potencial y de corriente
- Sincronoscopio, voltímetros y frecuencímetros }
- Voltaje de calefacción y alumbrado 127 V c.a.
- Botonera de reposición, conocimiento y prueba de lámparas
- Selectores para control de voltaje

Nota: El sistema de sincronización será de tipo automático, pero también tendrá la opción de control manual.

3.14.1.1 Tablero de excitación

Incluirá básicamente de los siguientes elementos

- Regulador electrónico de voltaje
- Botonera de conocimiento, reposición y prueba de alarmas
- Voltímetro de c.c, 0-250 V
- Voltaje de control 125 V c.c
- Tipo de protección IP 43
- Calibre mínimo de cables de control No. 14 AWG cobre
- Incluirá interruptor automático de campo del tipo estático con tiristores.

3.15 Línea De Interconexión Eléctrica

La energía producida por la Central Hidroeléctrica Ulba de 1.17 MVA será transmitida y entregada por una línea de distribución a 13.8 KV, trifásica centrada, de 200 m de longitud aproximadamente desde la casa de máquinas hasta la interconexión en la red primaria trifásica en el pueblo.

El recorrido de la línea se desarrolla a partir de la casa de máquinas con una cuota 2004 msnm, se continua por el carretero en vanos paralelos al carretero con vanos promedio de 80 m hasta un punto con una cota de 1980 msnm, que resulta cercano al poste de interconexión con la red primaria de 13.8 KV.

3.15.1 Determinación de los Conductores Eléctricos

El tipo de conductor será ACSR, para las fases se utilizaran el No. 2/0 ACSR que soportara una corriente de 61.45 (A).

Para el diseño se han considerado los siguientes valores para las condiciones finales.

- Voltaje Nominal 13.8 KV
- Temperatura ambiente promedio 17°C
- Temperatura mínima 5 °C
- Temperatura máxima 31°C

3.16 Presupuesto Referencial

La elaboración del presupuesto que permitirá evidenciar el costo de inversión inicial necesario para la construcción del nuevo emprendimiento, requiere de una serie de condiciones, criterios y una metodología que permitan disponer de los elementos de juicio suficientes para la correcta valoración y definición de los rubros principales y cantidades que intervienen en la obra; para así, decir de manera segura la factibilidad del proyecto desde un punto de vista económico.

El presupuesto referencial para la Central Hidroeléctrica Ulba ha sido elaborado de la siguiente manera:

- Se realizó un análisis de precios unitarios a partir de las especificaciones de las obras civiles, equipo mecánico y eléctrico.
- Las cantidades de obra se determinó en base a los cálculos y diseños tipos.
- La lista de precios de materiales de la construcción esta referidos al mes de septiembre del 2011.

3.16.1 Presupuesto

El Presupuesto referencial del proyecto hidroeléctrico Ulba, se realizó en base al pre dimensionamiento de las obras civiles, mecánicas y eléctricas, el informe consta del listado de cantidades de obra del proyecto, y el análisis de costos.

TABLA. 17 DESCRIPCIÓN DE COSTOS DE LA CENTRAL ULBA

N°	DESCRIPCIÓN	COSTO (USD)
1	OBRA CIVIL	248.183,06
2	OBRA MECÁNICA (INCLUYE CONDUCCIÓN)	424.519,46
3	OBRA ELÉCTRICA (INCLUYE LÍNEA)	347.095,17
TOTAL COSTO		1'019.797,69

Fuente: Cámara de la Construcción Quito

ELABORADO POR: Ing. Javier Gómez

3.16.2 Evaluación económica financiera del proyecto

La información básica para la evaluación financiera del Proyecto ULBA a la luz de su retorno financiero, cumplirá básicamente el cálculo de RENTABILIDAD de la inversión, según varios parámetros, además se determinará la factibilidad de que todos los costos puedan ser cubiertos oportunamente.

La evaluación económica financiera establecerá los principales criterios utilizados para evaluar la viabilidad de un proyecto. Frente a las limitaciones de los métodos que no consideran el valor tiempo del dinero, se presentarán dos alternativas de sección, el de Valor presente Neto (VPT) y la Tasa Interna de Retorno (TIR), si bien ambas tienen ventajas, el VPN es en todo caso superior al TIR, quizás el principal fundamento del TIR es la mayor comprensión de los ejecutivos que ven en una tasa de rentabilidad una unidad de medida menos compleja que una cantidad de dinero neta expresado en términos actualizados.

3.16.2.1 Costo Del KW

El costo del kWh se calcula dividiendo el valor actual de todos los costos entre el valor actual de los kWh que se espera vender, a una misma tasa de descuento, así: De lo cual se tiene los siguientes resultados:

TABLA. 18 DESCRIPCIÓN DE COSTOS DE LA CENTRAL ULBA

EVALUACION DEL COSTO DE ENERGÍA POR kWh PROYECTO ULBA						
PERÍODO	FLUJO DE INVERSIÓN GASTOS		ENERGÍA VENDIADA kWh	FLUJO DE INVERSIÓN		ENERGÍA ACTUALIZADA 12%
	INVERSION	CUOTA ANUAL		ACTUALIZADO GASTOS	ACTUALIZADO CUOTA ANUAL	
0	\$ 509.899			509.899	0	0
1	\$ 509.899			455.267	0	0
2	\$ 66.660	\$ 282.902	8707200	53.141	225.528	6.941.327
3	\$ 66.660	\$ 282.902	8707200	47.447	201.364	6.197.613
4	\$ 66.660	\$ 282.902	8707200	42.364	179.789	5.533.583
5	\$ 66.660	\$ 282.902	8707200	37.825	160.526	4.940.699
6	\$ 66.660	\$ 282.902	8707200	33.772	143.327	4.411.338
7	\$ 66.660	\$ 282.902	8707200	30.154	127.970	3.938.695
TOTALES =				1.209.868		31.963.255
				USD/kWh	0,0378518	
				CENTAVO DE DÓLAR/kWh	3,785183381	

Fuente: Cámara de la Construcción Quito

ELABORADO POR: Los Postulantes

TABLA. 19 DESCRIPCIÓN DE COSTOS DEL KWH

INDICADORES	INVERSIÓN INICIAL	CUOTA ANUAL	VAN	TIR	B/C	USD/kWh
PROYECTO ULBA	1'019.797,69	282.901,8	23.442	12,73	1.7	0.0378

Fuente: Cámara de la Construcción Quito

ELABORADO POR: Por los Postulantes

3.16.2.2

Análisis de los costos y resultados

Se indica que el ingreso por venta de energía es de USD 618.211,2, mientras que los costos para operar y mantener la central, es de USD 66.660, si se suman los egresos por cuota anual efecto de los préstamos de USD 282.901,8, nos encontramos con un egreso total de USD 349.561,8.

Nuestro análisis se basa en que:

$$\text{USD Ingresos} - \text{USD egresos} = \text{USD Utilidad}$$

Se obtiene que:

CASO FINACIADO

$$\text{USD } 618.211,2 - \text{USD } 349.561,8 = \text{USD } 268.649,4$$

3.16.2.2.1

ANÁLISIS

Es claro que el criterio de Ingresos Vs Egresos analiza la utilidad del proyecto, y de los resultados se demuestra que además de cubrir los costos de operación mantenimiento y administración el proyecto presenta una utilidad, por lo que en este caso el consultor aceptaría la viabilidad económica.

a. ANÁLISIS DEL VAN.

Como se determinó si el $VAN > 0$, el proyecto debe ser aceptado, en nuestro caso

$$VAN_{\text{financiado}} = \text{USD } 23.442$$

ANÁLISIS.-

Es claro, el VAN amortizado es alentador menor a la inversión pero mayor a cero, por lo tanto se debería considerar viable.

b. ANÁLISIS DEL TIR

Como se determinó si el $TIR > 0$, el proyecto debe ser aceptado, en nuestro caso

$$TIR_{\text{financiado}} = 12,73\%$$

Evidentemente el proyecto debe ser aceptado, pues el valor de 12,73 %, representa el porcentaje de rentabilidad del proyecto.

c. ANÁLISIS DEL B/C

Como se determinó si el $B/C > 1$, el proyecto debe ser aceptado, en nuestro caso

$$B/C_{\text{financiado}} = 1,7$$

Análisis

Normalmente este indicador es el más utilizado, por su análisis sencillo y comprensivo. Significa que por cada dólar invertido se tendrá una utilidad de 70 centavos, por lo tanto el proyecto debe ser aceptado

3.16.3 Análisis del proyecto Ulba

TABLA. 20 DESCRIPCIÓN DEL FLUJO DE LA INVERSIÓN

EVALUACION ECONOMICA PROYECTO ULBA									
PERÍODO	FLUJO DE INVERSIÓN GASTOS		FLUJO DE OPERACIÓN	FLUJO NETO	FLUJO DE INVERSIÓN		FLUJO DE OPERACIÓN	FLUJO NETO ACTUALIZADO	FLUJO NETO ACTUALIZADO
	INVERSION	CUOTA ANUAL	INGRESOS		ACTUALIZADO GASTOS	ACTUALIZADO CUOTA ANUAL	ACTUALIZADO INGRESOS	8%	12,73%
0	\$ 509.899		0	-509.899	509.899	0	0	-509.899	-509.899
1	\$ 509.899		0	-509.899	455.267	0	0	-455.267	-452.319
2	\$ 66.000	\$ 282.902	618.211	269.309	52.615	225.528	618.211	214.692	211.920
3	\$ 66.000	\$ 282.902	618.211	269.309	46.977	201.364	618.211	191.689	187.989
4	\$ 66.000	\$ 282.902	618.211	269.309	41.944	179.789	618.211	171.151	166.761
5	\$ 66.000	\$ 282.902	618.211	269.309	37.450	160.526	618.211	152.813	147.929
6	\$ 66.000	\$ 282.902	618.211	269.309	33.438	143.327	618.211	136.441	131.224
7	\$ 66.000	\$ 282.902	618.211	269.309	29.855	127.970	618.211	121.822	116.406
TOTALES =					2.245.949		3.709.267	23.442	\$ 12
							VALOR PRESENTE NETO =	23.442	
							TIR =	12,73%	
							RELACION BENEFICIO/COSTO =	1,7	

Fuente: Cámara de la Construcción Quito

ELABORADO POR: Los postulantes

TABLA. 21 DESCRIPCIÓN DE COSTOS DE LA CENTRAL ULBA

INDICADOR FINANCIERO	VALOR
TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)	12.73%
VALOR PRESENTE NETO (VPN)	23.442
RELACIÓN BENEFICIO vs COSTO (B/C)	1,7

ELABORADO POR: Los postulantes

CONCLUSIONES

Las pequeñas hidroeléctricas juegan un importantísimo papel tanto en la garantía de suministro eléctrico como en la seguridad del sistema eléctrico para los diferentes rurales en la provincia. Este papel se verá reforzado en el futuro debido a su contribución positiva para la integración de las energías renovables como son las eólicas y solares que tendrá una afluencia aun mayor debido a que estas son energías alternativas a favor del medio ambiente.

El presente proyecto de tesis se logró el aprovechamiento de las obras civiles existentes para aumentar la capacidad de generación eléctrica, través de los caudales que nos proporciona el rio Ulba para dicha generación.

1. Nuestro proyecto busca incentivar la utilización de las infraestructuras existentes, construida en áreas urbanas para la instalación de pequeños proyectos hidroeléctricos, con la intención de reutilizar las infraestructuras reduciendo así los costos y ampliando la probabilidad que los proyectos lleguen a su ejecución.
2. De acuerdo al análisis de la rentabilidad económica nuestro proyecto es rentable, adicionalmente representan una fuente de energía renovable, limpia y sostenible.
3. En este proyecto se pudo definir y determinar el equipo eléctrico y mecánico para el aumento de generación eléctrica, en la cual se utilizó dos turbinas Pelton fue la que se ajustó a los datos técnicos y características del lugar, la importancia de utilizar este tipo de turbina se debe a la eficiencia que la misma posee.
4. Este tipo de proyecto tiene una buena aceptación en las zonas rurales como es en la parroquia Ulba del cantón Baños, este diseño es una alternativa para que los habitantes del sector gocen de un servicio básico, como es la energía eléctrica.

5. Nuestro proyecto ya repotenciado generara una capacidad de potencia de 1Mw, de los cuales se utilizaran para la parroquia Ulba.

6. Es necesario evaluar el tipo de estudio Hidrológico a realizar dependiendo de la escala del proyecto (pico central, micro centrales, mini centrales y pequeñas centrales hidroeléctricas) y del tipo de información existente.

RECOMENDACIONES

1. El Método del Molinete es un procedimiento de una precisión buena, ya que este es muy práctico para sistemas hidroeléctricos a pequeña y grande escala es recomendable porque nos permite datos con mínimo error.
2. Fomentar la investigación y construcción de turbinas hidroeléctricas en el país porque gracias a la topología nacional, posee un gran potencial cinético para generar energía.
3. Es necesario realizar varios aforos de caudal en diferentes épocas del año, para poder analizarlas con la información histórica disponible y lograr una similitud de caudales para este diseño.
4. La altura y el caudal son factores muy importantes que se deben determinar con mucho cuidado y precisión ya que de estos dependerá el buen funcionamiento de la Pequeña Central y su generación.
5. Los sistemas hidroeléctricos a pequeña escala son proyectos rentables y técnicamente factibles, ya que se posee de los recursos hídricos, garantizados su estabilidad y durabilidad, obteniendo energía eléctrica limpia.
6. De acuerdo al análisis estadístico de los caudales de ingreso podemos darnos cuenta que se podría generar mayor energía eléctrica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bibliografía Citada

- ALONSO Marcelo Introducción a la Física 2007
- CASTRO Adriana Mini Centrales Hidroeléctrica 2007
- RESTREPO Luis Proyectos Eléctricos de Antioquia 2007
- SUESCUN Ismael Centrales Hidroeléctricas 2007

Bibliografía Consultada

- Enríquez Harper Gilberto, Elementos de Centrales Eléctricas I, ed. LIMUSA, Edición 1982.
- Ortiz Flores Ramiro, Pequeñas Centrales Hidroeléctricas, Colombia, ed. Nomos S.A Edición 2001.
- Sánchez Teodoro y Ramírez Gastón Javier, Manual de Mini y Micro centrales Hidroeléctricas, Perú, ed. ITDG, Edición 1995
- Tesis EPN, Modelación y diseño digital para micro centrales de generación hidroeléctrica , Edición 1997

Bibliografía Virtual

- <http://www.taringa.net/posts/info/2711137/Generadores-Electricos.html>
- <http://www.nichese.com/transformador.html>
- http://ec.kalipedia.com/tecnologia/tema/robotica/sistemacontrol.html?x=20070821klpinginf_85.Kes&ap=0
- <http://web.ing.puc.cl/~power/alumno96/ancillary.htm>
- <http://www.definicionabc.com/tecnologia/energia-potencial.php>
- http://www.ecured.cu/index.php/Energ%C3%ADa_cin%C3%A9tica
- <http://deconceptos.com/ciencias-naturales/cinetica>
- <http://www.molwick.com/es/leyes-gravitacionales/160-energia-mecanica.html>
- http://enciclopedia.us.es/index.php/Generaci%C3%B3n_de_energ%C3%ADa_el%C3%A9ctrica
- <http://www.definicionabc.com/tecnologia/energia-electrica.php>
- http://secretariageneral.ues.edu.sv/index.php?option=com_content&view=article&id=57&Itemid=99

- <http://alvaropatarroyo.blogspot.com/2009/07/electromecanica-industrial-importancia.html>

ANEXOS I

Anexo 1 de 9 Análisis De Precios Unitarios

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO:	CENTRAL HIDROELÉCTRICA ULBA				
REALIZADO POR:	ING. XAVIER GÓMEZ				
RUBRO:	PROVISIÓN, TRANSPORTE Y MONTAJE DE GENERADOR				
UNIDAD:	UNIDAD				
A.- EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	RENDIMIENTO	COSTO UNITARIO
	A	B	C=A*B	R.	D=C*R
Herramienta menor (5% de M. de Obra).					9,904
Subtotal=					9,904
B. MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	Jornal/hora	costo hora	RENDIMIENTO	COSTO UNITARIO
	A	B	C=A*B	R.	D=C*R
Inspector de obra	1	2,56	2,56	16	40,96
Electricista	2	2,47	4,94	16	79,04
Ayudante	2	2,44	4,88	16	78,08
Subtotal=					198,08
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C=A*B	
Generador trifásico de 0,5 MW, 4,16 KV, fp 0,85, con sistemas de excitación, de enfriamiento, de supervisión de temperaturas del hierro y cobre, de vibraciones. Suministrado con todos los actuadores de mandos remotos y transductores y elementos necesarios para entregar las magnitudes adecuadas al SCADA	UNIDAD	1	15000	15000	
Material eléctrico menor.	GLOBAL	1	1500	1500	
Conjunto de pernos de sujeción y anclaje.	GLOBAL	1	350	350	
subtotal =				16850	
D.- TRANSPORTE (FÁBRICA - PROYECTO)					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C=A*B	
Transporte y ubicación en sitio del generador.	UNIDAD	1	3000	3000	
Seguro (10% del equipo).	UNIDAD	1	9500	9500	
subtotal =				12500	
RESUMEN					
Costos Directos (A + B + C + D)	29557,98				
Costos Indirectos 30%	8867,40				
Costo total del rubro sin I.V.A.	38425,38				

Fuente: Cámara de la Construcción Quito

ELABORADO POR: Ing. Javier Gómez

Anexo 2 de 9 Análisis De Precios Unitarios

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO:	CENTRAL HIDROELÉCTRICA ULBA				
REALIZADO POR:	ING. XAVIER GÓMEZ				
RUBRO:	PROVISIÓN, TRANSPORTE Y MONTAJE DE TRANSFORMADOR				
UNIDAD:	UNIDAD				
A.- EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	RENDIMIENTO	COSTO UNITARIO
	A	B	C=A*B	R.	D=C*R
Herramienta menor (5% de M. de Obra).					22,284
Subtotal=					22,284
B. MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	Jornal/hora	costo hora	RENDIMIENTO	COSTO UNITARIO
	A	B	C=A*B	R.	D=C*R
Inspector de obra	1	2,56	2,56	36	92,16
Electricista	2	2,47	4,94	36	177,84
Ayudante	2	2,44	4,88	36	175,68
Subtotal=					445,68
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C=A*B	
Transformador trifásico de 4 MW, 4,16 / 69 KV, fp 0,85, conexión DYn11, sumergido en	UNIDAD	1	18000	18000	
Conjunto de equipos de seccionamiento para 4,16 KV.	GLOBAL	1	1200	1200	
Conjunto de equipos de seccionamiento para 69 KV.	GLOBAL	1	2500	2500	
Conjunto de pararrayos	GLOBAL	1	1600	1600	
Material para construcción de soportes metálicos	GLOBAL	1	2000	2000	
Conjunto de conductores para barraje	GLOBAL	1	3500	3500	
Material eléctrico menor.	GLOBAL	1	1500	1500	
Conjunto de pernos de sujeción y anclaje.	GLOBAL	1	800	800	
subtotal =				31100	
D.- TRANSPORTE (FÁBRICA - PROYECTO)					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C=A*B	
Transporte y ubicación en sitio del transformador.	UNIDAD	1	3000	3000	
Seguro (10% del equipo).	UNIDAD	1	8000	8000	
subtotal =				11000	
RESUMEN					
Costos Directos (A + B + C+D)	42567,96				
Costos Indirectos 30%	12770,39				
Costo total del rubro sin I.V.A.	55338,35				

Fuente: Cámara de la Construcción Quito

ELABORADO POR: Ing. Javier Gómez

Anexo 3 de 9 Análisis De Precios Unitarios

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO:	CENTRAL HIDROELÉCTRICA ULBA				
REALIZADO POR:	ING. XAVIER GÓMEZ				
RUBRO:	PROVISIÓN, TRANSPORTE Y MONTAJE DE DISYUNTOR DE POTENCIA				
UNIDAD:	UNIDAD				
A.- EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	RENDIMIENTO	COSTO UNITARIO
	A	B	C=A*B	R.	D=C*R
Herramienta menor (5% de M. de Obra).					22,284
Subtotal=					22,284
B. MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	Jornal/hora	costo hora	RENDIMIENTO	COSTO UNITARIO
	A	B	C=A*B	R.	D=C*R
Inspector de obra	1	2,56	2,56	36	92,16
Electricista	2	2,47	4,94	36	177,84
Ayudante	2	2,44	4,88	36	175,68
Subtotal=					445,68
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C=A*B	
Disyuntor trifásico de potencia 69 KV, mecanismo de cierre del tipo de energía	UNIDAD	1	2000	2000	
Conjunto de equipos de seccionamiento.	GLOBAL	1	1500	1500	
Material para construcción de soportes metálicos	GLOBAL	1	1000	1000	
Conjunto de conductores para barraje	GLOBAL	1	1000	1000	
Material eléctrico menor.	GLOBAL	1	1000	1000	
Conjunto de pernos de sujeción y anclaj	GLOBAL	1	300	300	
subtotal =				6800	
D.- TRANSPORTE (FÁBRICA - PROYECTO)					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C=A*B	
Transporte y ubicación en sitio del disyuntor.	UNIDAD	1	3000	3000	
Seguro (10% del equipo).	UNIDAD	1	4000	4000	
subtotal =				7000	
RESUMEN					
Costos Directos (A + B + C + D)	14267,96				
Costos Indirectos 30%	4280,39				
Costo total del rubro sin I.V.A.	18548,35				

Fuente: Cámara de la Construcción Quito

ELABORADO POR: Ing. Javier Gómez

Anexo 4 de 9 Análisis De Precios Unitarios

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO:	CENTRAL HIDROELÉCTRICA ULBA				
REALIZADO POR:	ING. XAVIER GÓMEZ				
RUBRO:	PROVISIÓN E INSTALACIÓN DE ACOMETIDA TRIFÁSICA DEL GENERADOR				
UNIDAD:	UNIDAD				
A.- EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	RENDIMIENTO	COSTO UNITARIO
	A	B	C=A*B	R.	D=C*R
Herramienta menor (5% de M. de Obra).					7,428
Subtotal=					7,428
B. MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	Jornal/hora	costo hora	RENDIMIENTO	COSTO UNITARIO
	A	B	C=A*B	R.	D=C*R
Inspector de obra	1	2,56	2,56	12	30,72
Electricista	2	2,47	4,94	12	59,28
Ayudante	2	2,44	4,88	12	58,56
Subtotal=					148,56
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C=A*B	
Cables con aislamiento para 6,6 KV. Sección mínima 70 mm ² . Capa sobre el conductor tipo extruida homogénea semiconductor de material polimérico XLPE. Material aislante de polietileno reticulado sin o con retardo de arborescencia (XLPE o TR XLPE). Cantidad mínima de alambres de 30 hebras.	GLOBAL	1	2000	2000	
Material eléctrico menor.	GLOBAL	1	5000	5000	
Conjunto conectores y terminales para cable aislado.	GLOBAL	1	500	500	
subtotal =				7500	
RESUMEN					
Costos Directos (A + B + C)	7655,99				
Costos Indirectos 30%	2296,80				
Costo total del rubro sin I.V.A.	9952,78				

Fuente: Cámara de la Construcción Quito

ELABORADO POR: Ing. Javier Gómez

Anexo 5 de 9 Análisis De Precios Unitarios

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO:	CENTRAL HIDROELÉCTRICA ULBA				
REALIZADO POR:	ING. XAVIER GÓMEZ				
RUBRO:	PROVISIÓN E INSTALACIÓN DE ACOMETIDA TRIFÁSICA DEL TAB. DE				
UNIDAD:	GLOBAL				
A.- EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	RENDIMIENTO	COSTO UNITARIO
	A	B	C=A*B	R.	D=C*R
Herramienta menor (5% de M. de Obra).					7,428
Subtotal=					7,428
B. MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	Jornal/hora	costo hora	RENDIMIENTO	COSTO UNITARIO
	A	B	C=A*B	R.	D=C*R
Inspector de obra	1	2,56	2,56	12	30,72
Electricista	2	2,47	4,94	12	59,28
Ayudante	2	2,44	4,88	12	58,56
Subtotal=					148,56
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C=A*B	
Cables con aislamiento para 6,6 KV. Sección mínima 400 mm ² . Capa sobre el conductor tipo extruida homogénea semiconductora de material polimérico XLPE. Material aislante de polietileno reticulado sin o con retardo de arborescencia (XLPE o TR XLPE). Cantidad mínima de alambres de 30 hebras.	GLOBAL	1	2000	2000	
Material eléctrico menor.	GLOBAL	1	500	500	
Conjunto conectores y terminales para cable aislado.	GLOBAL	1	300	300	
subtotal =				2800	
RESUMEN					
Costos Directos (A + B + C)	2955,99				
Costos Indirectos 30%	886,80				
Costo total del rubro sin I.V.A.	3842,78				

Fuente: Cámara de la Construcción Quito

ELABORADO POR: Ing. Javier Gómez

Anexo 6 de 9 Análisis De Precios Unitarios

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO:	CENTRAL HIDROELÉCTRICA ULBA				
REALIZADO POR:	ING. XAVIER GÓMEZ				
RUBRO:	PROVISIÓN Y MONTAJE DE TABLERO METAL - CLAD				
UNIDAD:	GLOBAL				
A.- EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	RENDIMIENTO	COSTO UNITARIO
	A	B	C=A*B	R.	D=C*R
Herramienta menor (5% de M. de Obra).					24,76
Subtotal=					24,76
B. MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	Jornal/hora	costo hora	RENDIMIENTO	COSTO UNITARIO
	A	B	C=A*B	R.	D=C*R
Inspector de obra	1	2,56	2,56	40	102,4
Electricista	2	2,47	4,94	40	197,6
Ayudante	2	2,44	4,88	40	195,2
Subtotal=					495,2
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C=A*B	
Conjunto de transformador de corriente, instalación interior, 15 VA, 400/1	UNIDAD	4	45	180	
Conjunto de transformador de corriente, instalación interior, 15 VA, 700/1	UNIDAD	1	45	45	
Transformador de potencial, 4,16 kv, instalación interior, clase 0,5 - 30 VA,	UNIDAD	4	60	240	
Interruptor trifásico de potencia 4,16 KV, accionado por motor	UNIDAD	2	2340	4680	
Conjunto de barras de cobre para transferencia de potencia	UNIDAD	1	1000	1000	
Barra de cobre para tierra de equipos	UNIDAD	1	100	100	
juego de Resistencias calefactoras operadas por termostato de 208 VAC	UNIDAD	1	300	300	
Tablero normalizado de aprox. 250*100*640 cm, construido con planchas de acero preparadas mediante tratamiento de desengrase y fosfatación	UNIDAD	1	1000	1000	
Conjunto de pernos de sujeción y anclaje	GLOBAL	1	100	100	
Material eléctrico menor.	GLOBAL	1	500	500	
subtotal =				8145	
D.- TRANSPORTE (FÁBRICA - PROYECTO)					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C=A*B	
Transporte y ubicación en sitio del tablero.	UNIDAD	1	1000	1000	
Seguro (10% del equipo).	UNIDAD	1	1000	1000	
subtotal =				2000	
RESUMEN					
Costos Directos (A + B + C + D)	10664,96				
Costos Indirectos 30%	3199,49				
Costo total del rubro sin I.V.A.	13864,45				

Fuente: Cámara de la Construcción Quito

ELABORADO POR: Ing. Javier Gómez

Anexo 7 de 9 Análisis De Precios Unitarios

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO:	CENTRAL HIDROELÉCTRICA ULCO				
REALIZADO POR:	ING. XAVIER GÓMEZ				
RUBRO:	PROVISIÓN Y MONTAJE DE INSTALACIONES AUXILIARES				
UNIDAD:	GLOBAL				
A.- EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	RENDIMIENTO	COSTO UNITARIO
	A	B	C=A*B	R.	D=C*R
Herramienta menor (5% de M. de Obra).					49,52
Subtotal=					49,52
B. MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	Jornal/hora	costo hora	RENDIMIENTO	COSTO UNITARIO
	A	B	C=A*B	R.	D=C*R
Inspector de obra	1	2,56	2,56	80	204,8
Electricista	2	2,47	4,94	80	395,2
Ayudante	2	2,44	4,88	80	390,4
Subtotal=					990,4
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C=A*B	
Tubería metálica EMT para instalaciones in	GLOBAL	1	1000	1000	
Material eléctrico instalaciones de iluminación interior	GLOBAL	1	2000	2000	
Material eléctrico instalaciones de iluminación exterior	GLOBAL	1	2500	2500	
Postes de hormigón centrifugado, 8,5m 350kg, Instalaciones de iluminación exterior	UNIDAD	6	850	5100	
Material eléctrico para instalaciones de fuerza	GLOBAL	1	1600	1600	
Material eléctrico instalaciones de ilumina	GLOBAL	1	1600	1600	
subtotal =				13800	
RESUMEN					
Costos Directos (A + B + C)	14839,92				
Costos Indirectos 30%	4451,98				
Costo total del rubro sin I.V.A.	19291,90				

Fuente: Cámara de la Construcción Quito

ELABORADO POR: Ing. Javier Gómez

Anexo 8 de 9 Análisis De Precios Unitarios

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO:	CENTRAL HIDROELÉCTRICA ULBA				
REALIZADO POR:	ING. XAVIER GÓMEZ				
RUBRO:	PROVISIÓN, TRANSPORTE Y MONTAJE DE TRANSFORMADOR DE SERVICIOS AUXILIARES				
UNIDAD:	UNIDAD				
A.- EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	RENDIMIENTO	COSTO UNITARIO
	A	B	C=A*B	R.	D=C*R
Herramienta menor (5% de M. de Obra).					22,284
Subtotal=					22,284
B. MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	Jornal/hora	costo hora	RENDIMIENTO	COSTO UNITARIO
	A	B	C=A*B	R.	D=C*R
Inspector de obra	1	2,56	2,56	36	92,16
Electricista	2	2,47	4,94	36	177,84
Ayudante	2	2,44	4,88	36	175,68
Subtotal=					445,68
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C=A*B	
Transformador trifásico PAD MOUNTED de 10 KVA, 4,16 KV en el lado primario, 210 /	UNIDAD	1	2500	2500	
Conjunto de cables aislados TTU	GLOBAL	1	500	500	
Material eléctrico menor.	GLOBAL	1	300	300	
Conjunto de pernos de sujeción y anclaje.	GLOBAL	1	100	100	
subtotal =				3400	
D.- TRANSPORTE (FÁBRICA - PROYECTO)					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C=A*B	
Transporte y ubicación en sitio del transformador.	UNIDAD	1	1000	1000	
Seguro (10% del equipo).	UNIDAD	1	0	0	
subtotal =				1000	
RESUMEN					
Costos Directos (A + B + C + D)	4867,96				
Costos Indirectos 30%	1460,39				
Costo total del rubro sin I.V.A.	6328,35				

Fuente: Cámara de la Construcción Quito

ELABORADO POR: Ing. Javier Gómez

Anexo 9 de 9 Análisis De Precios Unitarios

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO:	CENTRAL HIDROELÉCTRICA ULBA				
REALIZADO POR:	ING. XAVIER GÓMEZ				
RUBRO:	LINEA DE TRASFERENCIA 22 Kv				
UNIDAD:	Km				
A.- EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	RENDIMIENTO	COSTO UNITARIO
	A	B	C=A*B	R.	D=C*R
Herramienta menor (5% de M. de Obra).					24,72
Subtotal=					24,72
B. MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	Jornal/hora	costo hora	RENDIMIENTO	COSTO UNITARIO
	A	B	C=A*B	R.	D=C*R
Maestro de obra	1	2,54	2,54	40	101,6
Albañil	2	2,47	4,94	40	197,6
Peón	2	2,44	4,88	40	195,2
Subtotal=					494,4
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C=A*B	
Postes de hormigón de 21 mt	GLOBAL	16	350	5600	
Conductor ASCR 2/0 AWG	GLOBAL	3000	0,97	2910	
Conjunto de materiales para construcción	GLOBAL	1	1200	1200	
subtotal =				9710	
RESUMEN					
Costos Directos (A + B + C)	10229,12				
Costos Indirectos 30%	3068,74				
Costo total del rubro sin I.V.A.	13297,86				

Fuente: Cámara de la Construcción Quito

ELABORADO POR: Ing. Javier Gómez

ANEXOS II

Anexo 1 de 4 Análisis Físico Químico del Rio Ulba

	INFORME DE RESULTADOS ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS	PAGINA: 1 DE 1			
Fecha de muestreo/recepción de la muestra: 24 DE OCTUBRE DEL 2012 Tipo de muestra: AGUA CRUDA Procedencia: QUITO - MATRIZ Cliente: SR. MARIO CORDOVA Fecha de inicio de ensayo: 24 DE OCTUBRE DEL 2012 Fecha de terminación del ensayo: 30 DE OCTUBRE DEL 2012					
1.- ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO					
PARÁMETROS	UNIDADES	METODO	NORMA INEN 1108 - 2011	LIMITES MÁXIMOS TULA	RESULTADOS
		APHA AWWA WPCF	PARA AGUA POTABLE Valor máximo permitido	(para aguas que requieran ser sometidas a tratamiento convencional)	
COLOR REAL	U Pt-Co	2120-C	15	100	20
TURBIEDAD	NTU	2130-B	5	100	47
Ph		4500-H ⁺ -B		de 6 a 9	8,01
ALCALINIDAD	mg/l	2320-B			60,8
ALUMINIO	mg/l	3500-Al-D		0,2	0,054
ARSENICO	mg/l	3500-As-B	0,01	0,05	0
CALCIO	mg/l	3500-Ca-D			14,96
CLORUROS	mg/l	4500-Cl-D		250	0,175
COBRE	mg/l	Hach-8506	2	1	0
CROMO TOTAL	mg/l	3500-Cr-B	0,05	0,05	0,053
DUREZA TOTAL	mg/l	2340-C		500	31,8
FLÚOR	mg/l	Hach-8029	1,5	1,5	0,066
HIERRO	mg/l	Hach-8008		1	0,19
INDICE DE AGRESIVIDAD	mg/l	Calculo			10,97
MANGANESO	mg/l	3500-Mn-B	0,4	0,1	0
NITRATOS	mg/l	Hach-8039	50	10	3,601
NITRITOS	mg/l	Hach-8507	0,2	1	0,018
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/l	2510 - B		1000	122,2
SULFATOS	mg/l	4500-SO4-E		400	0
ZINC	mg/l	Hach-8009		5	0,03

2.- LUGAR DE TOMA DE MUESTRAS : NO SE CONOCE

3.- MUESTREO : CLIENTE

4.- ANÁLISIS : LABORATORIOS - FÍSICO QUÍMICO, ABSORCIÓN ATÓMICA

5.- METODOS UTILIZADOS PARA LOS ANÁLISIS:
 "METODOS NORMALIZADOS PARA EL ANÁLISIS DE AGUAS POTABLES Y RESIDUALES" - American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), Water Pollution Control Federation (WPCF)


 Dra. Jeannett Díaz Salas
 ANALISTA QUÍMICO - PROFESIONAL RESPONSABLE



Laboratorios de Control de Calidad, EP - EMAPA - A, Antigua Vía a Santa Rosa - Ambato Telf. 2585991

Fuente: Emapa

Recopilado: Por los Estudiantes

Anexo 2 de 4 Hoja de Cálculo Elaborado por SENAGUA

SECRETARIA NACIONAL DEL AGUA AGENCIA DE AMBATO										
CALCULO DE AFOROS MOLINETE SEBA										
FECHA: 31/10/2012					DESPUES					
MOLINETE SEBA_ELICE: 2,1791,125,125,										
CUENCA: RIO PASTAZA					LUGAR: RIO ULBA					
AFORO N° 1					CAUDAL: 1932,43					
LECTURAS LIMNIMETRICAS:										
LATITUD		LONGITUD								
Distancia a punto Inicial mts	ROFUNDIDADE TOTAL	N° VELOC	VELOCIDAD m/s	velocidad	VELOCIDAD	VELOCIDAD	SECCION			Caudal Parcial l/s
				(m/s)	MEDIA m/s	SECCION m/s	Anchura mts.	Profundidad mt	Area m²	
0,00	0,080				0,576					
						0,572	1,00	0,16	0,1550	0,0887
1,00	0,230	1	0,5679	0,568	0,568					
		18,633								
				0,568		0,785	1,00	0,25	0,2500	0,1963
2,00	0,270	1	1,00269333	1,003	1,003					
				1,003		1,276	1,00	0,33	0,3250	0,4146
3,00	0,380	1	1,54840333	1,548	1,548					
				1,548		1,231	1,00	0,41	0,4050	0,4985
4,00	0,430	1	0,91396	0,914	0,914					
				0,914		0,996	1,00	0,38	0,3800	0,3785
5,00	0,330	1	1,07811667	1,078	1,078					
				1,078		1,078	1,00	0,33	0,3300	0,3558
6,00	0,330				1,078					
	0,293					0,972	6,00	0,31	1,5150	
					0,966					
OPERO.... Ing. T. Marcelo León					REVISO.....					

Fuente: Secretaria Nacional Del Agua De Ambato

Recopilado: Por los Estudiantes

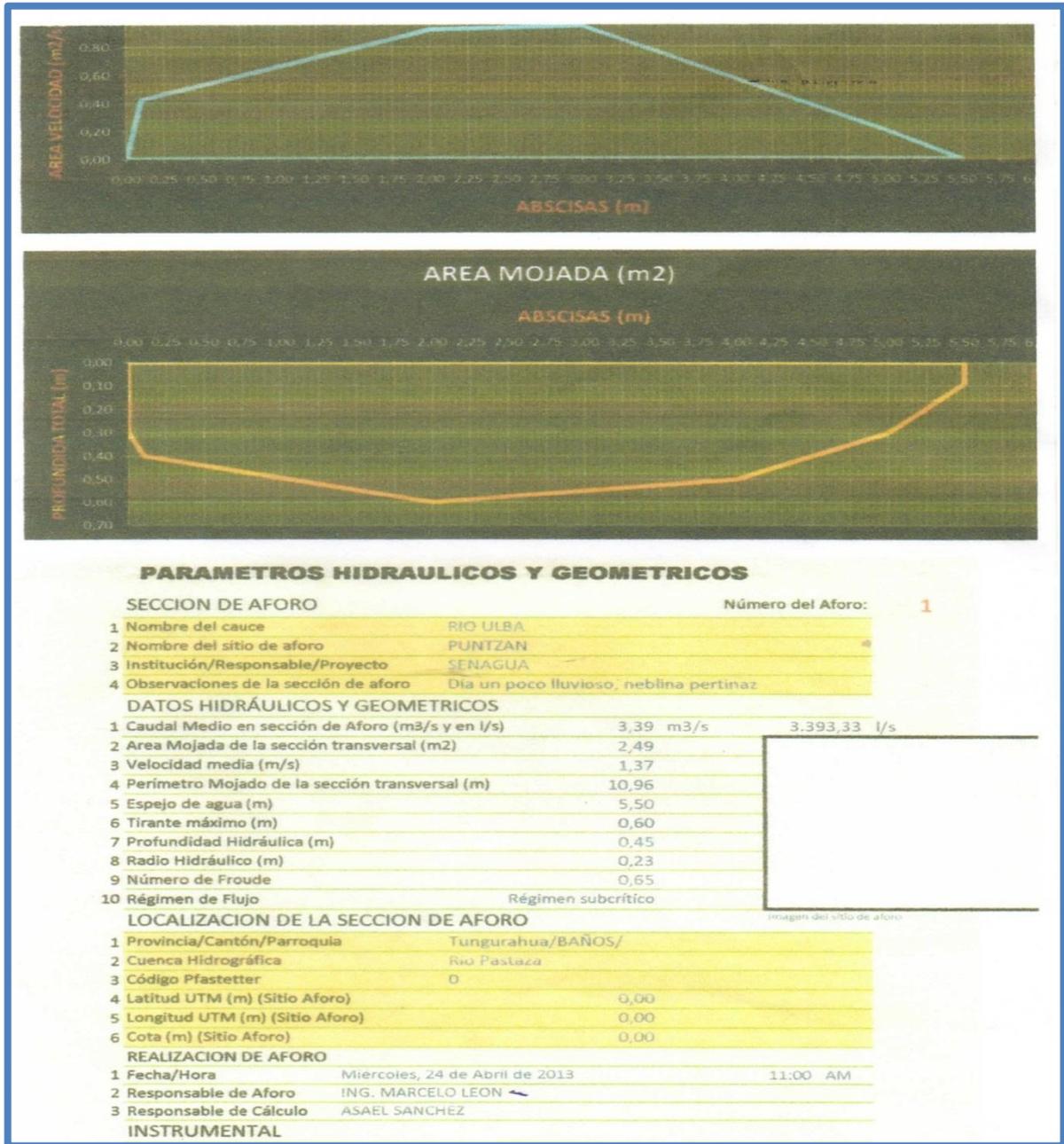
Anexos 3 de 4 Hoja de Cálculo Elaborado por SENAGUA

HOJA DE CALCULO DE AFOROS							
MOLINETE SEBA				LECTURA MIRA			
Ecuaciones: HELICE 2.1791.125.125				fecha 24-abr-13			
Fuente:	Rio Ulba	Sitio: Puntzan		Q Total		3.8688	
Distancia	Prof. Total	Prof. Medid	Nro. Pur	Velocidad	V.media	Area	Q parcial
0,00	0,30						
1,00	0,40	0,20		1,380	1,380	0,6	0,8280
2,00	0,60	0,20		1,700	1,785	0,5375	0,9594
		0,40		1,870			
3,00	0,55	0,20		2,180	2,050	0,55	1,1275
		0,40		1,920			
4,00	0,50	0,30		1,490	1,490	0,4625	0,6891
5,00	0,30	0,15		0,890	0,890	0,2975	0,2648
5,50	0,09						

Fuente: Secretaria Nacional Del Agua De Ambato

Recopilado: Por los Estudiantes

Anexos 4 de 4 Hoja de Curvas Elaborado por SENAGUA



Fuente: Secretaria Nacional Del Agua De Ambato

Recopilado: Por los Estudiantes

ANEXOS III

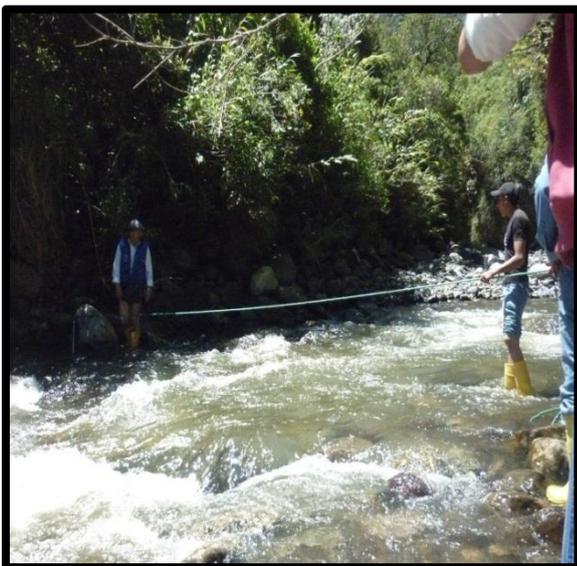
Vía al Rio Ulba



Selección del Sitio Para la Medición



Colocación de la Cuerda



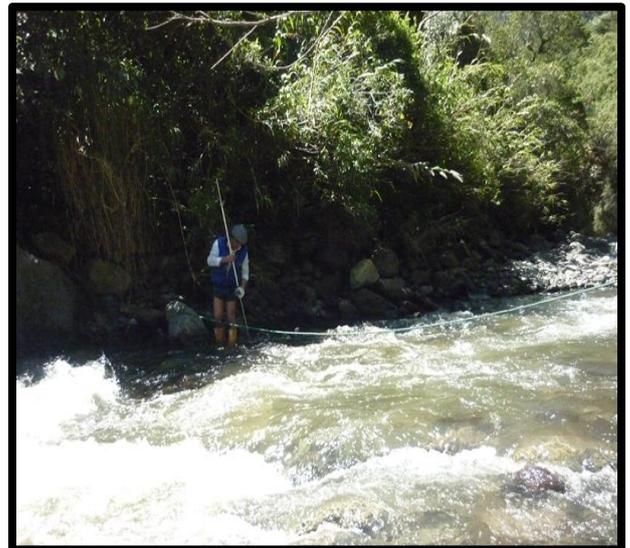
Colocación de la Cuerda al Otro lado



Primera Medición a 1.38 m



Segunda Medición a 1.87 m



Tercera Medición a 2.18 m

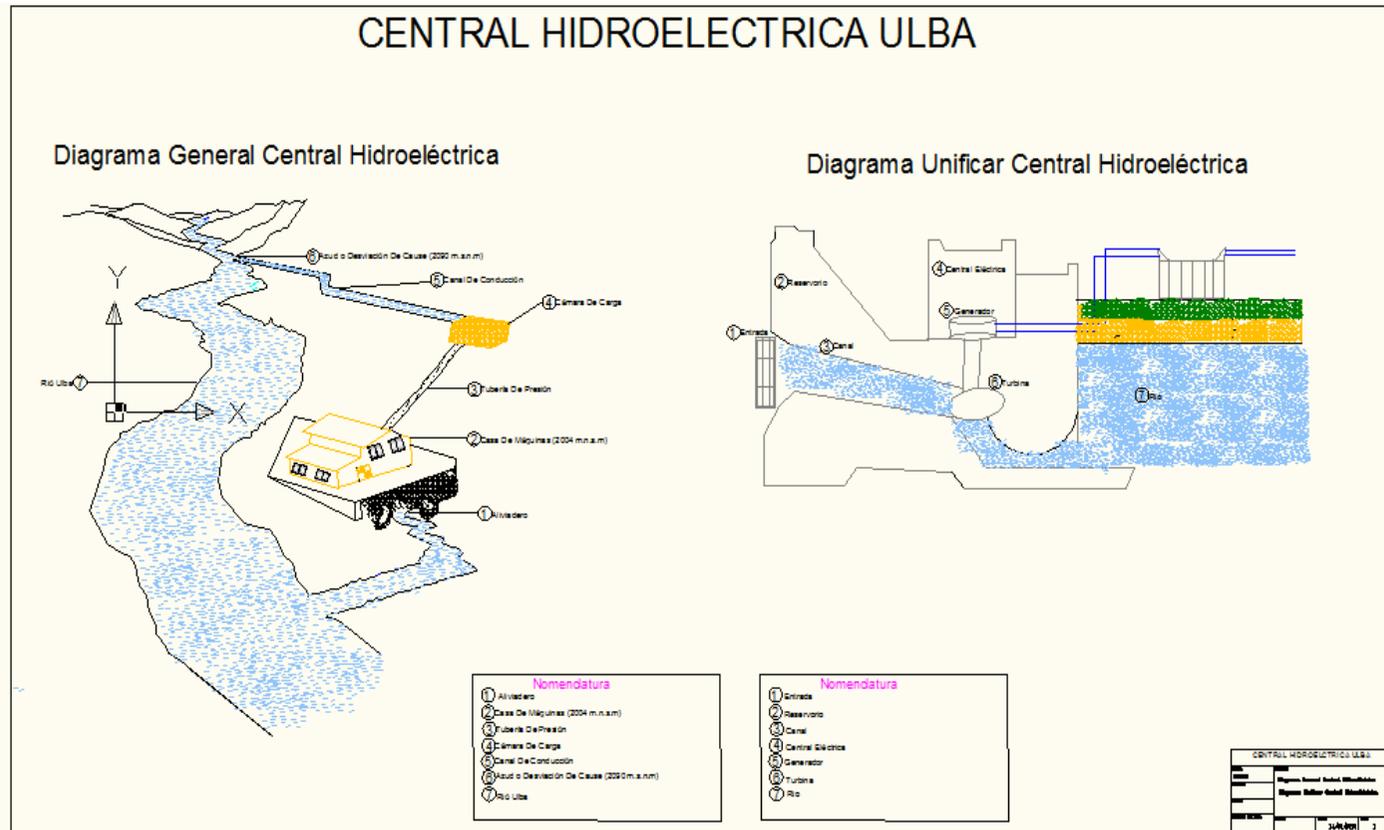


Tercera Medición a 1.4 m

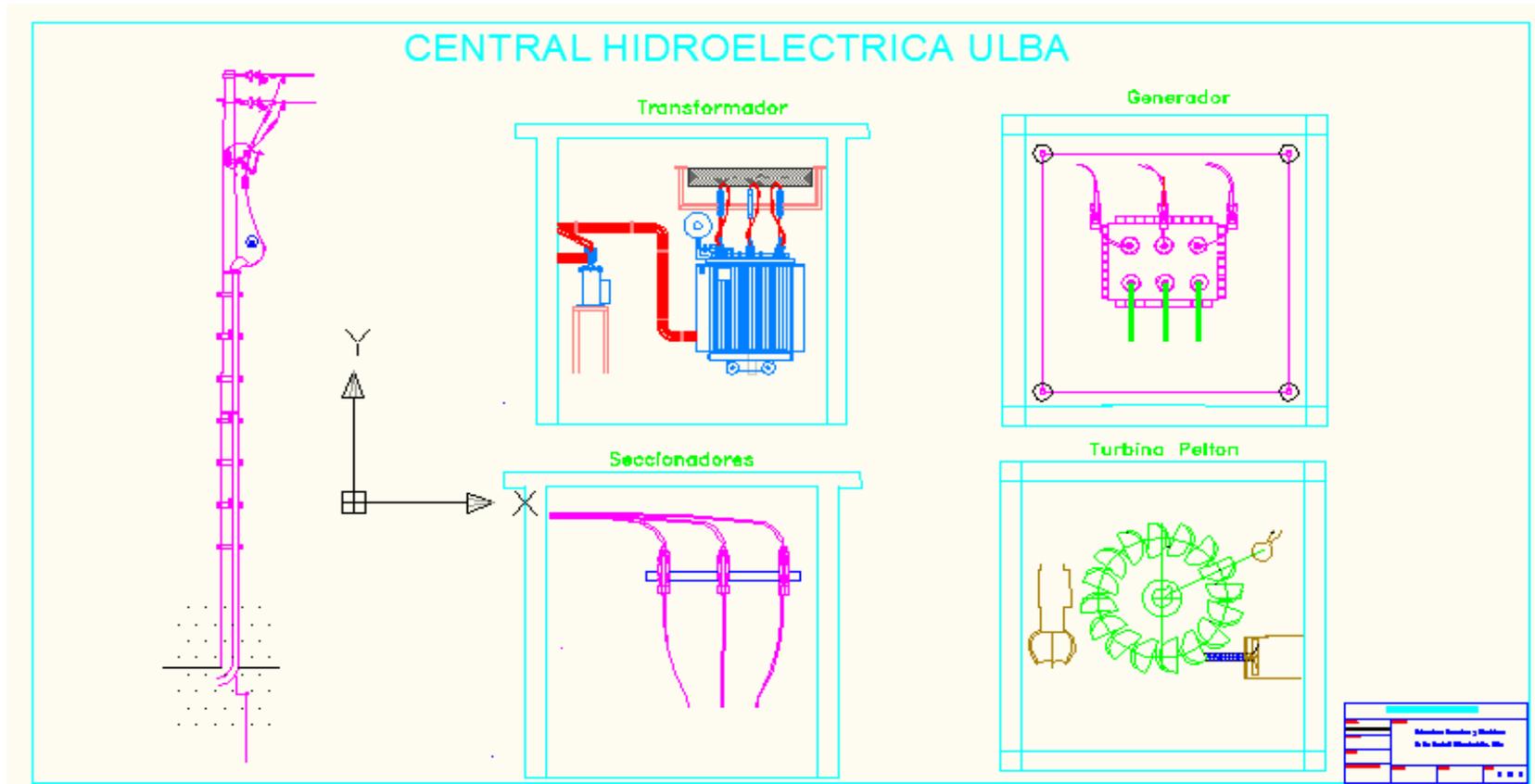


ANEXOS IV

Anexo 1 de 3 Esquema Centra Hidroeléctrica Ulba

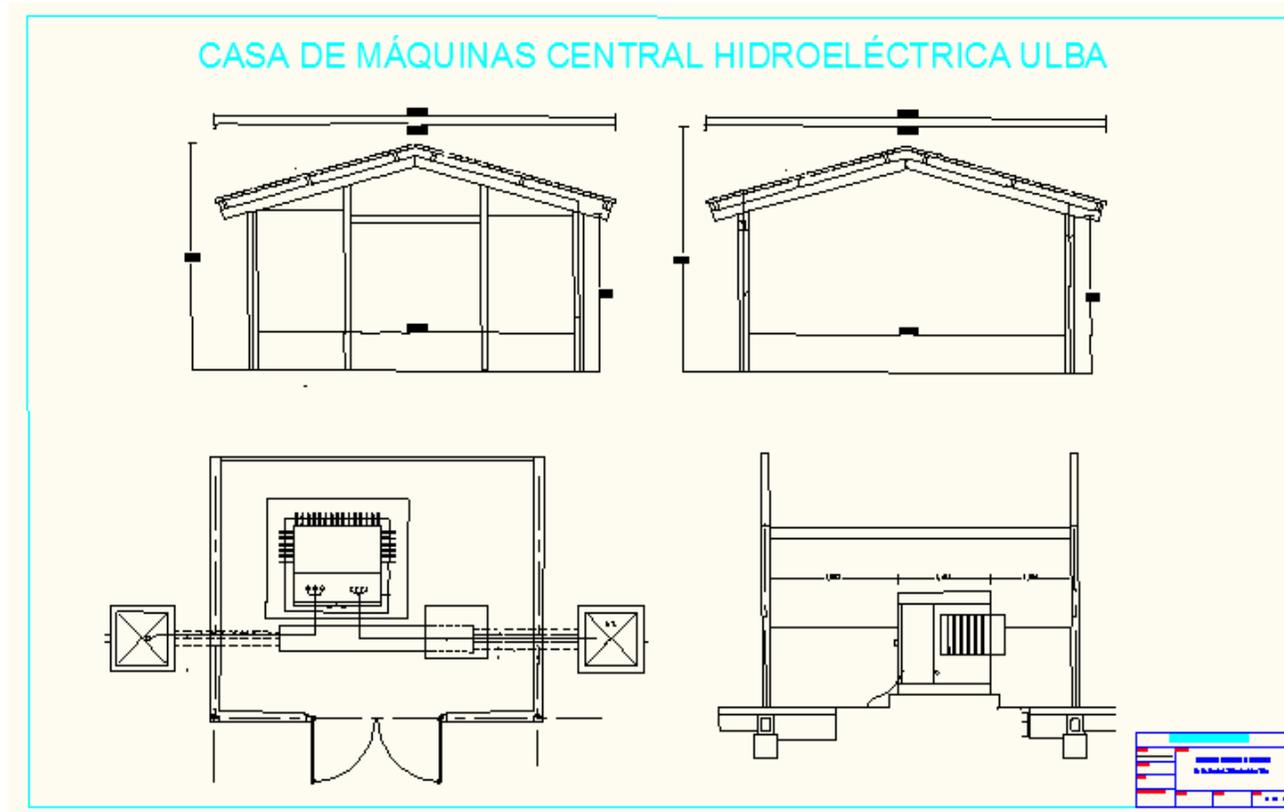


Anexo 2 de 2 Esquema Unifilar Centra Hidroeléctrica Ulba



Elaborado: Por los Postulantes

Anexo 3 de 3 Esquema Centra Hidroeléctrica Ulba



Elaborado: Por los Postulantes

