

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

TESIS DE GRADO

TEMA:

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PICO CENTRAL
HIDROELÉCTRICA EN LA HOSTERÍA “LOS LLANGANATES”
UBICADA EN EL SECTOR LAS CARMELITAS EN EL KILÓMETRO 65
DE LA CARRETERA SALCEDO - TENA PARA GENERAR ENERGÍA
ELÉCTRICA LIMPIA.**

Tesis presentada previa a la obtención del Título de Ingeniero Electromecánico.

Autores:

Alajo Alajo Diego Vinicio

Anchatuña Chuchico Eddy

DIRECTOR:

Ing. Efrén Barbosa MSc.

LATACUNGA - ECUADOR

2013

AUTORÍA

Los criterios emitidos en el presente trabajo de investigación: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PICO CENTRAL HIDROELÉCTRICA EN LA HOSTERÍA “LOS LLANGANATES” UBICADA EN EL SECTOR LAS CARMELITAS EN EL KILÓMETRO 65 DE LA CARRETERA SALCEDO - TENA PARA GENERAR ENERGÍA ELÉCTRICA LIMPIA, son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Los Autores

Alajo Alajo Diego Vinicio

Anchatuña Chuchico Eddy

AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS

En calidad de Director del Trabajo de Investigación sobre el tema:

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PICO CENTRAL HIDROELÉCTRICA EN LA HOSTERÍA “LOS LLANGANATES” UBICADA EN EL SECTOR LAS CARMELITAS EN EL KILÓMETRO 65 DE LA CARRETERA SALCEDO - TENA PARA GENERAR ENERGÍA ELÉCTRICA LIMPIA, de los autores: Alajo Alajo Diego Vinicio y Anchatuña Chuchico Eddy, postulantes de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requisitos metodológicos y aportes científicos – técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de la Unidad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas que la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, abril del 2013

El Director

Ing. Efrén Barbosa MSc.

0501420723

Firma:

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Técnica de Cotopaxi, autoridades, docentes y de manera especial al Ingeniero Efrén Barbosa, Tutor del proyecto de grado y distinguido maestro; quién, con su conocimiento profesional y significativo aporte supo guiarnos hacia el logro de nuestro objetivo, potencializando en todo momento, el desarrollo de la disciplina y la tenacidad para enfrentar los retos a nivel profesional y personal.

Diego Vinicio y Eddy

DEDICATORIA

A mi esposa, e hija y más familiares, que supieron pacientemente compartir nuestros sueños e ilusiones y que de manera permanente se sacrificaron para brindarnos su apoyo incondicional.

Diego Vinicio

A mis padres José Telmo y Carmelina quienes con sus consejos supieron mantener en mí el valor para la culminación del presente trabajo.

Para la persona quien con su alegría me acompaña en todo momento y sin condiciones, mi querida esposa Gabriela, por cuidar con firmeza el espíritu de la unión familiar, para lo más preciado mis hijas: Andrea con su valor juvenil y leal infunde fuerza de carácter, Alisson por tener siempre la paciencia para escuchar y saber comprender y Emilia con su sonrisa inocente trasmite fuerza para poder culminar y cumplir los objetivos deseados.

Eddy

RESUMEN

El presente trabajo investigativo teórico – práctico se lo ejecutó previo a la obtención del Título de Ingeniero Electromecánico en la Universidad Técnica de Cotopaxi, en la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, el cual está sustentado bajo los parámetros y reglamentaciones que la Universidad estipula para la elaboración de la Tesis final.

En esta tesis se ha enfocado la parte teórica la cual fundamenta científicamente el Diseño y Construcción de una Pico Central Hidroeléctrica en la Hostería “Los Llanganates” ubicada en el sector Las Carmelitas en el kilómetro 65 de la carretera Salcedo Tena, cuyo marco teórico en el primer capítulo, contiene los antecedentes, definiciones de Máquinas Eléctricas, su clasificación, las Centrales Hidroeléctricas, tipos, importancia, ventajas, potencia, eficiencia. Las turbinas, su descripción de los componentes. Micro turbinas, clasificación, diseños de construcción y características, generadores, tipos de generadores y características.

En el segundo capítulo se da a conocer la metodología utilizada para la elaboración del trabajo práctico, análisis e interpretación de resultados de las entrevistas realizadas al dueño de la Hostería “Los Llanganates” y los turistas que visitan la Hostería.

En el tercer capítulo se da un enfoque de los componentes del sistema, descripción de las obras civiles, entre los que constan los materiales, casa de máquinas, la ubicación de los elementos del sistema.

Se concreta en el diseño, construcción e implementación de la Pico Central Hidroeléctrica, el diseño hidráulico, la potencia hidráulica, potencia de frenado de la turbina, las velocidades, longitud del rodete, geometría del rodete, geometría de la carcasa, geometría de la tubería forzada, diseño y cálculos del rodete. También se da a conocer sobre la selección técnica del equipo, generador, en el mismo, se hace referencia a la instalación misma de la Pico Central, la implementación, canales de conducción, desarenadores, tanque de presión, tuberías de presión, casa de máquinas con sus diferentes componentes, además en este capítulo se realiza un análisis técnico económico, así como también se muestra el presupuesto para el proyecto, las conclusiones y recomendaciones, como parte final, se hace mención a la bibliografía y los anexos.

ABSTRACT

The work is theoretical and practical executed him before obtaining Electromechanical Engineering degree from the Technical University of Cotopaxi, in the Academic Unit of the University stipulates regulations for the elaboration of the final thesis.

The thesis has focused the theoretical part which scientifically based design and construction of a hydroelectric plant in Pico Hostal The "Llanganates" located in the Las Carmelites at kilometer 65 of the highway Salcedo -Tena, whose theoretical framework first chapter contains background information, definitions of electrical machines, classification, hydroelectric plants, types, advantages, power, efficiency, turbines, the description of the components. Micro turbines, classification, construction designs and features.

In Chapter two discloses the methodology used for the elaboration of practical work.

Chapter three is expressed in the design, construction and implementation of the Pico Hydroelectric, hydraulic design, fluid power, braking power turbine, speeds, length of impeller, impeller geometry, geometry of the housing, Geometry of the penstock, impeller design and calculation also deals with the study of the technical selection of equipment, generator, other generation systems, types and classification of generators, generator parts, focus on synchronous generators.

Similarly, referring to the same installation of Pico Central, implementation, raceways, grit chambers, pressure tank, penstocks, powerhouse with its various components.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	- 6 -
ABSTRAC.....	- 8 -
INTRODUCCIÓN.....	-15 -

CAPITULO I

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1 Antecedentes.....	- 17 -
1.2 Marco Teórico.....	- 19-
1.2.1 Máquina Hidráulica.....	-19-
1.2.1.1 Clasificación de las turbo máquinas Hidráulicas.....	-20-
1.2.2 Ventajas.....	-21-
1.2.3 Inconvenientes.....	-22-
1.2.4 Central Hidroeléctrica.....	-23-
1.2.4.1 Tipos de centrales Hidroeléctricas.....	-24-
1.2.4.2 Importancia de las pequeñas Centrales Hidroeléctricas.....	-25-
1.2.4.3 Capacidad de generación de las pequeñas Plantas Hidroeléctricas.....	-26-
1.2.5 Pico Centrales Hidroeléctricas.....	-26-
1.2.5.1 Ventajas del sistema Pico Central Hidroeléctrico.....	-28-
1.2.5.2 Potencia del sistema Pico Central Hidroeléctrico.....	-28-
1.2.5.3 Eficiencia del sistema Pico Central Hidroeléctrico.....	-29-
1.2.6 Turbinas Hidráulicas.....	-30-
1.2.6.1 Descripción de las Turbinas Hidráulicas.....	-30-
1.2.7 Turbina Pelton.....	-31-
1.2.7.1 Partes de una Turbina Pelton.....	-33-
1.2.7.2 Características de la Turbina Pelton.....	-33-
1.2.7.3 Ventajas y desventajas de la Turbina Pelton.....	-34-
1.2.7.4 Clasificación de las Micro Turbinas Pelton.....	-34-
1.2.7.5 Simbología de clasificación de las Turbinas Pelton.....	-36-

1.2.8 Turbina Turgo.....	-36-
1.2.9 Turbina Francis.....	-37-
1.2.10 Turbina Kaplan.....	-37-
1.2.11 Turbina Michell Banki.....	-38-
1.2.11.1 Principales partes de la Turbina Michel Banki.....	-38-
1.2.11.2 Diseño Hidráulico.....	-39-
1.2.11.3 Diseño Mecánico.....	-42-
1.2.11.4 Comprobación del espesor de la plancha del inyector.....	-48-
1.2.12 Generadores.....	-49-
1.2.12.1 Funcionamiento.....	-49-
1.2.12.2 Fuerza electromotriz de un generador.....	-50-
1.2.12.3 Partes de un generador síncrono.....	-52-
1.2.12.4 Estator.....	-52-
1.2.12.5 Rotor.....	-54-
1.2.12.6 Mantenimiento.....	-55-
1.2.12.7 Ventajas y desventajas.....	-55-
1.2.12.8 Cables de baja tensión.....	-55-
1.2.12.9 Conductores para instalación de interiores.....	-56-
1.2.12.10 Redes de transmisión.....	-57-
1.2.12.11 Cable autosoportado por elevadores.....	-57-

CAPITULO II

DISEÑO METODOLÓGICO

2.1 Tipo de Investigación.....	-62-
2.2 Metodología.....	-62-
2.3 Técnicas de Investigación.....	-63-
2.4 Factibilidad del Proyecto.....	-64-
2.5 Análisis e interpretación de resultados.....	-65-
2.6 Análisis técnico económico.....	-69-

CAPÍTULO III

DESCRIPCIÓN DE LA OBRA CIVIL

3.1 Componentes de un sistema Pico Central Hidroeléctrico.....	-71-
3.2 Descripción de obras civiles.....	-71-
3.3 Diseño, construcción e implementación de una Pico Central.....	-74-
3.3.1. Diseño Hidráulico.....	-74-
3.3.2 Potencia Hidráulica.....	-76-
3.3.3 Potencia neta estimada.....	-77-
3.3.4. Potencia al freno de la turbina	-77-
3.3.5. Velocidad específica.....	-78-
3.3.6 Número óptimo de revoluciones	-79-
3.3.7 Diagrama de velocidades.....	-80-
3.3.8 Velocidad relativa.....	-84-
3.3.9 Longitud del rodete.....	-87-
3.3.10 Geometría del inyector con alabe directriz.....	-89-
3.3.11 Geometría del rodete.....	-91-
3.3.12 Diámetro interno del rodete.....	-92-
3.3.13 Radio de curvatura de los alabes.....	-92-
3.3.14 Angulo de curvatura del alabe.....	-93-
3.4 Geometría de la carcasa.....	-93-
3.5 Diseño de la tubería forzada.....	-95-
3.5.1 Selección de la tubería.....	-95-
3.5.2 Determinación del diámetro interior de la tubería de presión.....	-96-
3.6 Diseño y calculo mecánico del rodete.....	-98-
3.6.1 Numero de alabes del rotor.....	-98-
3.7 Selección técnica del equipo eléctrico.....	-104-
3.7.1 Selección técnica del generador.....	- 104-
3.7.2 Material eléctrico.....	- 104-
3.7.3 Instalación de la Pico central hidroeléctrica.....	-105-
3.7.4 Implementación.....	-105-

3.7.5 Bocatoma.....	-106-
3.7.6 Canal de conducción.....	-106-
3.7.7 Desarenador.....	-107-
3.7.8 Tanque de presión.....	-108-
3.7.9 Tubería de presión.....	-109-
3.7.10 Casa de máquinas.....	-110-
3.7.11 Cimientos.....	-111-
3.7.12 Pisos.....	-112-
3.7.13 Paredes.....	-112-
3.7.14 Canal de desfogue.....	-113-
3.7.15 Cimientos de la turbina.....	-113-
3.7.16 Sistema de acoplamiento.....	-114-
3.7.17 Mantenimiento.....	-115-
3.7.18 Financieros.....	-116-
Conclusiones y recomendaciones.....	-118-
Conclusiones.....	-118-
Recomendaciones.....	-119-
Bibliografía.....	-121-
Anexos.....	-123-

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1.1 Turbina Pelton.....	-32-
Figura 1.2 Turbina Pelton eje vertical.....	-34-
Figura 1.3 Turbina Pelton eje horizontal.....	-35-
Figura 1.4 Elementos principales de una turbina Michell Banki.....	-39-
Figura 1.5 Sección transversal de un alabe del rotor.....	-40-
Figura 1.6 Dimensiones, características del inyector y rotor.....	-41-
Figura 1.7 Ángulos de la velocidad absoluta a la entrada y salida del alabe...	-43-
Figura 1.8 Composición de fuerzas sobre el alabe.....	-44-

Figura 1.9 Diagrama de fuerzas sobre el eje del rotor.....	-46-
Figura 1.10 Esquema de transformación de energía en un generador.....	-49-
Figura 1.11 Funcionamiento del generador.....	-49-
Figura 1.12 Partes del generador.....	-52-
Figura 1.13 Conexión en estrella.....	-54-
Figura 1.14 Conexión en delta.....	-54-
Figura 1.15 Cables de baja tensión.....	-56-
Figura 1.16 cables de instalaciones de interiores.....	-56-
Figura 1.17 cable 3x8+3x16 AWG 06/1KV.....	-59-

CAPÍTULO III

Figura 3.1 Componentes de un sistema Pico Central.....	-71-
Figura 3.2 Clasificación de las turbinas en función del salto.....	-75-
Figura 3.3 Eficiencia de la turbina Michell Banki.....	-76-
Figura 3.4 Triangulo de velocidades de la turbina Michell Banki.....	-83-
Figura 3.5 Diámetro del inyector... ..	-88-
Figura 3.6 Dimensión de alabe o longitud de rodete.....	-89-
Figura 3.7 Esquema de perfil de inyector y del alabe directriz.....	-90-
Figura 3.8 Angulo del inyector.....	-91-
Figura 3.9 Arco de trabajo de un rodete Michell Banki.....	-95-
Figura 3.10 Presión a diferente altura.....	-96-
Figura 3.11 Identificación de la tubería en sitú.....	-97-
Figura 3.12 Segmento circular del alabe.....	-99-
Figura 3.13 Generador.....	-101-
Figura 3.14 Cable 3x8.....	-105-
Figura 3.15 Caja de distribución.....	-105-
Figura 3.16 Caja térmica.....	-105-
Figura 3.17 Canaletas.....	-105-
Figura 3.18 Instalación de la bocatoma.....	-106-
Figura 3.19 Canal de conducción.....	-107-
Figura 3.20 Desarenador.....	-107-

Figura 3.21 Tanque de presión.....	-108-
Figura 3.22 Tubería de presión.....	-110-
Figura 3.23 Casa de máquinas.....	-111-
Figura 3.24 Cimientos.....	-111-
Figura 3.25 Piso.....	-112-
Figura 3.26 Paredes.....	- 112-
Figura 3.27 Canal de desfogue.....	-113-
Figura 3.28 Cimentación de la turbina.....	-114-
Figura 3.29 Sistema de acoplamiento.....	-114-

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO I

Tabla 1.1 Selección del diámetro del rotor.....	-39-
Tabla 1.2 Selección del número de alabes del rotor.....	-40-
Tabla 1.3 Selección del espesor de los alabes del rotor.....	-41-
Tabla 1.4 Ángulos característicos del alabe.....	-43-
Tabla 1.5 Angulo entre la fuerza hidráulica sobre el alabe y el eje x.....	-44-
Tabla 1.6 Factor de corrección del esfuerzo máximo en el alabe.....	-45-

CAPÍTULO I I I

Tabla 3.1 Selección del tipo de turbina.....	-80-
Tabla 3.2 Esquema del perfil del inyector a alabe directriz.....	-90-
Tabla 3.3 Selección de alabes para rodete.....	-98-

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 práctico, 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 la inmensa cantidad del líquido vital que existe en nuestro país privilegiado.

En la mayor parte de países en donde la topografía del terreno lo permite, la forma más común de generación es hidroeléctrica, en donde se construyen gigantescos complejos de generación, que no solamente maravillan por su ingeniería sino que producen la energía necesaria para iluminar a la mayor parte de ciudades del mundo.

Esta forma de generación no siempre tiene la aceptación de las comunidades que en sus alrededores se afincan, caso concreto de las poblaciones del sector Oriental de nuestro país que se oponen porque estas modifican los nichos ecológicos y modifican la naturaleza, pero ello no ha impedido que sea una de las fuentes de generación que corresponde a un 50% de la generación para las necesidades energéticas de nuestra Patria.

Las entidades estatales encargadas de la generación y distribución de la energía eléctrica del Ecuador, hacen todo lo posible por dotar de la energía eléctrica a todos los sectores de nuestra población, sean estos urbanas, rurales, Amazónicas o Galápagos.

Por lo que de acuerdo a su ubicación se han tomado algunas alternativas de generación, en donde no es posible disponer de las centrales hidráulicas. Caso particular de Galápagos en donde se han instalado centrales de generación eólica las cuales hasta el momento se encuentran en prueba hasta conseguir los resultados acorde a su inversión.

En los sectores rurales, como lo es el caso de nuestro trabajo, aprovechando las bondades hidrográficas del sector y de las características de las mini-centrales, emprendemos este proyecto para generar energía eléctrica suficiente que necesita la Hostería “Los Llanganates”, 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.

CAPÍTULO I

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1 Antecedentes.-

La Generación energética del país es estratégica y en los últimos años ha dependido en gran parte de la generación termoeléctrica, que constituye una falencia para el sector energético, el mismo que ha a través del estado invierte en la construcción de centrales de generación hidráulica, como una de las alternativas para cubrir el déficit energético de nuestro país, e inclusive ha sido necesario tener que importar energía eléctrica de nuestros vecinos como son Colombia y Perú.

La ciencia y la tecnología juega un papel fundamental en el avance de los pueblos y los futuros profesionales de la rama eléctrica debemos aportar con investigaciones que beneficien a nuestro país exclusivamente en el sector energético.

En la Escuela Politécnica del Ejército, Carrera de Ingeniería Electromecánica, se encuentra la tesis de tema: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PICO CENTRAL HIDROELÉCTRICA UTILIZANDO UNA TURBINA MICHELL BANKI PARA LA GENERACIÓN ELÉCTRICA EN EL SECTOR DE LAS CARMELITAS DEL CANTÓN TENA; de los estudiantes, Freddy Javier Landa Quimbita y Luis Alberto Llanganate Quinatoa, de febrero 2009; que entre sus conclusiones establecen que:

“La realización de cursos internacionales ha permitido que la tecnología se replique más fácilmente en otras zonas del país. Los avances técnicos más importantes y ello ha despertado el interés de diversos actores en seguir desarrollando investigación para poder hacer más eficiente el sistema y reducir los costos”.

Añaden que: “Las limitaciones técnicas existentes en las zonas rurales, son generalmente un determinante para la elección de la localización de una Pico central hidroeléctrica. Por lo general, el bajo nivel educativo limita el aprendizaje en materia de operación y mantenimiento del sistema. Por ello, es elemental realizar todo un proceso de capacitación integral con las personas que se encargarán de dichas labores”.

“Por lo tanto se deduce que la tecnología puede ser utilizada, a bajo costo para cubrir el servicio eléctrico necesario para una comunidad pequeña, convirtiéndose en una herramienta que se puede adaptar al entorno natural, siempre y cuando se cuente con el elemento fundamental, el agua y una cota que pueda abastecer y permitir generar electricidad”.

En la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Escuela de Ingeniería Mecánica se halla la tesis de tema: “Elaboración e implementación de un software para el diseño de turbinas Michell Banki de hasta 1 Mw.”, del Tesista Ordóñez Ortiz Jefferson Rodrigo previa a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, año 2010; que entre sus conclusiones establece lo siguiente:

“Debido a la magnitud de cabeza y caudal donde económicamente es utilizable, menos de 200 metros de caída, esta turbina resulta poco afectada por fenómenos como cavitación y erosión por arena; esto permite su construcción con materiales de uso común”.

“Para potencias menores a 1000 kW, la turbina Banki suele sustituir la turbina Francis allí donde ésta ha sido tradicionalmente utilizada, debido a la simplicidad constructiva y por ende de menor costo”.

“En el caso de la turbina Michell Banki su eficiencia puede alcanzar el 82% cuando se obtienen buenos acabados en su fabricación”.

“El análisis de costo de la turbina Michell Banki corresponde a un valor aproximado realizado con remuneraciones laborables en Ecuador buscando la finalidad de tener una estimación acerca de su costo y que sirva como referencia al momento de su adquisición”.

Estos antecedentes investigativos coligen en la factibilidad para que el presente estudio, diseño y construcción de la Pico central hidroeléctrica que va ser ejecutado por los postulantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi sea una solución para que los habitantes de el sector las Carmelitas ubicado en el kilometro 65 de la carretera Salcedo Tena cuenten con la generación eléctrica y la comunidad que allí habita tenga un servicio básico tan necesario.

1.2MARCO TEÓRICO

1.2.1 Máquina Hidráulica.

Conceptualización: “Una máquina es un transformador de energía”. Se denomina energía hidráulica o energía hídrica aquella que se obtiene del aprovechamiento de las energías cinética y potencial de la corriente del agua, saltos de agua o mareas.

Es un tipo de energía verde cuando su impacto ambiental es mínimo y usa la fuerza hídrica sin represarla, caso contrario es considerada sólo una forma de energía renovable. ([http://www.wikipedia.org/wiki/Energía hidráulica](http://www.wikipedia.org/wiki/Energía_hidráulica))

La máquina hidráulica es un dispositivo cuya función es convertir energía hidráulica en energía mecánica; pueden ser motrices (turbinas), o generatrices (bombas), modificando la energía total de la vena fluida que las atraviesa. Esta se produce cuando, el agua intercambia energía con un dispositivo mecánico de revolución que gira alrededor de su eje de simetría; éste mecanismo lleva una o varias ruedas, (rodetes o rotores), provistas de álabes, de forma que entre ellos existen unos espacios libres o canales, por los que circula el agua.

Por lo tanto la máquina hidráulica permite una transferencia energética, entre un fluido y un rotor.

Generalmente producen energía renovable, la misma que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, ya sea por la inmensa cantidad de energía que contienen, o porque son capaces de regenerarse por medios naturales. Entre las energías renovables se cuentan la hidroeléctrica, eólica, solar, geotérmica, mareomotriz, la biomasa y los biocombustibles.

Se puede transformar energía a muy diferentes escalas, existen desde hace siglos pequeñas explotaciones en las que la corriente de un río mueve un rotor de palas y genera un movimiento aplicado, por ejemplo, en molinos rurales.

Sin embargo, la utilización más significativa la constituyen las centrales hidroeléctricas de represas, aunque estas últimas no son consideradas formas de energía verde por el alto impacto ambiental que producen.

1.2.1.1 Clasificación de las turbo máquinas hidráulicas:

Una primera clasificación de las turbo máquinas hidráulicas, (de fluido incompresible), se puede hacer con arreglo a la función que desempeñan, en la forma siguiente:

- a) **Turbo máquinas motrices**, que recogen la energía cedida por el fluido que las atraviesa, y la transforman en mecánica, pudiendo ser de dos tipos: dinámicas o cinéticas, turbinas y ruedas hidráulicas estáticas o de presión, celulares (paletas), de engranajes, helicoidales, etc.
- b) **Turbo máquinas generatrices**, que aumentan la energía del fluido que las atraviesa bajo forma potencial, (aumento de presión), o cinética; la energía mecánica que consumen es suministrada por un motor, pudiendo ser:
- c) **Bombas de álabes**, entre las que se encuentran las bombas centrífugas y axiales hélices marinas, cuyo principio es diferente a las anteriores; proporcionan un empuje sobre la carena de un buque.
- d) **Turbo máquinas reversibles**, tanto generatrices como motrices, que ejecutan una serie de funciones que quedan aseguradas, mediante un rotor específico.

Siendo las más importantes: grupos turbina-bomba, utilizados en centrales eléctricas de acumulación por bombeo, grupos Bulbo, utilizados en la explotación de pequeños saltos y centrales mareomotrices.

- e) **Grupos de transmisión o acoplamiento**, que son una combinación de máquinas motrices y generatrices, es decir, un acoplamiento (bomba-turbina), alimentadas en circuito cerrado por un fluido, en general aceite; a este grupo pertenecen los cambiadores de par.

(http://www.sitenordeste.com/mecanica/maquina_hidraulica.htm)

Esto establece que la selección de máquinas para la producción de energía eléctrica esta en función del aspecto técnico y de las características que más se ajusten al entorno, el costo, la logística y necesidad.

1.2.2 Ventajas:

Entre las ventajas de su utilización es que se trata de una energía renovable y limpia de alto rendimiento energético. Disminuye el elevado costo de combustible, como la gasolina, el carbón o el gas natural. Además, no hay necesidad de importar combustibles de otros países y por lo tanto reduce costos, abaratando la producción del kw/hora.

Las plantas hidráulicas también tienden a tener vidas económicas más largas que las plantas eléctricas que utilizan combustibles. Hay plantas hidráulicas que siguen operando después de 50 a 100 años. Los costos de operación son bajos debido a que es un tipo de energía renovable y limpia.

La hidráulica menos agresiva es la Pico Central Hidroeléctrica ya que las grandes presas provocan pérdida de biodiversidad, generan metano por la materia vegetal no retirada, provocan pandemias como fiebre amarilla, dengue, en particular en los climas templados y climas cálidos.

Además, la producción de energía de este tipo:

- Es limpia, pues no contamina ni el aire ni el agua.

- Los precios de mantenimiento y explotación son bajos.
- La turbina hidráulica es una máquina sencilla, eficiente y segura, que puede ponerse en marcha y detenerse con rapidez, requiere poca vigilancia.
- No requieren combustible, sino que usan una forma renovable de energía, constantemente repuesta por la naturaleza de manera gratuita.
- A menudo puede combinarse con otros beneficios, como riego, protección contra las inundaciones, suministro de agua, caminos, navegación y aún ornamentación del terreno y turismo.
- Las obras de ingeniería necesarias para aprovechar la energía hidráulica tienen una duración considerable. (WordPress.com. Tema: Digg 3 Column por WP Designer).

1.2.3 Inconvenientes:

Pueden ser varios:

- La construcción de grandes embalses pueden inundar importantes extensiones de terreno, obviamente en función de la topografía del terreno aguas arriba de la presa, lo que podría significar pérdida de tierras fértiles, dependiendo del lugar donde se construyan.
- En el pasado se han construido embalses que han inundado pueblos enteros.
- Con el crecimiento de la conciencia ambiental, estos hechos son actualmente menos frecuentes, pero aún persisten.
- Destrucción de la naturaleza. Presas y embalses puede ser perjudicial a los ecosistemas acuáticos. Por ejemplo, estudios han mostrado que las presas en las costas de Norteamérica han reducido las poblaciones de trucha septentrional común que necesitan migrar a ciertos locales para reproducirse.

- Hay bastantes estudios buscando soluciones a este tipo de problema. Un ejemplo es la invención de un tipo de escalera para los peces;
- Cambia los ecosistemas en el río aguas abajo. El agua que sale de las turbinas prácticamente no tiene sedimento. Esto puede afectar en la erosión de los márgenes de los ríos.
- Cuando las turbinas se abren y cierran repetidas veces, el caudal del río se puede modificar drásticamente causando una dramática alteración en los ecosistemas.

1.2.4 Central Hidroeléctrica.

En una central hidroeléctrica se utiliza energía hidráulica para la generación de energía eléctrica. Su evolución está fundamentada en el principio de la utilización de los antiguos molinos que aprovechaban la corriente de los ríos para mover una rueda.

La principal función de estas centrales es aprovechar la energía potencial gravitatoria que posee la masa de agua de un cauce natural en virtud de un desnivel, también conocido como salto geodésico.

El agua en su caída entre dos niveles del cauce se hace pasar por una turbina hidráulica la cual transmite la energía a un generador donde se transforma en energía eléctrica.

Por lo que, una central hidroeléctrica, en definitiva, es una instalación diseñada para aprovechar la energía que se genera mediante el movimiento del agua y transformarla en energía eléctrica.

Esto se logra construyendo represas o diques con saltos de agua, por lo general modificando algún curso de agua existente. Es habitual que, con la construcción de una central hidroeléctrica, se inunden terrenos enormes y se alteren los ecosistemas acuáticos.

1.2.4.1 Tipos de centrales hidroeléctricas:

Según Wikipedia, las centrales hidroeléctricas son de tipo:

a) Según su concepción arquitectónica:

- Centrales al aire libre, al pie de la presa, o relativamente alejadas de esta. Están conectadas por medio de una tubería en presión.
- Centrales en caverna, generalmente conectadas al embalse por medio de túneles, tuberías en presión, o por la combinación de ambas.

b) Según su régimen de flujo:

- **Centrales de agua fluyente:** También denominadas centrales de filo de agua o de pasada, utilizan parte del flujo de un río para generar energía eléctrica.

Operan en forma continua porque no tienen capacidad para almacenar agua, no disponen de embalse.

Turbinan el agua disponible en el momento, limitadamente a la capacidad instalada. En estos casos las turbinas pueden ser de eje vertical, cuando el río tiene una pendiente fuerte u horizontal cuando la pendiente del río es baja.

- **Centrales de embalse:** Es el tipo más frecuente de central hidroeléctrica. Utilizan un embalse para reservar agua e ir graduando el agua que pasa por la turbina. Es posible generar energía durante todo el año si se dispone de reservas suficientes. Requieren una inversión mayor.
- **Centrales de regulación.** Almacenamiento del agua que fluye del río capaz de cubrir horas de consumo.
- **Centrales de bombeo o reversibles:** Es una central hidroeléctrica que además de poder transformar la energía potencial del agua en electricidad, tiene la capacidad de hacerlo a la inversa, es decir, aumentar la energía

potencial del agua (por ejemplo subiéndola a un embalse) consumiendo para ello energía eléctrica.

Estableciéndose de esta manera que las centrales se utilizan como un método de almacenamiento de energía (una especie de batería gigante). Están concebidas para satisfacer la demanda energética en horas pico y almacenar energía en horas valle. Aunque lo habitual es que estas centrales turbinen/bombeen el agua entre dos embalses a distinta altura, existe un caso particular llamado centrales de bombeo puro donde el embalse superior se sustituye por un gran depósito cuya única aportación de agua es la que se bombea del embalse inferior.

c) **Según su altura de caída del agua:**

- **Centrales de alta presión:** Que corresponden a alturas considerables y que son las centrales de más de 200 metros de caída del agua, por lo que se debía utilizar turbinas Pelton.
- **Centrales de media presión:** Son las centrales con caída de agua de 20 a 200 metros, siendo dominante el uso de turbinas Francis, aunque también se puedan usar Kaplan.
- **Centrales de baja presión:** Que corresponden a bajas alturas, son centrales con desniveles de agua de menos de 20 m, siendo usadas las turbinas Kaplan.
- **Centrales de muy baja presión:** Son centrales correspondientes con nuevas tecnologías, pues llega un momento en el cuál las turbinas Kaplan no son aptas para tan poco desnivel, suelen situarse por debajo de los 4 metros.
(http://es.wikipedia.org/wiki/Central_hidroel%C3%A9ctrica)

1.2.4.2 Importancia de las pequeñas centrales hidroeléctricas.

En la actualidad tienen importancia la explotación de pequeñas centrales hidroeléctricas, pico, micro y mini hidroeléctricas, como alternativa de generación de energía eléctrica en las zonas rurales donde no llega una red de suministro de

energía eléctrica, además del posible beneficio económico a su gran valor social y ecológico.

No se descarta incluso, su conexión a sistemas mayores, cuando sea posible y favorable económicamente, como es el caso de las centrales a pie de presa para el aprovechamiento de las aguas de riego agrícola o empleadas en otro uso.

En estas áreas rurales con pobladores alejados de las redes de distribución, con requerimientos energéticos insatisfechos, constituyen el ámbito principal donde la hidrogenación de energía a pequeña escala encuentra su aplicación potencial, en tanto se cuente con recursos hídricos locales suficientes. Los requerimientos de electricidad son básicamente domésticos y en menor escala productivos. Los usos domésticos atienden iluminación, comunicación (radio, TV), conservación de alimentos y calentamiento de agua. Las aplicaciones productivas están centradas al bombeo de agua para riego, accionamiento de motores y maquinarias en general.

1.2.4.3 Capacidad de generación de las pequeñas plantas hidroeléctricas.

Un criterio utilizado para agrupar pequeños proyectos hidroeléctricos es el de la potencia de generación.

- Pico-Centrales Hidroeléctricas: hasta 5 kW
- Micro-Centrales Hidroeléctricas: de 5 a 100 kW
- Mini-Centrales Hidroeléctricas: de 100 a 1000 KW
- Grandes Centrales Hidroeléctricas: Su potencia supera los 5000 KW

1.2.5 PICO CENTRALES HIDROELÉCTRICAS.-

El sistema Pico-hidro se refiere a instalaciones hidroeléctricas con niveles de generación eléctrica menores de 5 KW. Sistemas hidroeléctricos de este tamaño gozan de ventajas en términos de costos y simplicidad, comparados con sistemas

hidroeléctricos de mayores capacidades, debido a distintos procedimientos que se aplican en los pasos de diseño, planificación e instalación de los Pico-sistemas.

Recientes innovaciones en la tecnología Pico hidro han hecho que se convierta en una tecnología energética económicamente viable aún en partes del mundo muy pobres e inaccesibles”. (PHILLIP Maher, Smith Nigel (2001) Manual de Potencia para aldeas. Documento en PDF).

Por lo tanto, una Pico Central es una fuente de potencia versátil. Puede generar electricidad CA (corriente alterna) permitiendo el funcionamiento de equipos eléctricos estándar, y la distribución de la electricidad a toda una localidad.

Ejemplos comunes de los aparatos que funcionan en sistemas Pico-hidro son: lámparas para iluminación, radios, televisores, refrigeradoras, y equipos de procesamiento de alimentos.

Con algunos diseños Pico hidro es posible también sacar fuerza mecánica directamente del eje de la turbina, permitiendo el funcionamiento de maquinarias tales como herramientas para talleres, molinos de granos, y otros equipos de procesamiento de los productos agrícolas locales.

Para un sistema Pico-hidro se requieren caudales pequeños, por lo cual existen numerosas fuentes aprovechables de agua. Muchas veces un manantial o un arroyo pequeño proveen suficiente agua para la instalación Pico-hidro. La maquinaria de un sistema Pico-hidro es pequeña y compacta. Los componentes pueden ser fácilmente transportados a sitios remotos y de difícil acceso. Es posible la fabricación local de los equipos”. (PHILLIP Maher, Smith Nigel (2001) Manual de Potencia para aldeas. Documento en PDF).

Por esta razón, los principios de diseño y procesos de fabricación son fáciles de aprender. Eso ayuda para que ciertos de los costos de los equipos estén acordes con los niveles salariales de la mano de obra local. La cantidad de viviendas que se conectan a cada sistema Pico-hidro es pequeña, típicamente menor de 100 viviendas.

Las instalaciones del sistema Pico-hidro cuidadosamente diseñadas tienen costos por kilovatio menores que instalaciones fotovoltaicas solares o de viento.

Sistemas de generación diesel, aunque tengan un costo inicial menor, resultan más caros sobre su vida útil debido al alto valor del combustible.

1.2.5.1 Ventajas del sistema pico-central hidroeléctrica.

- Para Pico-Centrales se requieren caudales pequeños, por lo cual existen numerosas fuentes aprovechables de agua, muchas veces un manantial o un arroyo pequeño proveen suficiente agua para la instalación de una Pico-Central hidroeléctrica.
- La maquinaria de una Pico-Central es pequeña y compacta. Los componentes pueden ser fácilmente transportados a sitios remotos y de difícil acceso.
- Es posible la fabricación local de los equipos. Los principios de diseño y procesos de fabricación son fáciles de aprender.
- Este tipo de instalaciones cuidadosamente diseñadas tienen costos por kilovatio menores que el de las instalaciones fotovoltaicas, sistemas electrógenos o de viento.

1.2.5.2 Potencia del sistema pico-centrales hidroeléctricas.

Según MARTÍNEZ, Alberto (2009): “La potencia del Sistema Pico-Centrales hidroeléctricas se mide en Watios (W) o kilovatios (KW). 1000 W equivalen a 1 kW. Las instalaciones de potencia del sistema Pico-Hidro producen potencias eléctricas máximas de 5 KW”.

Por eso, cuando se habla de un proyecto hidroeléctrico es importante distinguir entre los tres tipos de potencia, visto que cada tipo de potencia tendrá un valor distinto.

La potencia del agua (potencia hidráulica) siempre será mayor que la potencia mecánica y que la potencia eléctrica. Eso se debe al hecho que, al convertirse la potencia de una forma en otra, una parte de la potencia se pierde en cada etapa de la transformación.

La mayor pérdida usualmente ocurre en la conversión de la potencia hidráulica en potencia mecánica, cuando el chorro de agua impacta en el rodete de la turbina.

Para **PHILLIP** Maher, Smith Nigel (2001):

En una instalación bien diseñada y construida, aproximadamente un tercio (30%) de la potencia del chorro de agua se perderá en esta transformación. Las pérdidas pueden ser aún mucho mayores en instalaciones mal hechas.

20% a 30% adicionales se perderán en el generador en la transformación de la potencia mecánica en electricidad. Algo de potencia también se pierde en la tubería forzada.

El agua en contacto con las paredes internas de la tubería se hace lenta y pierde fuerza debido al efecto de la fricción. Esta pérdida de potencia se expresa en metros de pérdida de desnivel. Su valor típicamente es de entre 20% a 30% del desnivel total. Antes de tomar en cuenta estas pérdidas en la tubería, a la caída o el desnivel se le refiere como el desnivel bruto, después de restar las pérdidas se le llama desnivel neto.

1.2.5.3 Eficiencia del sistema pico-central hidroeléctrico.

La eficiencia del Sistema Pico - Central Hidroeléctrico es la palabra que se utiliza para expresar qué tan buena o mala es la conversión de la potencia de un tipo a otro.

Para **ESHA** (2006): Una turbina que tiene una eficiencia del 70% convertirá 70% de la potencia hidráulica en potencia mecánica (los restantes 30% se pierden).

La eficiencia del sistema resulta de la combinación de las eficiencias de todos los procesos en conjunto. La eficiencia del sistema para la generación de electricidad utilizando tecnología Pico hidro típicamente es de entre 40% a 50%”.

Estableciéndose de ello que de acuerdo al factor conversión es un elemento importante a considerar en el diseño y construcción de una pico central hidroeléctrica, la misma que será eficiente en la medida que denote un equilibrio entre los puntos de equilibrio: altos y bajos.

1.2.6 TURBINAS HIDRÁULICAS.-

La turbina hidráulica es un motor rotativo que convierte en energía mecánica, la energía de una corriente de agua. El elemento básico de la turbina es la rueda, rotor o rodete, que cuenta con palas, hélices, cuchillas o cubos colocados alrededor de su circunferencia, de tal forma que el fluido en movimiento produce una fuerza tangencial, que impulsa la rueda y la hace girar. Esta energía mecánica se transfiere a través de un eje, para proporcionar el movimiento de una máquina, un generador eléctrico o una hélice.

También son llamadas primotores o motores primarios. (http://www.ecured.cu/index.php?title=Turbina_de_vapor&oldid=1361425)

1.2.6.1 Descripción de las turbinas hidráulicas.

Las turbinas hidráulicas se clasifican en dos grandes grupos, turbinas de acción y turbinas de reacción. Las turbinas de acción son aquellas en las cuales el agua impacta 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.

En las turbinas de reacción el agua llega a los alabes 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.

En la actualidad, las turbinas que dominan el campo en las centrales hidroeléctricas son:

- Pelton (de acción)
- Francis (de reacción)
- Hélice y Kaplan (de reacción)
- Bulbo (de reacción)

El rendimiento de todas ellas supera el 90%. Podemos comparar sus rendimientos en función con el porcentaje del caudal nominal para las que fueron diseñadas.

Los elementos constitutivos de una turbina son:

- Canal de llegada (lámina libre) o tubería forzada (flujo a presión).
- Caja Espiral: transforma presión en velocidad.
- Distribuidor.
- Rodete.
- Tubo de aspiración.

1.2.7 TURBINA PELTON.-

Es el modelo más antiguo de turbinas y una de los más utilizadas en el mundo, esta máquina funciona por el impacto del chorro de agua sobre los alabes (o cucharas).

Fig. 1.1: Fotografía de la turbina Pelton



Fuente: Central Hidroeléctrica “ILLUCHE 2”

La turbina PELTON debe su nombre al ingeniero norteamericano Lester Allen Pelton (1829-1908 (<http://ocw.ehu.es/enseñanzas-tecnicas/maquinas-de-fluidos/tema-6-turbinas-pelton>.)

Las turbinas Pelton, como turbinas de acción o impulso, están constituidas por la tubería forzada, el distribuidor y el rodete, ya que carecen tanto de caja espiral como de tubo de aspiración o descarga.

Dado que son turbinas diseñadas para operar a altos valores de H , la tubería forzada suele ser bastante larga, por lo que se debe diseñar con suficiente diámetro como para que no se produzca excesiva pérdida de carga del fluido entre el embalse y el distribuidor. **GONZÁLEZ** Marcos M. Pilar (2009) Máquinas de Fluidos Tema 6. Turbinas Pelton

De ello se establece que la turbina Pelton es una máquina de diseño y construcción robusta, de alta confiabilidad y permite altas eficiencias.

A diferencia de la mayoría de los demás modelos, se caracteriza también por su alta eficiencia cuando trabaja a caudales parciales.

En la actualidad se fabrican micro, mini y pico-turbinas Pelton de múltiples inyectores. Se utilizan frecuentemente en pequeños proyectos hidroeléctricos por su sencillez de fabricación, fácil montaje y altos rendimientos, especialmente cuando se trata de turbinas con un solo inyector o un máximo de dos.

En turbinas Pelton de pequeñas potencias generalmente se utilizan inyectores de descarga abierta, sin válvulas de aguja. Este arreglo se hace particularmente conveniente cuando se utilizan reguladores electrónicos de carga y cuando no hay necesidad de uso de reservorios.

1.2.7.1 Partes de una turbina Pelton.

Las turbinas Pelton constan con los siguientes elementos o partes principales.

- Rotor.
- Inyector.
- Carcaza.
- Eje.
- Sistema de regulación.

1.2.7.2 Características de la turbina Pelton.

- Es una turbina de acción, de flujo tangencial, formada por una o más toberas y un rodete provisto de un determinado número de cucharas.
- El rango de aplicación de las turbinas Pelton está delimitado a velocidades específicas bajas. Cabe decir que aprovecha grandes saltos y caudales reducidos, pudiéndose obtener eficiencias del orden del 85%.
- Para su fabricación requiere de una planta industrial que cuente con: fundición, equipos de soldadura y corte, máquinas herramientas básicas como torno, cepillos y taladro. Generalmente se fabrica el rodete y las toberas por fundición.

1.2.7.3 Ventajas y desventajas de la turbina Pelton:

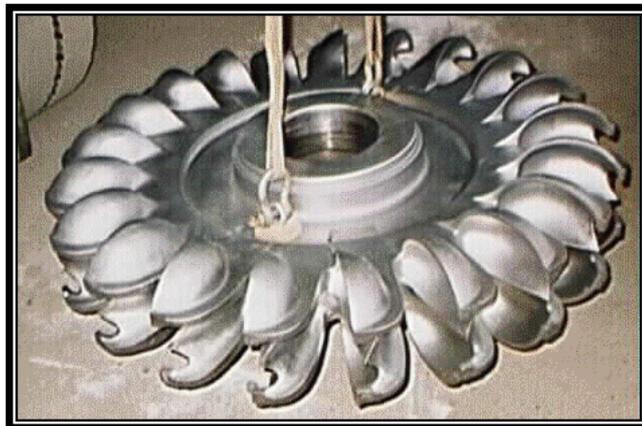
- Más robusta.
- Menos peligro de erosión de los álabes.
- Reparaciones sencillas.
- Infraestructura sencilla.
- No es buena para pequeñas caídas.
- Su velocidad de rotación es rígidamente determinada por el salto neto.

1.2.7.4 Clasificación de micro turbinas Pelton

La clasificación más general que puede hacerse de las turbinas Pelton es en tipos de eje horizontal y tipos de ejes vertical.

a) Turbinas Pelton de Eje Vertical:

Fig. 1. 2: Turbina Pelton

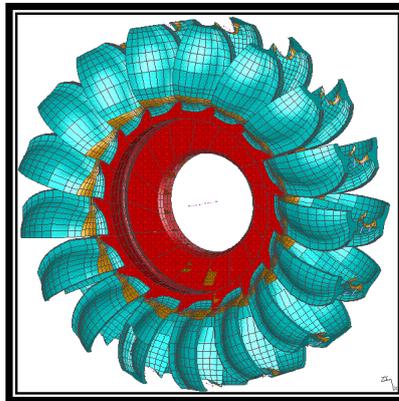


Fuente: www.fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/maquinashidraulicas/turbinas

En la fig. 1.2 se indica el número de chorros por rueda, se reduce generalmente a uno o dos, por resultar complicada la instalación en un plano vertical de las tuberías de alimentación y las agujas de inyección. Este sistema de montaje encuentra aplicación en aquellos casos donde se tienen aguas sucias que producen deterioros o notable acción abrasiva. Con el eje horizontal se hace también posible instalar turbinas gemelas para un solo generador colocado entre ambas, contrarrestando empujes axiales.

b) **Turbinas Pelton de Eje Horizontal:**

Fig. 1. 3: Turbina Pelton



Fuente: www.fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/maquinashidraulicas/turbinas

En este tipo de turbinas Pelton se facilita la colocación del sistema de alimentación en un plano horizontal, lo que permite aumentar el número de chorros por rueda (4 a 6); con esto se puede incrementar el caudal y tener mayor potencia por unidad. Se acorta la longitud del eje turbina-generador; se amenguan las excavaciones; se puede disminuir el diámetro de rueda y aumentar la velocidad de giro, se reduce en fin el peso de la turbina por unidad de potencia.

Esto hace que la utilización de esta disposición en turbinas Pelton sea más ventajosa que la disposición horizontal. Su aplicación es conveniente en aquellos casos donde se tienen aguas limpias que no produzcan gran efecto abrasivo sobre los alabes e inyectores, debido a que la inspección y las reparaciones con este montaje se hacen más difíciles.

1.2.7.5 Simbología de clasificación de turbinas Pelton

Existe un formato para clasificar las turbinas PELTON:

P = # de ruedas

N = # de chorros

H = eje horizontal

V = eje vertical

Ejemplos:

P1 N1 - H ===== Eje horizontal, una turbina y un chorro

P1 N2 - H ===== Eje horizontal, una turbina dos chorros

P2 N2 - H ===== Eje horizontal, dos turbina y dos chorros

P1 N4 - V ===== Eje vertical, una turbina 4 chorros

P1 N6 - V ===== Eje vertical, una turbina y 6 chorros

<http://html.rincondelvago.com/generadores-electricos.html>

1.2.8 TURBINA TURGO.-

Es una turbina hidráulica de impulso diseñada para saltos de desnivel medio. Fue desarrollada por la compañía Gilkes en 1919 a partir de una modificación de la turbina Pelton. Tiene varias ventajas sobre la Francis y la Pelton.

- En primer lugar, el rodete es más barato de fabricar que el de la Pelton.
- En segundo lugar no necesita una carcasa hermética como la Francis.

- En tercer lugar tiene una velocidad específica más elevada y puede manejar un mayor flujo para el mismo diámetro que una turbina Pelton, conllevando por tanto una reducción del coste del generador y de la instalación.

1.2.9 TURBINA FRANCIS.-

Este tipo de turbina fue desarrollada por James B. Francis. Se trata de una turbina de reacción de flujo interno que combina conceptos tanto de flujo radial como de flujo axial.

Las turbinas Francis son turbinas que se pueden diseñar para un amplio rango de saltos y caudales, siendo capaces de operar en rangos de desnivel que se van de los diez metros hasta varios cientos de metros.

Esto junto con su alta eficiencia, ha hecho que este tipo de turbina sea el más ampliamente usado en el mundo, principalmente para la producción de energía eléctrica mediante centrales hidroeléctricas.

1.2.10 TURBINA KAPLAN.-

Estas turbinas son de reacción de flujo axial, con un rodete que funciona de manera semejante a la hélice de un barco. Se emplean en saltos de pequeña altura.

Las amplias palas o álabes de la turbina son impulsadas por agua a alta presión liberada por una compuerta.

Los álabes del rodete en las turbinas Kaplan son siempre regulables y tienen forma de una hélice; mientras que los álabes de los distribuidores pueden ser fijos o regulables. Si ambos son regulables, se dice que la turbina es una Kaplan verdadera; si solo son regulables los álabes del rodete, se dice que la turbina es una turbina Semi-Kaplan.

Las turbinas Kaplan son de admisión radial mientras que las Semi-Kaplan pueden ser de admisión radial o axial.

1.2.11 TURBINA MICHELL – BANKI.-

También conocida como: de Flujo cruzado, Michell, Ossbeger, es clasificada como una turbina de acción, entrada radial, de admisión parcial y flujo transversal.

Los rangos de operación de esta turbina son los siguientes:

- Altura H: $1\text{m} \leq H \leq 100\text{m}$
- Caudal Q: $0,2\text{ m}^3/\text{s} \leq Q \leq 7\text{ m}^3/\text{s}$
- Potencia P: $P \leq 1\text{Mw}$
- Velocidad específica n_s : $30 \leq n_s \leq 180$

Las características más importantes de la turbina Michel-Banki son:

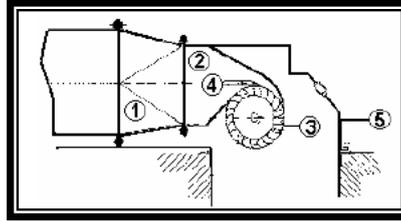
- Tiene un amplio rango de aplicación y es rápida.
- Puede operar en amplios rangos de caudal y altura sin variar apreciablemente su eficiencia.
- Su construcción es sencilla, pudiendo ser fabricada en pequeños talleres.
- Presenta los menores costos iniciales así como de operación y mantenimiento.
- Es la turbina que mejor se adapta para ser usada en medios rurales.

1.2.11.1 Principales partes de una turbina Michell-Banki

- 1) Pieza de transición.
- 2) Inyector.
- 3) Rotor.
- 4) Paleta directriz.

5) Carcasa.

Fig. 1. 4: Elementos principales de una turbina Michell-Banki



Fuente: PAZ P. Edgar, CARROCCI Luiz, MAGALHÃES F. Paulo, ROMERO L. Carlos

1.2 11.2 Diseño Hidráulico

a) Selección del diámetro del rotor.

Una turbina Michell-Banki opera en condiciones similares cuando el valor Q/H es constante, también se sabe que la eficiencia de estas turbinas no varía apreciablemente en amplios intervalos de valores de Q y H . utilizando estos criterios se selecciona el diámetro del rotor, de la siguiente manera: se calcula el valor: Q/H y se selecciona el diámetro del rotor usando la Tabla N° 1.1.

Tabla No.1.1: Selección del diámetro del rotor

Q/\sqrt{H}	Diámetro del rotor (mm)
0,02236 - 0,04743	200
0,04743 - 0,07906	300
0,07906 - 0,11068	400
0,07906 - 0,15812	500

Fuente: INE (1986)

b) Diámetro interior del rotor (D_i)

$$D_i = 0,66D_e \quad (1)$$

c) Velocidad nominal de rotación (N)

Diámetro exterior (De)

$$N = \frac{40\sqrt{H}}{De} \quad (2)$$

d) Selección del número de álabes del rotor.

El número de álabes puede ser seleccionado usando la Tabla N° 1.2

Tabla N° 1.2 Selección del número de álabes del rotor

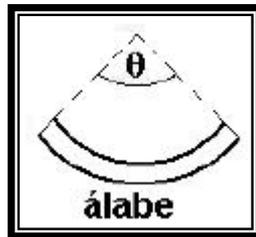
Diámetro del rotor (mm)	Número de álabes
200	22
300	24
400	26
500	28

Fuente: INE (1986)

e) Selección del espesor de los álabes del rotor

Para facilitar la construcción de los álabes, algunos fabricantes utilizan tuberías comerciales de acero al carbono. Éstas son cortadas formando un arco de circunferencia, como se muestra en la Figura 1.5. La Tabla 1.3 muestra los diámetros de tuberías recomendados.

Fig. N° 1. 5. Sección transversal de un álabe del rotor.



Fuente: INE (1986)

Tabla N°1.3. Selección del espesor de los álabes del rotor

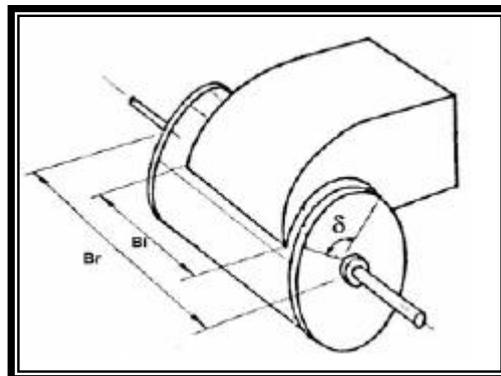
Rotor Diámetro (mm)	Tubería		
	Diámetro (pulg)	espesor (mm)	peso (kgf/m)
200	2 1/2	5,16	8,62
300	4	6,02	16,07
400	5	6,55	21,78
500	6	7,11	28,26

Fuente: INE (1986)

$$Bi = \frac{360Q}{(\pi De - eZ)\delta.k.\sqrt{2gH} \text{ sen } \alpha_1} \quad (3)$$

Bi = Ancho del inyector

Fig. N° 1.6. Dimensiones características del inyector y rotor.



Fuente: INE (1986)

f) **Ancho del rotor**

Para que no existan pérdidas de caudal en la interface entre el inyector y el rotor, el ancho de éste se construye 20 a 40 % mayor que el ancho del inyector. Para este caso usaremos el valor medio, ver Figura N° 1.6.

Br = Ancho del rotor

B_i = Ancho del inyector

$$B_r = 1,3B_i \quad (4)$$

g) **Razón de aspecto (R).**-

Esta relación expresa que proporción hay entre el ancho del rotor y el diámetro exterior del mismo, este valor debe estar comprendido entre 0,5 a 3,5.

$$R = \frac{B_r}{D_e} \quad (5)$$

h) **Diámetro máximo del eje del rotor (d_{max}).**-

El diámetro del eje del rotor debe tener un valor máximo de tal manera que no obstruya el paso del flujo a través de éste. El diámetro máximo puede calcularse mediante la siguiente relación:

$$d_{\max} = 0,33D_e \quad (6)$$

1.2.11.3 Diseño Mecánico.-

a) **Número de álabes que reciben el flujo de agua (Z_f).**-

El número de álabes que reciben el flujo de agua que ingresa al rotor puede calcularse con la siguiente fórmula:

$$Z_f = \frac{\delta}{360} Z \quad (7)$$

b) **Caudal que ingresa en un álabe (Q_a)**

$$Q_a = \frac{Q_{\max}}{Z_f} \quad (8)$$

c) **Peso de un álabe (Pa)**

$$P_a = P_u \cdot L \quad (9)$$

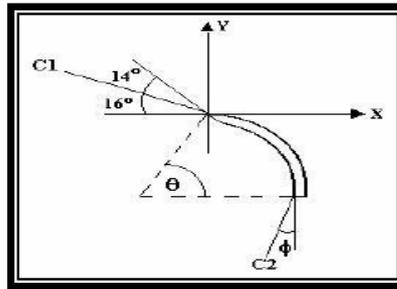
d) **Peso total del rotor (Ptr = Zpa)**

$$p_{tr} = Zp_a + 75,963 \cdot N_d \cdot D_e^2 \quad (10)$$

e) **Fuerza hidráulica sobre el álabe (Fhz)**

Esta fuerza se debe al cambio de dirección que experimenta el agua al pasar por las paletas del rotor. Esta fuerza puede calcularse aplicando la ecuación de conservación de la cantidad de movimiento en un álabe, ver Figura N° 1.7

Figura N° 1.7. Ángulos de la velocidad absoluta, a la entrada y salida del álabe



Fuente: INE (1986)

$$F_{hx} = 429,38 \cdot Q_a \cdot \sqrt{H_{\max}} (\cos 16^\circ - \text{sen } \phi) \quad (11)$$

$$F_{hy} = 429,38 Q_a \cdot \sqrt{H_{\max}} (\text{sen } 16^\circ + \cos \phi) \quad (12)$$

$$F_{hr} = \sqrt{(F_{hx})^2 + (F_{hy})^2} \quad (13)$$

Tabla N° 1.4. Ángulos característicos del álabe

Diámetro del rotor (mm)	ϕ (°)	θ (°)
200	15,5	74,5
300	20,0	70,0
400	17,0	73,0
500	14,6	75,4

Fuente: INE (1986)

f) **Fuerza centrífuga sobre el álabe (Fc).**-

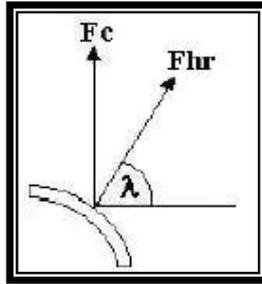
La fuerza centrífuga sobre el álabe puede calcularse con la siguiente formula:

$$F_c = 0,895 \frac{P_a H_{max}}{D_e} \quad (14)$$

g) **Fuerza total sobre el álabe (Rt)**

La fuerza total se calcula para el caso más desfavorable, en el cual la resultante de las fuerzas hidráulica y centrífuga es mayor, este caso se muestra en la siguiente figura, donde el ángulo λ es diferente para cada diámetro de rotor, como se muestra en la Tabla N° 1.5.

Fig. N° 1.8. Composición de fuerzas sobre el álabe.



Fuente: INE (1986)

$$R_x = F_{hr} \cos \lambda \quad (15)$$

$$R_y = F_{hr} \sen \lambda + F_c \quad (16)$$

$$R_T = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} \quad (17)$$

Tabla N° 1. 5. Ángulo entre la fuerza hidráulica sobre el álabe y el eje X.

Diámetro del rotor (mm)	$\lambda(^{\circ})$
200	29,75
300	32,02
400	30,50
500	29,90

Fuente: INE (1986)

La fuerza centrífuga (Fc) sobre el álabe puede calcularse con la siguiente formula:

$$F_c = 0,895 \frac{P_a H_{\max}}{D_e} \quad (14)$$

h) **Momento Flector Máximo sobre el álabe (M).**-

$$M = \frac{R_T \cdot B_{rc}}{12} \quad (18)$$

i) **Esfuerzo máximo en el álabe (EM)**

$$\sigma = EM \quad (19)$$

Tabla N° 1.6. Factor de corrección del esfuerzo máximo en el álabe.

Diámetro del rotor (mm)	E (1/cm³)
200	510,88
300	250,32
400	162,92
500	111,91

Fuente: INE (1986)

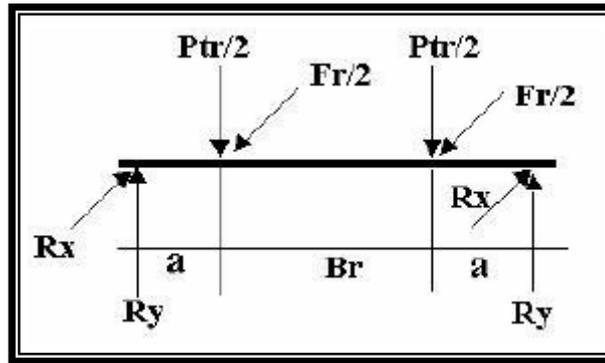
Para el diseño se tomará un material con un límite de fluencia de 2400 Kg.f/cm² y un factor de seguridad de 2; por lo tanto debe verificarse la relación 20, de no ser así debe usarse un disco de refuerzo en el centro del rotor, el cual será idéntico a los discos laterales.

$$\sigma \leq \frac{2400}{f_s} \quad (20)$$

j) **Diseño del eje del rotor.**

Para el diseño del eje del rotor se hace uso del diagrama de fuerzas que actúan sobre este y el cual se muestra en la Figura N° 1.9.

Fig. N° 1.9. Diagrama de fuerzas sobre el eje del rotor



Fuente: INE (1986)

El diámetro mínimo del eje del rotor se calculó utilizando la fórmula de la ASME

$$d^3 = \frac{16}{\pi \cdot s_d} \sqrt{(K_m M_{\max})^2 + (K_T T_{\max})^2} \quad (21)$$

Dónde:

$$T_{\max} = 974 \frac{PT}{N} \quad (22)$$

$$M_{\max} = \sqrt{M_x^2 + M_y^2} \quad (23)$$

$$M_x = Fr \cdot a / 2 \quad (24)$$

Siendo:

$$M_y = Ptr \cdot a / 2 \quad (25)$$

Dónde:

$$Fr = 1948 \frac{PT}{N \cdot De} \quad (26)$$

Debe cumplirse que el diámetro máximo del eje (calculado con la Ecuación 6) debe ser mayor que el diámetro mínimo (calculado con la Ecuación 21).

$$d < d_{e_{\max}} \quad (27)$$

k) **Velocidad crítica de la turbina (Nc).**-

Una vez determinado el diámetro del eje debe realizarse un chequeo de éste considerando la velocidad crítica de la turbina.

Debiendo satisfacerse que la velocidad crítica de la turbina (Nc), debe ser mayor que la velocidad de emba la miento (Ne), en un 40% o más. De no cumplirse esta condición debe tomarse un diámetro del eje mayor que satisfaga las Ecuaciones 27 y 28.

$$N_c \geq 1,4N_e \quad (28)$$

Dónde: $N_e = 1,8N \quad (29)$

$$N_c = \frac{29,88}{\sqrt{Y_{\max}}} \quad (30)$$

$$Y_{\max} = \frac{Wa^2}{6E_r I} (3B_r + 2a) \quad (31)$$

$$W = \sqrt{F_{tr}^2 + F_r^2} \quad (32)$$

$$I = \frac{\pi d^4}{64} \quad (33)$$

l) **Selección de los rodamientos.**

El diseño de los rodamientos se realiza calculando la capacidad de base dinámica (C)

$$C = X_{Fr} \left(\frac{60NLh}{10^6} \right)^P \quad (34)$$

Siendo: $F_{ra} = \frac{\sqrt{P_{tr}^2 + Ft^2}}{2} \quad (35)$

m) **Fuerza total sobre la plancha del inyector (F_{ti}).**-

El diseño del inyector se realiza analizando la sección de entrada de éste, donde actúa la fuerza de presión del agua, esta fuerza puede calcularse como:

$$F_{ti} = 390De.H_{max}Br \quad (36)$$

n) **Momento máximo sobre la plancha del inyector (M_i)**

$$M_i = \frac{F_{ti}.Br}{12} \quad (37)$$

o) **Esfuerzo máximo sobre la plancha del inyector (E_i)**

$$\sigma_i = \frac{M_i}{W_i} \quad (38)$$

Siendo:

$$W_i = \frac{0,39(e_i)^2 .De}{6} \quad (39)$$

1.2.11.4 Comprobación del espesor de la plancha del inyector

Debe comprobarse que el esfuerzo máximo en el inyector debe ser menor que el esfuerzo de fluencia dividido por 2, de no ser así debe asumirse un espesor de plancha mayor en la Ecuación 39.

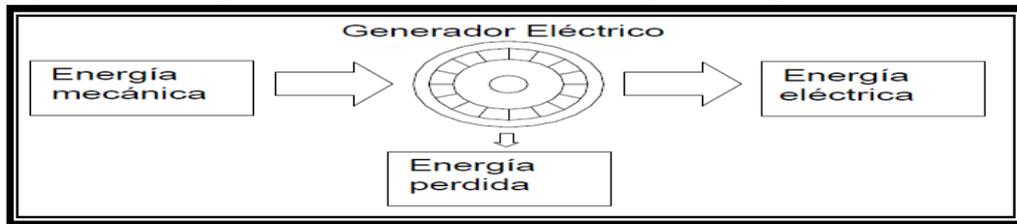
$$\sigma_i \leq \frac{\sigma_f}{2} \quad (40)$$

(PAZ Pérez Edgar, CARROCCI Luiz R., MAGALHÃES Filho Paulo, ROMERO Luna Carlos (2007) Metodología de diseño hidráulico y mecánico de una turbina Michell-Banki.)

1.2.12 GENERADORES.-

Un generador eléctrico es un dispositivo capaz de mantener una diferencia de potencial eléctrico entre dos de sus puntos, llamados polos, terminales o bornes. Son máquinas destinadas a transformar la energía mecánica en eléctrica. Esta transformación se consigue por la acción de un campo magnético sobre los conductores eléctricos dispuestos sobre una armadura (denominada también estator). Si mecánicamente se produce un movimiento relativo entre los conductores y el campo, se generará una fuerza electromotriz (F.E.M.). Están basados en la ley de Faraday.

Fig. No. 1.10 Esquema de transformación de energía en un generador eléctrico.

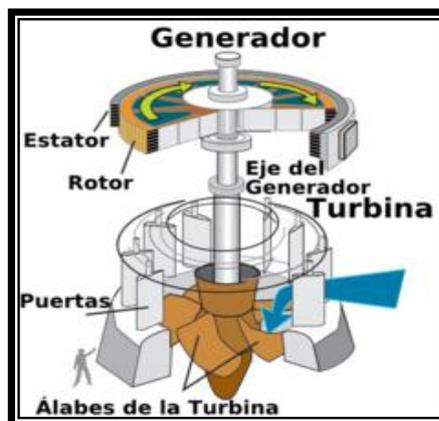


Fuente: <http://acer.forestales.upm.es/basicas/udfisica/asignaturas/fisica/magnet/generador.html>

1.2.12.1 Funcionamiento:

En las centrales de generación de energía eléctrica (nuclear, térmica, hidráulica) la energía mecánica que el generador transforma en energía eléctrica proviene del movimiento de una turbina accionada dependiendo del tipo de central por vapor de agua, aire o agua.

Fig. 1. 11 Funcionamiento del Generador



Fuente: <http://acer.forestales.upm.es/basicas/udfisica/asignaturas/fisica/magnet/generador.html>

1.2.12.2 Fuerza electromotriz de un generador.-

Una característica de cada generador es su fuerza electromotriz (F.E.M.), simbolizada por la letra griega épsilon (ϵ), y definida como el trabajo que el generador realiza para pasar la unidad de carga positiva del polo negativo al positivo por el interior del generador.

Generador síncrono.-

El generador síncrono (alternador) es un tipo de máquina eléctrica rotativa capaz de transformar energía mecánica en energía eléctrica.

A estos también se los conoce como Máquinas Síncronas, la razón por la que se llama generador síncrono es la igualdad entre la frecuencia eléctrica como la frecuencia angular, es decir, el generador girara a la velocidad del campo magnético, por lo que a esta igualdad de frecuencias se le denomina sincronismo. Los generadores constan fundamentalmente del rotor y el estator, ambos con devanados.

Esta máquina funciona alimentando al rotor o circuito de campo por medio de una batería es decir por este devanado fluirá CC., mientras que en el estator o circuito de armadura la corriente es alterna CA.

Principalmente en este trabajo se hace un estudio profundo de los principales generadores síncronos como son el generador de polos salientes en el estator, el generador de polos salientes en el rotor, generador de polos lisos y el generador sin escobillas, sus formas, su construcción, cualidades de cada diseño etc.

PALABRAS CLAVE: polos, rotor, estator.

El generador síncrono está compuesto principalmente de una parte móvil o rotor y de una parte fija o estator, el principio de funcionamiento de un generador síncrono se basa en la ley de Faraday.

Para crear tensión inducida en el (estator), debemos crear un campo magnético en el rotor o circuito de campo, esto lo lograremos alimentado el rotor con una batería, este campo magnético inducirá una tensión en el devanado de armadura por lo que tendremos una corriente alterna fluyendo a través de él. Al operar como generador, la energía mecánica es suministrada a la máquina por la aplicación de un torque y por la rotación del eje de la misma, una fuente de energía mecánica puede ser, por ejemplo, una turbina hidráulica, a gas o a vapor.

Una vez estando el generador conectado a la red eléctrica, su rotación es dictada por la frecuencia de la red, pues la frecuencia de la tensión trifásica depende directamente de la velocidad de la máquina.

Para que la máquina síncrona sea capaz de efectivamente convertir energía mecánica aplicada a su eje, es necesario que el enrollamiento de campo localizado en el rotor de la máquina sea alimentado por una fuente de tensión continua de forma que al girar el campo magnético generado por los polos del rotor tengan un movimiento relativo a los conductores de los enrollamientos del estator.

Debido a ese movimiento relativo entre el campo magnético de los polos del rotor, la intensidad del campo magnético que atraviesa los enrollamientos del estator irá a variar el tiempo, y así tendremos por la ley de Faraday una inducción de tensiones en las terminales de los enrollamientos del estator.

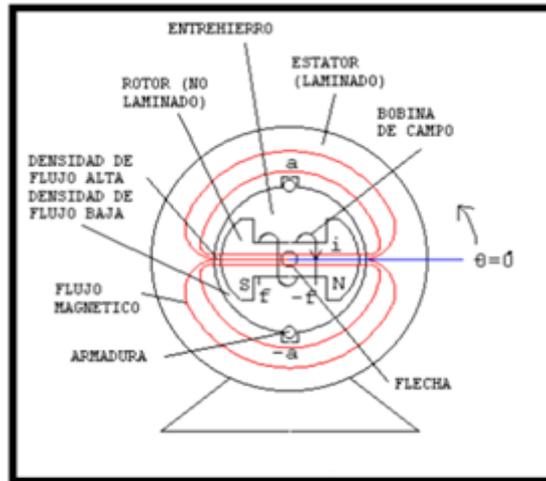
Debido a distribución y disposición espacial del conjunto de enrollamientos del estator, las tensiones inducidas en sus terminales serán alternas senoidales trifásicas.

La corriente eléctrica utilizada para alimentar el campo es denominada corriente de excitación. Cuando el generador está funcionando aisladamente de un sistema eléctrico, la excitación del campo irá a controlar la tensión eléctrica generada. Cuando el generador está conectado a un sistema eléctrico que posee diversos generadores interligados, la excitación del campo irá a controlar la potencia reactiva generada.

1.2.12.3 Partes de un generador síncrono

A continuación se detalla las partes fundamentales que componen un generador síncrono:

Fig. 1.12: Partes del generador



Fuente: INE (1986)

- 1. Estator.
- 2. Rotor.
- 3. Sistema de enfriamiento.
- 4. Excitatriz.
- 5. Conmutador.

1.2.12.4 ESTATOR.-

Parte fija de la máquina, montada envuelta del rotor de forma que el mismo pueda girar en su interior, también constituido de un material ferromagnético envuelto en un conjunto de enrollamientos distribuidos al largo de su circunferencia.

La máquina síncrona está compuesta básicamente de una parte activa fija que se conoce como inducido o ESTATOR y de una parte giratoria coaxial que se

conoce como inductor o ROTOR. El espacio comprendido entre el rotor y el estator, es conocido como entrehierro.

Los elementos más importantes del estator de un generador de corriente alterna, son las siguientes:

- 1. Componentes mecánicas.
- 2. Sistema de conexión en estrella.
- 3. Sistema de conexión en delta.

Componentes mecánicas.- Las componentes mecánicas de un generador son las siguientes:

1.- La carcasa.-

La carcasa del estator está formada por bobinas de campo arrollados sin dirección, soportadas en piezas de polo sólidas. Las bobinas están ventiladas en su extremo para proporcionar de esta forma una amplia ventilación y márgenes de elevación de temperatura.

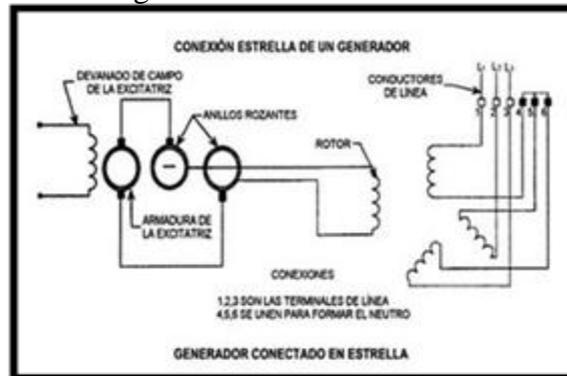
La carcasa del estator es encapsulada por una cubierta apropiada para proporcionar blindado y deflectores de aire para una correcta ventilación de la excitatriz sin escobillas.

- 2. El núcleo.
- 3. Las bobinas.
- 4. La caja de terminales.

Sistema de conexión en estrella. Los devanados del estator de un generador de C.A. están conectados generalmente en estrella, en la siguiente figura T1, T2, T3

representan las terminales de línea (al sistema) T4, T5, T6 son las terminales que unidas forman el neutro.

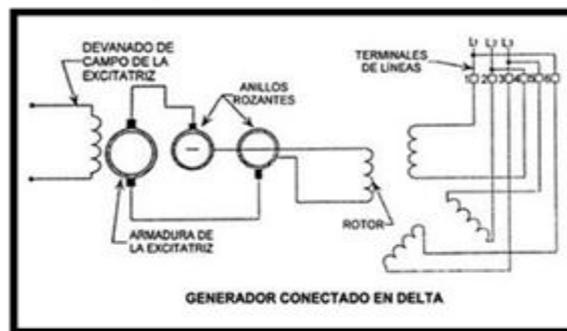
Fig. 1.13: conexión en estrella



Fuente: INE (1986)

Sistema de conexión delta.- La conexión delta se hace conectando las terminales 1 a 6, 2 a 4 y 3 a 5, las terminales de línea se conectan a 1, 2 y 3, con esta conexión se tiene con relación a la conexión estrella, un voltaje menor, pero en cambio se incrementa la corriente de línea.

Fig. 1.14: conexión en delta



Fuente: INE (1986)

1.2.12.5 Rotor.-

Es la parte de la máquina que realiza el movimiento rotatorio, constituido de un material ferromagnético envuelto en un enrollamiento llamado de "enrollamiento de campo", que tiene como función producir un campo magnético constante así como en el caso del generador de corriente continua para interactuar con el campo producido por el enrollamiento del estator.

Sistema de enfriamiento.

Estos generadores se dividen en dos tipos básicos: abiertos ventilados y completamente cerrados enfriados por agua a aire.

1.2.12.6 MANTENIMIENTO

El mantenimiento de los equipos generadores se divide en dos tipos principales de actividad: el mantenimiento eléctrico y el mantenimiento mecánico. Aunque ambos tipos de trabajos pueden realizarse simultáneamente y uno junto a otro, los conocimientos y tareas necesarios son completamente diferentes.

1.2.12.7 VENTAJAS Y DESVENTAJAS

- ✓ Permite inyectar y extraer energía del rotor.
- ✓ Al inyectar diferentes frecuencias al rotor se consigue poder generar velocidades muy diferentes del sincronismo.
- ✓ Generador de velocidad variable (de 900 a 1500 r.p.m.).
- ✓ Al permitir la extracción de la energía del rotor se consigue general hasta un 10% de la energía producida.
- ✓ Requiere sincronización a red antes de generar.

1.2.12.8 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.

Su voltaje de operación es como máximo de 1000 V entre fases. Dentro de esta familia se encuentran principalmente cables para 600 V compuestos por uno o varios conductores de cobre y materiales que componen el aislamiento o la chaqueta que son plásticos.

Fig. 1.15: Cables de Baja Tensión



Fuente: www.ingelcom.com.ec

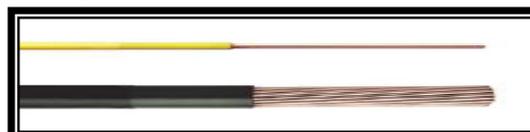
1.2.12-9 CONDUCTORES PARA INSTALACIONES INTERIORES

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 de 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 especialmente.

Este tipo de conductores son diseñados para una tensión 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. 1.16: Cables de Instalaciones interiores



Fuente: www.ingelcom.com.ec

1.2.12.10 REDES DE TRANSMISIÓN.

Se encarga de transportar energía eléctrica, desde la casa de máquinas hasta el usuario final. Cuando la casa de máquinas se encuentra lejos de la comunidad (más de 800 metros) es necesario la instalación de una red en media o alta tensión; en este caso se utilizan transformadores. La energía eléctrica se transmite mediante tendido aéreo con postes de madera, alambres y accesorios. El uso de los postes de madera contribuye a disminuir los costos para la instalación de Pico centrales hidroeléctricas.

1.2.12.11 CABLE AUTOSOPORTADO PARA ELEVADORES.-

3x8 + 3x16 AWG 0,6 /1 KV.

U/U=0,6/1 KV.

TEMPERATURA DE OPERACIÓN.-

80° C.

NORMAS DE FABRICACIÓN.-

NTP 370,255-1 p.c.a.

Especificaciones del cliente

APLICACIONES.-

Para elevadores mineros

CARACTERISTICAS MECÁNICAS DEL PORTANTE.-

Cable flexible de acero galvanizado de 1/8" de diámetro. Carga de rotura mínima 1300 kg. /f.

CONSTRUCCIÓN.-

- 1) Tres conductores de 8 AWG de cobre suave flexible cableado en haz.
- 2) Aislamiento con cloruro de polivinilo (PVC) color negro, azul y marrón.
- 3) Tres conductores de 16 AWG de cobre suave flexible cableado en haz.
- 4) Aislamiento con cloruro de polivinilo (PVC) color negro, azul y marrón.
- 5) Reunión de los tres conductores aislados del 16 AWG
- 6) Reunión de los tres conductores aislados del 8 AWG más el conjunto anteriormente formado.
- 7) Cubierta interna con cloruro de polivinilo (PVC).
- 8) Cubierta externa forma de rombo con cloruro de polivinilo (PVC) color amarillo junto con dos cables de acero galvanizado flexible dispuesto en forma paralela en los costados.

COLOR.-

Cubierta color amarillo

DATOS CONSTRUCTIVOS.-

No. Cond. x Calibre No.x WG	No. Alambres onductor		Espesor aislamiento mm.		Dimensiones Exteriores mm.	Masa Nominal Kg/Km.
	8 AWG	16 AWG	8 AWG	16 WAG		
3x8 + 3x16	168	26	1,0	0,8	25x34	1220

Los datos de la tabla estan sujetos a las tolerancias normales de manufactura

Fig. 1.17 CABLE 3x8 + 3x16 AWG 0,6 /1 KV.



Fuente: <http://www.celsa.com.pe/catalogoporpagina/05-ConductoresVarios-p80.pdf>

CAPÍTULO II

DISEÑO METODOLÓGICO

El tipo de investigación que se realizó es **descriptiva – analítica** y se basó en el enfoque cuantitativo y cualitativo, es decir con un paradigma de enfoque cuantitativo, el cual permitió hacer un análisis del problema objeto de estudio, para la obtención de información necesaria, para en lo posterior implementar las soluciones en la parte práctica. Es descriptiva - analítica porque permitió ordenar los resultados de las observaciones, de las necesidades energéticas del sector objeto de este trabajo teórico - práctico, las características, los factores, los procedimientos y otras variables referentes al planteamiento del problema el cual es la energización en los sectores rurales, específicamente en la Hostería “Los Llanganates” del sector las Carmelitas en el kilómetro 65 de la carretera Salcedo - Tena

Según ANDER EGG (1990), define al método, “como el camino a seguir mediante una serie de operaciones y reglas prefijadas de antemano aptas, para alcanzar el resultado propuesto” (pág. 44)

Los **métodos teóricos** que se utilizó en la investigación es el **análisis – síntesis** y el de **inducción – deducción**, los cuales se aplicó en todas las partes integrantes de la investigación.

Como **métodos prácticos** el cual nos compete, describimos los pasos necesarios que se implementaron para poder instalar la Pico Central Hidroeléctrica en la Hostería “Los Llanganates”, para lo cual hacemos referencia a los procedimientos lógicos secuenciales descritos a continuación.

En primera instancia se tiene que conocer los componentes y las características de la Pico Central Hidroeléctrica, la cual se va a instalar, se tiene que realizar un estudio del terreno y los caudales hídricos existentes en el sector.

Con la ayuda de un instrumento adecuado medir el caudal del agua, para conocer si es el necesario para mover la turbina del Pico Central, debemos tener en cuenta el declive y el lugar para el almacenamiento del líquido, constatar el lugar en donde se realizará las obras civiles para la instalación, construcción de las obras civiles como son la construcción de bocatomas, aliviadero, desarenadores, canales de conducción, tuberías entre otras.

Estas obras serán diseñadas y construidas con la ayuda de un ingeniero civil y sus trabajadores de la construcción, para que ellas tengan un buen acabado y sobre todo se ajusten a nuestras necesidades como técnicos de la parte mecánica – eléctrica, elaborar un listado de materiales y equipos necesarios para la construcción y montaje de los elementos.

Montaje de los equipos según las especificaciones técnicas del fabricante y las características físicas del local, pruebas de los equipos a la salida de la generación y correcciones en caso de haber defectos en la ubicación de los equipos.

Instalaciones de protecciones y elementos necesarios como son la cámara de transformación con la finalidad de obtener la tensión para el suministro de la energía eléctrica de calidad para que funcionen todas y cada una de las instalaciones indispensables para brindar a la Hostelería y sus clientes dichos suministro energético.

Como técnica se tiene en cuenta la Observación Científica, la misma que nos permitió observar atentamente el fenómeno de la falta del suministro eléctrico en la Hostelería y sus consecuencias para el desarrollo turístico de la misma, así como también las condiciones hidrográficas y geográficas del sector, para dar las alternativas de solución la misma que es la instalación de la Pico Central Hidroeléctrica, para la generación de la energía eléctrica que abastezca la electricidad suficiente a dichas instalaciones.

El registro de datos nos permitieron sacar como conclusión que es posible realizar la instalación de la Pico Central Hidroeléctrica, ya que las condiciones y aspectos geográficos permiten que se pueda aprovechar el caudal del agua existente en el sector.

2.1 Tipo de Investigación.

Método Científico: Se utilizara este método porque inicialmente se partirá de un diseño con planos mecánicos y eléctricos para realizar el diseño, construcción e implementación de una Pico Central Hidroeléctrica.

2.2 Metodología.

Método Inductivo – Deductivo: Los postulantes utilizaran este método para realizar la construcción de los sistemas eléctrico, mecánico y civil por lo que se partirá de diferentes formas de construcción hasta llegar a la culminación de la Pico Central Hidroeléctrica que servirá para diferentes aplicaciones como son la utilización de la energía en la parte domestica e industrial en una forma ideal y factible.

Nivel de Investigación: Puede ser exploratorio, descriptivo o correlacional y explicativo.

Nivel descriptivo o correlacional: Científicamente describir es medir. En un estudio descriptivo se relaciona una serie de cuestiones y se mide cada una de ellas independientemente para así describir lo que se investiga.

Consiste en reflejar lo que aparece, tanto en el ambiente natural, como social, la descripción puede ser con información primaria o secundaria.

En general es descriptiva cualquier investigación que no sea experimental encaminada por tanto a observar y describir fenómenos “Como aparecen”, “Como son” y de igual manera “Como sucedió algo”.

Todas estas expresiones de investigación no requieren de la manipulación de las variables ni condiciones de control riguroso, es lo que separa la investigación descriptiva de la investigación experimental.

Nivel explicativo o experimental: Va más allá de la descripción, está dirigido a responder a las causas de los eventos físicos o sociales, se centra en explicar porque ocurre un fenómeno y en qué condiciones se da este.

2.3 Técnicas de investigación.

Observación.-

Es una técnica que consiste en observar atentamente el fenómeno, hecho o caso, tomar información y registrarla para su posterior análisis.

La observación es un elemento fundamental de todo proceso investigativo; en ella se apoya el investigador para obtener el mayor número de datos. Gran parte del acervo de conocimientos que constituye la ciencia ha sido lograda mediante la investigación.

Pasos para la observación:

- Determinar el objeto (que se va a observar).
- Determinar los objetivos de la observación (para que se va a observar)
- Determinar la forma con que se van a registrar los datos
- Observar cuidadosamente y críticamente.
- Registrar los datos observados.
- Analizar e interpretar los datos.
- Elaborar conclusiones
- Elaborar el informe de la observación

Recursos auxiliares de la observación.

- Grabaciones
- Fotografías
- Datos
- Escalas
- GPS. (localizador electrónico)

Instrumentos.

- Ficha de observación
- Libreta de notas

2.4 FACTIBILIDAD DEL PROYECTO.-

La Hostería “Los Llanganates” está ubicada en el sector las Carmelitas en el kilómetro 65 de la carretera Salcedo - Tena.

Es una zona que goza de un clima húmedo – páramo. Es parte de un ecosistema de bosques montanos, flora y fauna propia de las estribaciones altas de la Cordillera de los Andes.

En este lugar se ha construido la Hostería “Los Llanganates” con el fin de ofertar servicios turísticos a los viajeros que gustan de la exploración de la naturaleza.

Pero, dadas las características topográficas y geográficas donde se encuentra ubicada la Hostería, no cuenta con los servicios básicos suficientes para cubrir y dar mayor confort a los clientes y a quienes residen en el lugar, tomando en cuenta que dicha zona se encuentra alejada del sistema nacional interconectado.

Por lo tanto, se ha visto la necesidad de diseñar y construir una Pico Central Hidroeléctrica para generar energía eléctrica limpia, mediante el aprovechamiento

del recurso hídrico, presente de una manera significativa en el entorno y con un caudal suficiente para que funcione el proyecto.

Para ello, se realizará observando la normativa que regula el sector ya que es una zona protegida por el Ministerio del Medio Ambiente, razón por lo cual el desarrollo del siguiente Proyecto buscará no causar ningún impacto ambiental.

2.5 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE ENTREVISTA REALIZADA AL DUEÑO DE LA HOSTERÍA LOS LLANGANATES.-

1) ¿La actividad turística que usted oferta necesita del servicio de energía eléctrica?

Respuesta: Si, es necesaria para satisfacer todos los requerimientos que tenemos en cuanto al funcionamiento de servicios extras que busca el turista en el lugar.

2) ¿La Hostería cuenta con algún tipo de generador eléctrico?

Respuesta: Si, cuenta con una planta de energía a gasolina, pero el costo y lo difícil de la transportación del combustible hace que los costos por mantenimiento y producción sean elevados.

3) ¿Para qué servicios necesita la generación eléctrica en la Hostería?

Respuesta: Se utiliza en la iluminación de las habitaciones que ocupan los turistas, para que funcione los equipos eléctricos que traen consigo, como: computadoras portátiles, juegos de entretenimiento, equipos de sonido y en el movimiento de un torno de madera.

4) ¿Considera usted que es viable la construcción de la Pico Central Hidroeléctrica en el lugar?

Respuesta: Si, ya que se cuenta con el caudal suficiente y permanente, gracias a los diferentes afluentes que hay en el lugar. Además cuenta con

el compromiso de las partes que son: él dueño de la Hostería y los estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

5) ¿Cuál sería su aporte para la consecución de la Pico Central Hidroeléctrica?

Respuesta: Cuento con el permiso del Ministerio de Medio Ambiente, además tengo la mano de obra que va a ayudar en la construcción e instalación de la Central.

6) ¿Considera usted que los estudiantes de la UTC, están capacitados para implementar la Pico Central?

Respuesta: Si, sino no se comprometerían para diseñar y construir la Pico Central Hidroeléctrica.

7) ¿El terreno en donde se va a ubicar la Pico Central tiene el gradiente necesario para que se instale las acometidas, embalsamiento y puesto de generación eléctrica?

Respuesta: Si, los esteros vienen de lo alto del páramo y cruzan algunas tierras colindantes hasta llegar a cruzar con la propiedad de la Hostería, por lo tanto existe una buena gradiente para canalizar el agua.

8) ¿Más o menos con cuantos litros por segundo, de caudal aportarían los esteros para la Pico Central en promedio?

Respuesta: Más o menos unos 20 litros por segundo, sino es más. El caudal de agua es bastante bueno.

9) ¿Piensa usted que se podría abastecer con el servicio eléctrico a los demás miembros de la comunidad?

Respuesta: No, pues no es una zona habitada, ya que está ubicada en una plaza protegida por el Ministerio del Medio Ambiente.

10) **¿Qué otros usos daría usted a la generación de electricidad en la Hostería?**

Respuesta: Utilizaría para que funcione un torno de madera y poder aprovechar el recurso existente.

ENTREVISTA REALIZADA A LOS TURISTAS.-

Los estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi de la carrera de Ingeniería Electromecánica como requisito para obtener el Título de Ingeniero solicitan su colaboración contestando la siguiente encuesta

1) **¿Qué nacionalidad tiene?**

Respuesta: Norteamericana.

2) **¿Cuál es el motivo de la visita a este lugar?**

Respuesta: Me gusta la excursión y los paisajes que tiene el Ecuador son maravillosos por la paz y la tranquilidad.

3) **¿Cómo llego hasta la Hostería?**

Respuesta: En un carro 4 x 4 las vías de acceso son difíciles, solicitaría que alguna institución del gobierno mejore esta situación.

4) **¿Qué comodidades encuentra en la Hostería?**

Respuesta: La principal comodidad es que las habitaciones de la Hostería están diseñadas en madera, pero en las noches se tiene una oscuridad total porque no tiene energía eléctrica.

5) **¿Está usted de acuerdo que la Hostería tenga energía eléctrica?**

Respuesta: Sería lo mejor, tendríamos más comodidades el turismo crecerá y las noches no serán tan largas.

6) ¿Diga si la utilización del agua para la ejecución de un proyecto hidroeléctrico dañara el medio ambiente?

Respuesta: No porque el agua es abundante en este lugar deberían aprovechar el recurso natural que tienen sin perder el tiempo y fomentar el turismo para dar fuentes de trabajo.

7) ¿Por qué cree que la empresa eléctrica no da servicio a esta zona?

Respuesta: Porque la reserva ecológica “Los Llanganates” esta tan alejada de la ciudad y las vías de comunicación son de difícil acceso.

8) ¿Está usted de acuerdo que los estudiantes en mención ejecuten dicho proyecto para dotar de energía eléctrica a la Hostería?

Respuesta: Según las explicaciones recibidas anteriormente es necesaria la ejecución del proyecto porque tienen el recurso principal y así dotar de energía eléctrica por primera vez en tantos años a los habitantes de esta Hostería.

9) ¿Indique porque es necesaria la energía eléctrica?

Respuesta: Aquí en este lugar sería necesaria la energía eléctrica porque mejoría en un 100 % el estilo de vida de los moradores de este lugar.

10)¿Cuál sería su pedido para dotar de energía eléctrica a la Hostería?

Respuesta: Que los estudiantes de la Universidad lo realicen de manera urgente para dotar de este servicio que es tan indispensable para el desarrollo del turismo y mejorar las condiciones de vida.

2.6 ANALISIS TÉCNICO ECONÓMICO.-

Análisis técnico económico comparativo de la turbina.-

Los proyectos para la generación de energía eléctrica en los lugares alejados del sistema nacional interconectado tienen un valor aproximado de 5000 dólares, nuestro proyecto por ser de una potencia de capacidad pequeña que beneficiara a la Hostería “Los Llanganates” el costo es económico, porque el diseño, construcción, se lo realizo en un taller mecánico y para su implementación con su respectivo ensamblaje es de fácil transportación inclusive a los lugares de difícil acceso.

Análisis técnico económico comparativo de la parte de generación.-

El generador utilizado en el proyecto de la Pico Central Hidroeléctrica tiene las siguientes características: marca: Onda, es de 1800 r.p.m. tiene una potencia de 5 watt. Para un voltaje de 110 y 220. Acoplado a la turbina Michell Banki tiene una salida de 2.5 Kw. Suficiente para las necesidades eléctricas de la Hostería. En el mercado nacional dicho generador se encuentra fácilmente y su valor es conveniente.

Justificación económica de la inversión del proyecto.-

- ❖ El Proyecto cuyo tema es el siguiente Diseño y Construcción de una Pico Central Hidroeléctrica en la Hostería “Los Llanaganates” ubicado en el kilómetro 65 de la carretera Salcedo – Tena sector las Carmelitas para producir energía eléctrica limpia, está financiado totalmente por los postulantes.
- ❖ El beneficio que brindará dicho proyecto a la Hostería es satisfactorio y su propietario el señor Francisco Núñez brindo todas las facilidades para su respectiva elaboración.

- ❖ El costo del Kw/h en la generación es de cero porque el recurso hídrico renovable que se utilizó es propio de la zona además el voltaje es constante las 24 horas lo cual aumentó el turismo en la zona y mejoró las condiciones económicas de sus propietarios.
- ❖ La construcción de la casa de máquinas es sencilla por encontrarse en una zona protegida por el Ministerio del Medio Ambiente el cual no permite que se edifiquen grandes construcciones. Por encontrarse en un suelo rocoso fue muy fácil su edificación utilizando materiales propios de la zona (arcilla, piedra) y 100 bloques de 15 centímetros de esta manera se reducen los costos en obras civiles.
- ❖ Las inversiones económicas realizadas por el dueño de la Hostería son recuperadas en corto tiempo por las comodidades que brinda la Hostería gracias a la generación de energía eléctrica.
- ❖ El mantenimiento de la Pico Central Hidroeléctrica es mínima se lo puede realizar con equipos no tan sofisticados y la persona que lo vaya a ejecutar no necesariamente debe tener conocimientos avanzados.

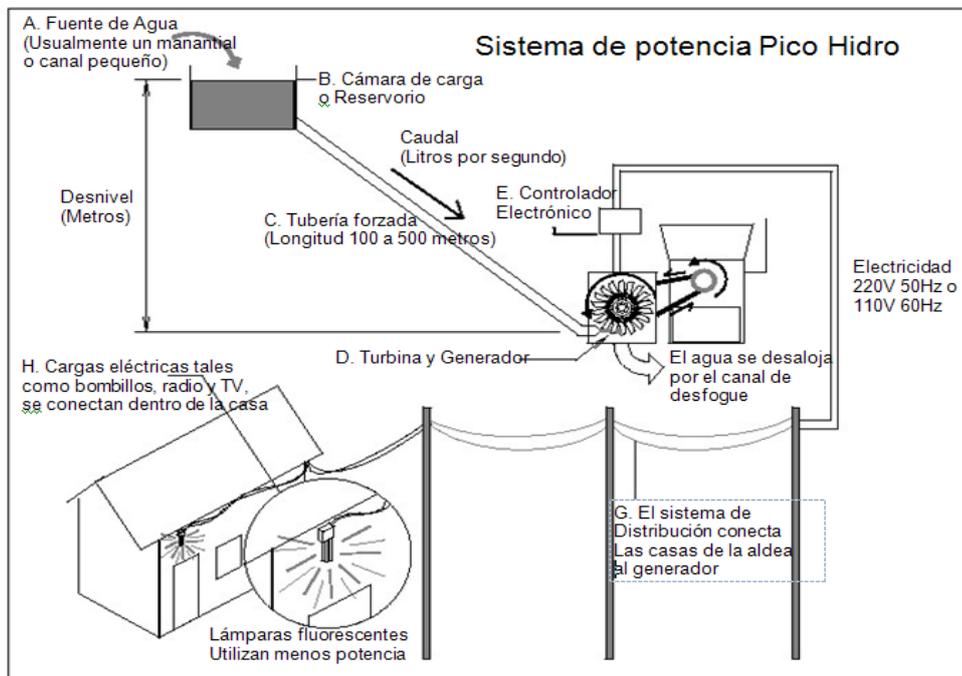
CAPÍTULO I I I

DESCRIPCIÓN DE LA OBRA CIVIL

3.1 Componentes de un sistema Pico-Central Hidroeléctrico.-

Un sistema Pico Hidroeléctrico aprovecha la potencia de una caída de agua. El siguiente esquema (Fig. 3.1) demuestra los componentes de un sistema Pico-Hidro. Cada uno de los componentes se describe en mayor detalle a continuación.

Fig. 3.1: Componentes de un sistema Pico-Central Hidroeléctrica.



Fuente: Micro-Hidro Desing Manual, Harvey.

3.2 DESCRIPCIÓN DE OBRAS CIVILES.-

La obra civil de un sistema Pico - Central está formada por una serie de componentes principales a saber: bocatoma, aliviadero, desarenador, canal de conducción, cámara de carga, tubería de presión y casa de máquinas.

Estos componentes deben cumplir eficientemente su función con respecto al agua y al medio ambiente. El diseño de los componentes de la obra civil debe permitir un funcionamiento eficaz a la hora de transportar el agua hasta la turbina.

El transporte del agua, es fundamental ya que su función será de mantener y/o proporcionar al agua la presión suficiente y necesaria para hacer girar la turbina y de ese modo generar la energía deseada.

a) **Materiales**

Los siguientes factores deben ser considerados cuando se decide cual material se usa para un proyecto de hidrogenación:

- Presión de diseño.
- Método de ensamblaje o unión.
- Diámetro de la tubería y pérdidas por fricción.
- Tamaño y facilidad de instalación.
- Accesibilidad al sitio.
- Terreno.
- Tipo de suelo.
- Diseño y mantenimiento.
- Condiciones climáticas.
- Disponibilidad.
- Costos relevantes.
- Transporte al sitio.

b) **Casa de máquinas.**

Es la estructura que aloja todo el equipo electromecánico, en los que se transforma la energía cinética del agua en energía mecánica y posteriormente en eléctrica.

Una normalización del diseño de la casa de máquinas se puede obtener en función de la posición del eje del grupo turbina generador. Este puede ser horizontal o vertical. En proyectos para pequeñas Centrales Hidroeléctricas, el grupo de eje horizontal ofrece más facilidades para su montaje y mantenimiento, por tal motivo es el más usado.

La transformación de la energía cinética en mecánica, y de mecánica en eléctrica requiere como mínimo dentro de la casa de máquinas de los siguientes equipos:

- Empalme entre la tubería de presión y la entrada a la válvula: Esta reducción empalma la tubería de presión con las dimensiones de la válvula.
- Válvula: Es un elemento que está ubicado entre la tubería de presión y la turbina, permite el paso o el cierre total del flujo.
- Turbina: Permite la transformación de la energía cinética en mecánica. Dispone de un regulador de velocidad que permite ajustar el caudal a la demanda de energía eléctrica.
- Generador: Permite la transformación de energía mecánica en energía eléctrica.
- Canal de salida de las aguas turbinadas: El agua procedente de la turbina sale al río por medio de un tubo difusor; también lo puede hacer a través de una galería que se une con una canal.

c) **Ubicación.**

La ubicación de la casa de máquinas se decide teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

- Debe colocarse cercana al afluente.
- Tener en cuenta que en el canal de desagüe no se acumulen sedimentos que disminuyan la sección.

- Zonas con terrenos estables, y fuera del alcance de riadas.
- Un lugar con buena cimentación
- Prever una posible ampliación
- Facilidad de acceso
- Facilidad de adquirir terrenos.
- Un factor principal en la ubicación de la casa de máquinas es que la disposición de los equipos armonice con el panorama exterior.

3.3 Diseño, construcción e implementación de una Pico Central Hidroeléctrica.

La turbina Michell-Banki es una turbina de acción, de flujo transversal, de admisión parcial y de doble efecto, que posee como elementos principales un inyector o tobera que regula y orienta el flujo de agua que ingresa a la turbina y un rodete que genera potencia al eje de la turbina al recibir doble impulso del flujo de agua que circula por la misma.

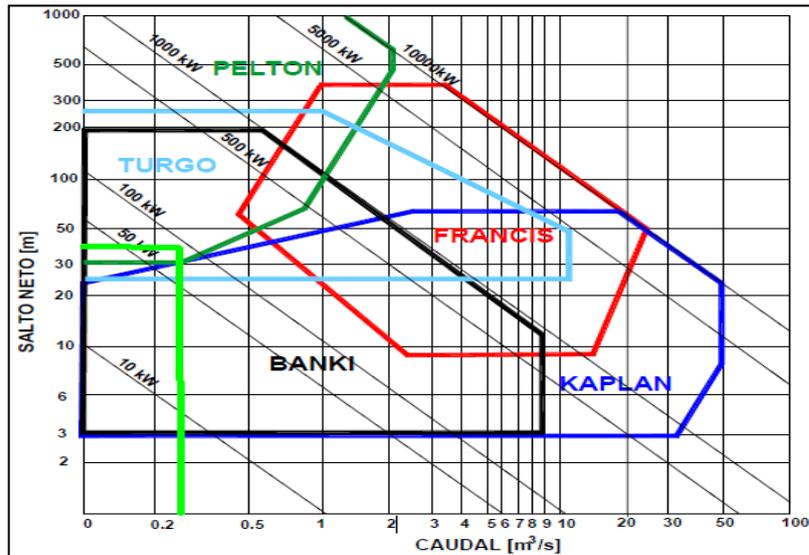
La turbina Michell-Banki es una de las turbinas que presenta mejores perspectivas de utilización en pequeñas centrales hidráulicas, por su simplicidad de diseño y fabricación, su buena eficiencia cuando opera a cargas parciales su reducido costo de fabricación y mantenimiento.

3.3.1 Diseño Hidráulico.-

Uno de los principales criterios de selección de la turbina es la potencia que puede suministrar. La misma que es directamente proporcional a dos magnitudes:

- La altura neta y el caudal turbinable del agua (fig. 3.2)

Fig. No. 3.2 Clasificación de la turbinas en función del salto



Fuente: Fernández Moscony y otros 2003

El diseño de la turbina para este proyecto, una vez inspeccionado el sector se obtuvo como parámetros de construcción los siguientes datos:

Caudal de diseño: 28 l./s. $Q = 0,028 \text{ m}^3/\text{seg.}$

Altura neta aprovechable $h = 18,5 \text{ mts.}$

Aceleración de gravedad. $g = 9,81 \text{ m/seg}^2$

Asumimos que el rodete es de 30 cm. de diámetro exterior y resulta muy adecuado para la mayoría de saltos, ya que la velocidad de giro oscila entre 200 y 700 r.p.m.

En el siguiente grafico (fig. 3.3) observamos la eficiencia de la turbina Michell Banki de acuerdo a la carga parcial mínima y máxima.

Aplicando la ecuación 2.1 tenemos que.

$$P_h = 1000 * 18,5 \text{ m} * 0,028 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)$$

$$P_h = 518 \text{ W}$$

3.3.3 Potencia neta estimada.

Se considera que el agua tiene una densidad de 1000 kg/m^3 y la aceleración de la gravedad constante de 9.8 m/s^2 .

La potencia producida en la turbina será mucho menor que la potencia disponible debido a las pérdidas por fricción en la tubería y en la turbina.

La potencia de salida del generador es menor nuevamente debido a la ineficiencia del sistema de transmisión y generador; más aún, las pérdidas en el transporte de la energía harán al final que el usuario reciba alrededor de la mitad de la potencia disponible del sistema. La eficiencia total del sistema (η) en realidad varía entre 0.4 y 0.6. La potencia recibida por el consumidor, o potencia neta, P_{neta} , es:

$$P_{neta \text{ (estimada)}} = 5 \times Q \times H_{neta}$$

$$P_{neta \text{ (estimada)}} = 5 \times 0,028 \text{ m}^3/\text{s} \times 18,5 \text{ m}$$

$$P_{neta \text{ (estimada)}} = 2,59 \text{ Kw.}$$

3.3.4 Potencia al freno de la turbina.

Corresponde al producto de la potencia hidráulica neta por la eficiencia mecánica de la turbina determinada por la presencia de las pérdidas mecánicas, la eficiencia mecánica de las turbinas depende de sus características. Para micro turbinas es razonable asumir el η_m en el rango de 0,92 – 0,97.

$$P_t = P_h * \eta$$

Ecuación 2.2

Dónde:

Pt = potencia al freno de la turbina.

Ph = potencia neta que puede brindar la central en watts.

Nm = Eficiencia mecánica.

Aplicando la ecuación 2.2 tenemos.

$P_t = 2,59 * 0,95$ Entonces,

$$P_t = 2,49 \text{ Kw} * \frac{1000 \text{ W}}{1 \text{ Kw}} * \frac{1 \text{ cv}}{736 \text{ w}} = 3,34 \text{ cv}$$

3.3.5 Velocidad específica.

La velocidad específica corresponde al número de revoluciones por minuto que daría una turbina, semejante a la que se desea proyectar con el mismo rendimiento. La velocidad específica viene dada por las siguientes ecuaciones.

Numero característico de revoluciones de caudal N_q y de potencia N_s .

Los números característicos se determinan aplicando la ecuación.

$$N_q = n \frac{\sqrt{Q}}{Hn^{3/4}} \quad \text{Ecuación 2.3}$$

$$N_s = n \frac{\sqrt{Pn}}{Hn^{5/4}} \quad \text{Ecuación 2.4}$$

Dónde:

Nq = El número específico de revoluciones de caudal o numero de Brauer.

n = Número optimo de revoluciones.

Q = Caudal.

Hn = Altura neta.

Ns = Es la velocidad específica de la turbina. [Rpm]

3.3.6 Numero óptimo de revoluciones

El numero optimo de revoluciones con debe girar la turbina se determina aplicando la siguiente ecuación.

$$N = \frac{39.85 Hn^{1/2}}{De}$$

En este caso se asume un diámetro de rodete de 0.3 metros, y remplazando valores en la formula, se obtiene un numero óptimo de revoluciones.

$$N = \frac{39.85 * 16.5^{1/2}}{0.3 \text{ m}}$$

Ecuación 2.5

$$N = 571 \text{ r.p.m.}$$

Se tomará como relación 570 rpm para razones de diseño.

Realizando una comprobación de la aplicación de la turbina Michell Banki, se determina el número específico de revoluciones.

$$Nq = 570 \frac{\sqrt{0.028}}{18.5^{5/4}} \quad Nq = 570 \frac{0.167332}{8.9202}$$

$$Nq = 10.69 \text{ r.p.m.}$$

$$Ns = 570 \frac{\sqrt{5.57}}{18.5^{5/4}} \quad Ns = 570 \frac{2.36}{38.36} \quad (2.4)$$

$$Ns = 50.14 \text{ r.p.m.}$$

Tabla N° 3.1 Selección del tipo de turbina.

Tipo de turbina	Nq	Ns
Turbina Pelton de 1 tobera	Hasta 9	Hasta 30
Turbina Pelton de 2 tobera	4 a 13	14 a 42
Turbina Pelton de 3 toberas o más	5 a 22	17 a 73
Turbina Michell Banki	18 a 60	60 a 200
Turbina Francis Lenta	18 a 38	69 a 125
Turbina Francis Normal	38 a 68	125 a 225
Turbina Francis Rápida	68 a 135	225 a 450
Turbina Axial	105 a 300	350 a 1000

Fuente: Elaborado por: Postulantes.

3.3.7 Diagrama de velocidades.

Los perfiles de los álabes de la turbina se determinan en base a los diagramas de velocidad en cada punto del rodete. Para determinar estos diagramas, es necesario definir la velocidad de salida del agua del inyector, la que se determina en base a la ecuación de Bernoulli aplicada entre la superficie del reservorio, donde la velocidad del agua es aproximadamente cero y a la salida del inyector (fig. No. 3.3)

$$\frac{P_o}{\gamma_w} + \frac{C_o^2}{2 * g} + Z_o = \frac{P_i}{\gamma_w} + \frac{C_i^2}{2 * g} + Z_i + \Delta H_t + \Delta H_i \quad \text{Ecuación 2.6}$$

Donde:

Co y Ci: representan la velocidad de una partícula de agua en la superficie del reservorio y en la salida del inyector, respectivamente.

Po y Pi: representan las presiones en la superficie del reservorio y en la salida del inyector, respectivamente. En este caso ambas presiones pueden ser iguales a la atmósfera cuando la descarga de la turbina se realiza sin tubo de succión.

Zo y Zi: representan los niveles topográficos, en la superficie del reservorio y la posición del inyector, respectivamente, y su diferencia es igual al salto bruto.

Wy y g: representan el peso específico del agua y la aceleración de la gravedad, respectivamente.

ΔH_t : La pérdida de presión por efecto de la fricción del agua con las paredes de la tubería de presión.

ΔH_i : es la pérdida de presión por efecto de la fricción del agua con las paredes del inyector.

Con estas consideraciones, se determina que la velocidad del agua a la salida del inyector es:

$$C_i = \sqrt{1 - \frac{\Delta H_i}{H}} * \sqrt{2 * g * H} \quad \text{Ecuación 2.7}$$

Donde H es el salto efectivo o neto de la central, obtenido de la diferencia entre el salto bruto y las pérdidas de presión de la tubería. Así mismo se define Kc, como el coeficiente de velocidad del inyector representada por:

$$K_c = \sqrt{1 - \frac{\Delta H_i}{H}} \quad \text{Ecuación 2.8}$$

Con lo cual la velocidad de salida del agua del inyector queda expresada por:

$$C_i = C_2 = K_c * \sqrt{2 * g * H} \quad (2.7)$$

En forma práctica Kc posee valores comprendidos entre 0.97 y 0.98. Este coeficiente afecta a la velocidad absoluta de entrada y tiene en cuenta las pérdidas que se generan en el escurrimiento dentro del inyector.

De acuerdo a esto se puede decir que el coeficiente K_c afectará de manera directa al rendimiento hidráulico de la turbina.

Cuando K_c se aleja de la unidad de crecimiento su valor (lo que equivale a un inyector ineficiente) se hace necesario un incremento en el ángulo de admisión de la turbina.

$$C_i = 0.98 * \sqrt{2 * 9.81 \frac{m}{seg^2} * 18.5 mts}$$

$$C_i = 18.66 m/seg$$

La velocidad del agua a la salida del inyector es igual a la velocidad de ingreso del agua del rodete. Este chorro de agua a su vez se orienta hacia el rodete con un ángulo promedio denominado α_2 , el cual posee valores prácticos que se encuentran alrededor de los 16° , según la facultad de Ingeniería - laboratorio de máquinas hidráulicas curso “PEQUEÑAS CENTRALES HIDRAULICAS”

$$\alpha_2 = 16^\circ \text{ valores prácticos.}$$

También es conocido en las turbinas de acción, la velocidad se expresa por.

$$U_2 = K_u * C_2 * \cos\alpha_2$$

Ecuación 2.9

Siendo K_u el coeficiente de velocidad tangencial que en el caso de las turbinas de acción posee un valor aproximado de 0.5; entonces $K_u = 0.5$

En todo caso la velocidad tangencial queda determinada por lo siguiente.

$$U_2 = 0.5 * 18.66 * \cos 16^\circ$$

$$U_2 = 8.96 m/seg$$

Con estas velocidades se determina la velocidad relativa y con el ángulo β_2 se concluye la construcción del diagrama de velocidades, mostrado en la figura 3.4 en la entrada del rodete.

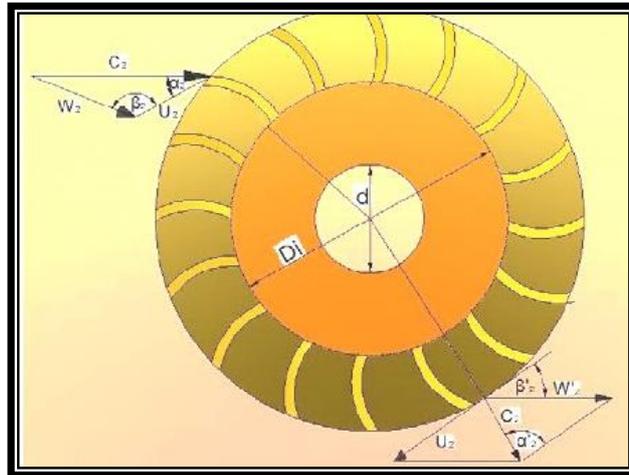
$$W_2 = C_2 * \sqrt{1 - K_u * (2 - K_u) * \cos^2 16}$$

Ecuación 2.9

$$W_2 = 18.66 * \sqrt{1 - 0.5 * (2 - 0.5) * \cos^2 16}$$

$$W_2 = 10,32 \text{ m/seg}$$

Fig. N° 3.4: Triángulo de velocidades de la turbina Michell Banki



Fuente: http://www.biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0550_M.pdf

En el interior del rodete se cumple que los triángulos de velocidad son iguales, debido a que.

$$U_1 = U'_1$$

$$C_1 = C'_1$$

$$\alpha_1 = \alpha'_1$$

$$\beta_1 = 180 - \beta'_1$$

Por lo que se llega a la conclusión que:

$$\beta_1 = 180 - 90^\circ$$

A la salida del agua del rodete, se forma el diagrama de velocidades en el que.

$$U'_2 = U_2 = K_u * C_2 + \text{Cos } \alpha_2 \quad \text{Ecuación 2.10}$$

$$U'_2 = U_2 = 0,5 * 18,66 \frac{m}{s} + \text{Cos } 16^\circ$$

$$U'_2 = 8,96 \text{ m/seg (2.9)}$$

$$\beta_2 = 180 - \beta'_2 \quad \text{Ecuación 2.11}$$

$$\beta'_2 = \text{arcSen} \left[\frac{\text{Sen } \alpha_2}{(1 - K_u * (2 - K_u) * \text{cos}^2 \alpha_2)^{1/2}} \right] \quad \text{Ecuación 2.12}$$

$$\beta'_2 = \text{arcSen} \left[\frac{\text{Sen } 16^\circ}{(1 - 0,5 * (2 - 0,5) * \text{cos}^2 16^\circ)^{1/2}} \right]$$

$$\beta'_2 = \text{arcSen} \left[\frac{0,28}{0,55} \right]$$

$$\beta'_2 = 30,6^\circ = 30^\circ$$

3.3.8 Velocidad relativa.

La misma estaría expresada por:

$$W'_2 = K_f * W_2 \quad \text{Ecuación 2.13}$$

Donde K_f es el coeficiente de velocidad relativa que expresa la pérdida por fricción del agua con los alabes del rodete, y su valor se aproxima a 0.98.

$$W'_2 = 0,98 * 10,32$$

$$W'_2 = 10,11 \text{ m/s}$$

Con estas velocidades se obtiene la velocidad absoluta del agua a la salida del rodete y se expresa por:

Ecuación 2.13

$$C'2 = C2\sqrt{Kf^2 (1 - Ku(2 - Ku)COS^2 \alpha2)} + Ku * COS^2 \alpha2 - 2Kf * COS^2 \alpha2(1 - Ku)Ku$$

$$C'2 = 18,66\sqrt{0,98^2(1 - 0,5(2 - 0,5)COS^2 16^\circ)} + 0,5 * COS^2 16^\circ - 2(0,98) * COS^2 16^\circ(1 - 0,5)0,5$$

$$C'2 = 18,66 (0,5514)$$

$$C'2 = 10,28 \text{ m/seg}$$

El ángulo de salida con respecto a la tangente del rodete se obtiene con la siguiente expresión.

Ecuación 2.13

$$\alpha'2 = \text{arcSen} \left[\frac{Kf * \text{Sen } \beta'2 \sqrt{(1 - Ku(2 - Ku)COS^2 \alpha2)}}{\sqrt{Kf^2 + KuCOS^2 \alpha2 * (Ku(Kf^2 * (2 - Ku)) - Kf)}} \right]$$

$$\alpha'2 = \text{arcSen} \left[\frac{0,98 * \text{Sen } 30 \sqrt{(1 - 0,5(2 - 0,5)COS^2 16^\circ)}}{\sqrt{0,98^2 + 0,5(COS^2 16^\circ * (0,5(0,98^2 * (2 - 0,5)) - 0,98))}} \right]$$

$$\alpha'2 = 89^\circ$$

Todas estas expresiones se pueden representar en forma práctica cuando se definen las constantes $\alpha2 = 16^\circ$, $Kc = 0.98$, $Ku = 0.5$, $Kf = 0.98$ donde se obtienen las siguientes expresiones.

$$C2 = 4,34 * \sqrt{H} = C2 = 4,34 * \sqrt{18,5} = 18,66 \text{ m/s}$$

2.15

$$U2 = 2,09 * \sqrt{H} = U2 = 2,09 * \sqrt{18,5} = 8,98 \text{ m/s}$$

2.16

$$W2 = 2,4 * \sqrt{H} = W2 = 2,4 * \sqrt{18,5} = 10,32 \text{ m/s}$$

2.17

$$W'2 = 2,35 * \sqrt{H} = \quad W'2 = 2,35 * \sqrt{18,5} \quad = 10,10 \text{ m/s}$$

2.18

$$\beta'2 = 29,83^\circ = 30^\circ$$

2.19

$$\beta1 = 90^\circ$$

2.20

Como se puede observar los diagramas de velocidades sólo dependen del salto y los ángulos son independientes de las condiciones de salto y caudal.

Para determinar la eficiencia hidráulica de la turbina η_h , se aplica la ecuación general de las turbinas:

$$\eta_h * g * H = U2 * C2 * \cos \alpha2 - U'2 * C'2 * \cos \alpha'2$$

Y se obtiene que:

$$\eta_h = 2 * Kc^2 * \cos^2 \alpha2 * Ku * (1 - Ku) * (1 + Kf) \quad \text{Ecuación 2.20}$$

$$\eta_h = 2 * 0,98^2 * \cos^2 16 * 0,5 * (1 - 0,5) * (1 + 0,98) * 100\%$$

$$\eta_h = 87\%$$

Además de eficiencia hidráulica debemos determinar la eficiencia volumétrica, las pérdidas por choque y las pérdidas mecánicas.

En el caso de la turbina Michell Banki su eficiencia puede alcanzar el 82 % cuando se obtienen buenos acabados en su fabricación.

3.3.9 Longitud del rodete.

El ancho interno del rodete o longitud del rotor, se obtiene luego de realizar el diseño del detalle del inyector y además debemos considerar el espacio requerido para realizar el proceso de soldadura de los alabes en los discos.

Según Hernández, C. Diseño y estandarización de turbinas Michel Banki. **Una forma de estimar el ancho del rodete es considerarlo con un 50% mayor que el ancho del inyector.**

Para definir la geometría del inyector es necesario considerar en el diseño una buena conducción y aceleración del flujo del agua, así como también una adecuada orientación y regulación del flujo hacia los alabes del rodete. La única dimensión que varía en función del salto y caudal con que se diseña la turbina es el ancho del inyector el cual se calcula con la siguiente fórmula:

Ecuación 3.21.

$$B = \frac{Q}{p(\pi D_e - eZ) K_o K_c \sqrt{2gH \text{ Sen}\alpha^2}}$$

Donde:

B = Ancho interno del inyector expresado en m.

Q = Caudal máximo que fluirá por la turbina en m³/seg.

P = Factor de arco de admisión = 1

E = Espesor del alabe del rodete expresado en m.

Z = Número de alabes

K_o = Porcentaje de la circunferencia exterior del rodete por donde ingresa el agua.

Para el diseño del ancho del inyector se emplea una formula práctica, en m.

$$B = \frac{0,96 \times Q}{D_e \times \sqrt{H}}$$

Ecuacion 3.22.

$$B = \frac{0,96 \times 0,028}{D_e \times \sqrt{18,5}}$$

$$B = \frac{0,02688}{1,29}$$

$$B = 0,02 \text{ m}$$

Como se observa el ancho del inyector (fig. 3.5) determinado es de 2 cm. Sin embargo los postulantes enunciamos que se procedió a determinar in situ el ancho de salida del caudal, el mismo que nos da con un valor de 8 cm. El cual se tomará con dato para determinar la longitud del alabe ó rodete.

Fig. N° 3.5: DIÁMETRO DE INYECTOR.



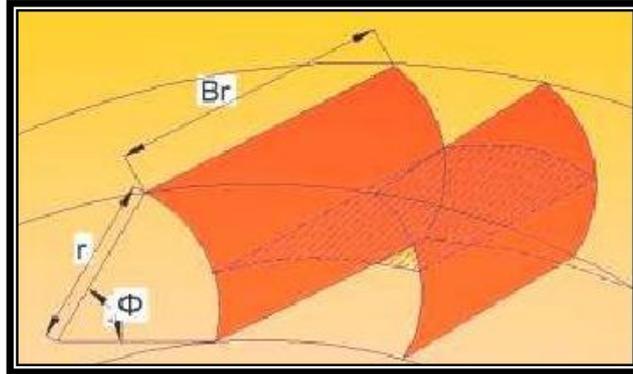
Fuente: Elaborado por: Postulantes.

Conforme a lo enunciado el ancho de la turbina será de la siguiente dimensión.

$$Br = 1,5 * 8 \text{ cm}$$

$$Br = 12 \text{ cm}$$

Fig. N° 3.6: DIMENSIÓN DE ALABE Ó LONGITUD DE RODETE.



Fuente: Elaborado por: Postulantes

3.3.10 Geometría del inyector con alabe directriz.

Cuando se define una geometría de inyector con alabe directriz, se requiere definir el perfil del mismo, considerando un balance de pérdidas de presión en los flujos de agua en el que se divide el caudal por efecto del alabe, de tal forma que al tener igualadas ambas pérdidas, se obtenga la misma velocidad de salida en ambos conductos.

Para nuestro caso los postulantes nos referimos al diseño del inyector con alabe directriz. El cual se muestra las dimensiones en la posterior tabla, la misma esta determinada por un paquete computacional que indica que el inyector varia solamente en funcion del diametro y no sufre cambio cuando varia el caudal y el salto.

Se da a conocer la geometría del inyector con álabe directriz, el cual se calcula en base a la metodología descrita en el párrafo anterior y considerando un alabe cuya geometría aéreo dinámica reduzca el torque de accionamiento para la regulación del flujo del agua.

Considerando este que no sufre variación cuando se le diseña para diferentes saltos y caudales, únicamente el parámetro que varía en función del salto y caudal, es el ancho del inyector, siendo.

$$B = 0,080 \text{ m}$$

Las dimensiones del perfil del inyector para diferentes diámetros de rodete, se muestran en la tabla 3.8, para el caso del proyecto se tomó el diámetro de 300 mm de donde:

Fig. N° 3.7: ESQUEMA DE PERFIL DE INYECTOR Y DEL ALABE DIRECTRIZ.

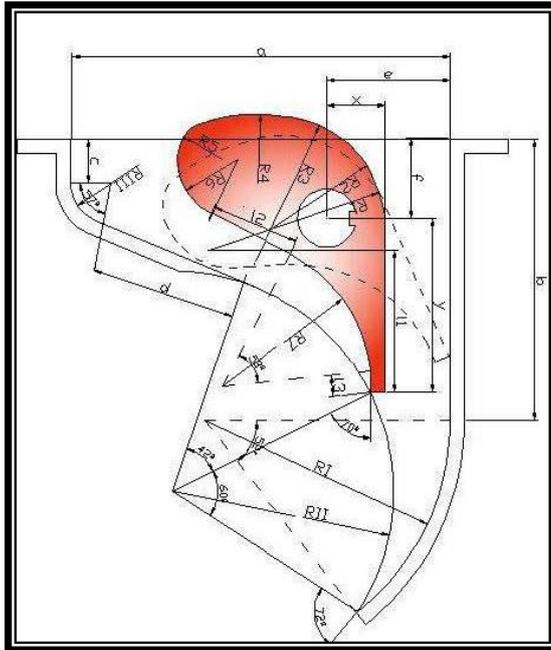


Tabla N° 3.8: DIMENSIONES DEL PERFIL DEL INYECTOR Y ALABE DIRECTRIZ.

COTA	Diámetro de rodete en mm				
mm	200	300	400	500	600
a	174	261	348	435	522
b	160	195	260	325	390
c	20	31	41	52	62
d	64	102	136	170	204
e	60	85	113	142	170
f	44	55	73	92	110
RI	112	168	224	280	336
RII	101	151	201	252	302
RIII	18	28	37	47	56
R1	83	133	177	138	161
R2	46	75	100	96	111
R3	68	110	110	138	160
R4	40	70	80	83	126
R5	20,5	35	50	52	66
R6	26	45	77	52	29
R7	57	100	90	101	126
x	37	40	47	48	63
y	110	120	136	147	211
L1	57	98	111	122	179
L2	34	60	70	90	136
L3	21	24	27	25	64

Fuente: OLADE Manual de Diseño estandarización y fabricación de equipos para pequeñas centrales hidroeléctricas, 1988

El chorro entra al rotor con un ángulo α_2 que es contante en toda la admisión y la tangente a la periferia de la rueda, el flujo que abandona las paredes solidas del inyector es definido como un chorro libre.

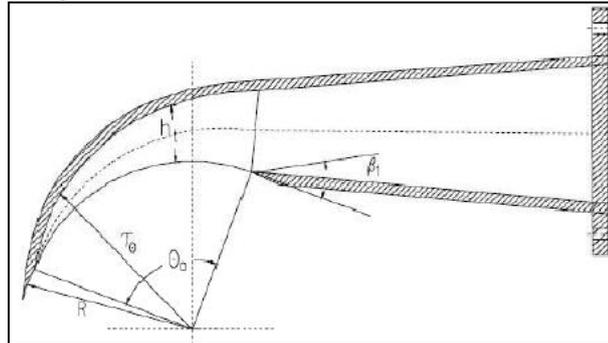
La velocidad a la salida del inyector tiene un valor un poco más pequeño que el valor de diseño lo que provoca un incremento en el arco de entrada.

Según Tesis elaboración e implementación de un software para el diseño de turbinas Michell Banki de hasta 1 Mw, 2010, la diversidad de diseño en la geometría del inyector hace que se adopten distintos ángulos de admisión.

A través de las diversas investigaciones que se han realizado sobre estas maquinas los ángulos de admisión del inyector van desde los 30° hasta los 120°.

Gran parte de las bibliografías existentes parecen coincidir con el ángulo de admisión optimo (Θ_{ad}) para este tipo de turbinas es de alrededor de 90°.

Fig. No. 3.8 ÁNGULOS DEL INYECTOR



Fuente: Elaborado por: Postulantes

3.3.11 Geometría del rodete.

La geometría del rodete se determina en base a los ángulos obtenidos de los diagramas determinados anteriormente, así tenemos que la relación del diámetro interno (D_i) con respecto al diámetro externo (D_e), se expresa por.

$$\frac{D_i}{D_e} = \sqrt{\frac{(2 Ku \cos^2 \alpha_2 - 1) + \sqrt{1 - 4 \cos^2 \alpha_2 (1 - Ku)Ku}}{2 Ku^2 \cos^2 \alpha_2}}$$

Ecuación 3.23

Considerando $\alpha_2 = 16^\circ$ y $Ku = 0,5$ de donde se obtiene el diámetro interno de la siguiente forma.

$$D_i = 0,66 D_e$$

**Ecuación
3.23(a)**

3.3.12 Diámetro interno del rodete (Di).

El diámetro interno permitirá determinar los valores necesarios para el diseño del rodete de la Pico Central Hidroeléctrica.

$$D_i = 0,66 D_e$$

$$D_i = 0,66 * 0,3 \text{ m.}$$

$$D_i = 0,2 \text{ m.}$$

3.3.13 Radio de curvatura de los alabes.

El radio de curvatura r , de los alabes se expresa en función del diámetro del rodete y del ángulo del alabe β'^2 entonces.

$$r = \frac{D_e}{4 * \cos \beta'^2} * \left[1 - \left(\frac{D_i}{D_e} \right)^2 \right]$$

Ecuación 3.24

Sustituyendo los valores conocidos, se puede expresar mediante.

$$r = 0.163 * D_e$$

Ecuación

3.24(a)

Entonces si determinamos el radio de curvatura tendremos:

$$r = 0.163 * D_e$$

$$r = 0.163 * 0,3 \text{ m.}$$

$$r = 0.05 \text{ m.}$$

3.3.14 Ángulo de curvatura del alabe.

El ángulo de curvatura del alabe se determina mediante la siguiente ecuación.

$$\Theta = 2 * \operatorname{arctg} * \left[\frac{\cos \beta' 2}{\frac{D_i}{D_s} + \operatorname{sen} \beta' 2} \right] \quad \text{Ecuación 3.25}$$

$$\Theta = 2 * \operatorname{arctg} * \left[\frac{\cos 30}{\frac{0,20}{0,80} + \operatorname{sen} 30} \right]$$

$$\Theta = 2 * \operatorname{arctg} * \left[\frac{0,87}{1,17} \right]$$

$$\Theta = 73,27^\circ$$

3.4 GEOMETRÍA DE LA CARCASA.

La geometría de la carcasa para la turbina Michell Banki se la diseña considerando el arco de salida del flujo del agua en el rodete y su trayectoria. Esta geometría es muy variada por tal motivo se presentará la longitud mínima a la salida de la turbina para que no se produzca el ahogamiento de la turbina, cabe señalar que la función de la carcasa es la de evitar salpicaduras debido a que la turbina trabajará a presión constante, debido a que se presenta el efecto ventilante ocasionado por el alabe directriz y la fuerza de gravedad.

Obtenemos el arco total del rodete aplicando la siguiente ecuación.

$$\Theta_t = \Theta_0 + \Theta_1 + \Theta_2 + \Theta_{ad}.$$

Donde:

$$\Theta_0 = K_0 * 360^\circ$$

$$\Theta_1 = \frac{r * \Theta}{w_2} * \frac{360}{60} * N$$

En donde Θ en radianes:

$$\Theta_2 = \frac{\Theta_1}{K_f}$$

En forma práctica esta relación se expresa por:

$$\Theta_t = \Theta_0 + 163^\circ$$

Entonces:

$$\Theta_t = 90^\circ + 163^\circ$$

$$\Theta_t = 253^\circ$$

Sabiendo que el área mínimo (para no provocar freno hidráulico) de desfogue a la salida del rotor.

$$A_{desf} = \frac{Q}{C'_2}$$

Donde:

C'_2 = Velocidad salida del rodete, m/s

Q = Caudal de diseño, m^3/s

A_{desf} = Área de desfogue m^2

Ahora.

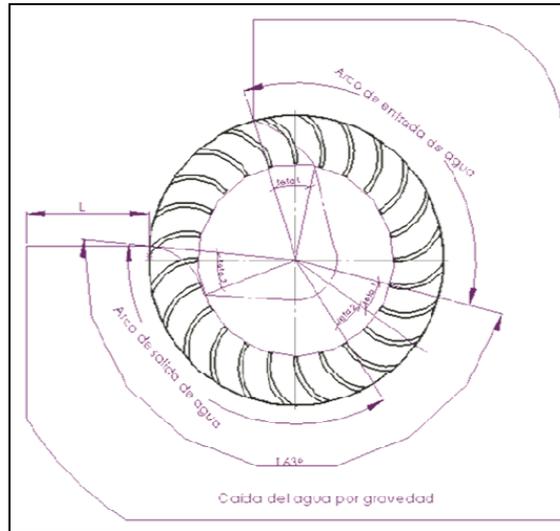
$$A_{desf} = B_r * L$$

Donde:

B_r = Ancho de rodete en m.

L = Longitud mínima de alojamiento.

Fig. 3.9 ARCO DE TRABAJO DE UN RODETE MICHELL BANKI



Elaborado por: Postulantes

3.5 DISEÑO DE LA TUBERÍA FORZADA.

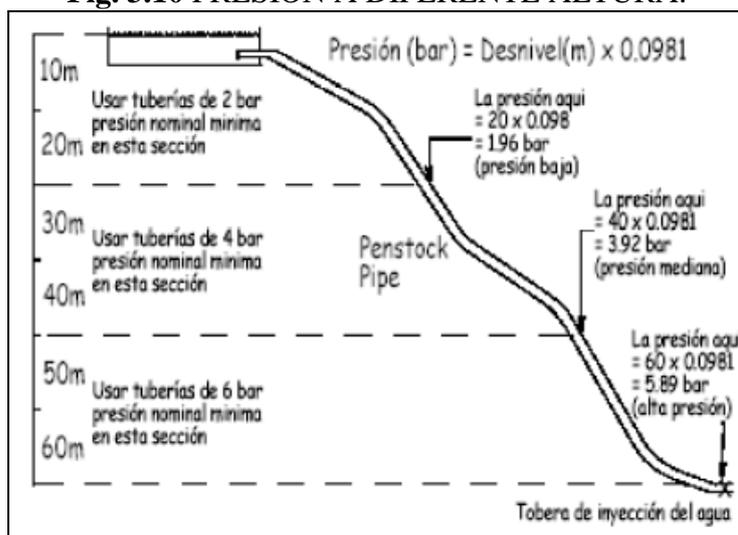
La tubería forzada es un tramo recto la misma que se llenará de agua y por medio del peso del volumen que se encuentra en la parte superior proporcionará una presión en la tobera requerida para hacer girar la turbina.

3.5.1 Selección de la tubería.

Los postulantes hemos tomado en consideración tres parámetros generales al momento de escoger la tubería forzada.

- El material.
- El diámetro para el caudal, la misma depende de la longitud total y del caudal.
- La presión nominal. Este dependerá del desnivel neto.

Fig. 3.10 PRESIÓN A DIFERENTE ALTURA.



Fuente: Elaborado por: Postulantes.

Para saber a qué presión circulará el caudal en la tubería es necesario determinar la presión en el sistema, la cual se encuentra fácilmente al conocer el dato de desnivel con lo cual observamos el comportamiento de la presión en el interior de la tubería.

$$\text{Presión (bar)} = \text{Desnivel (m)} \times 0,0981$$

$$\text{Presión (bar)} = 18,5 \text{ (m)} \times 0,0981$$

$$\text{Presión} = 1,813 \text{ bares}$$

$$\text{Presión} = 26,28 \text{ PSI}$$

Conforme a lo determinado, la presión procedemos a determinar el diámetro nominal de la tubería por la cual deberá circular el caudal hasta la turbina.

3.5.2 Determinación del diámetro interior de la tubería de presión.

Para determinar el diámetro interno de la tubería de presión empleamos la siguiente ecuación.

Ecuación 2.5

$$D = \sqrt[7]{0.0052Q^3}$$

Dónde:

D_i = Diámetro interno de la tubería de presión

Q^3 = Caudal (El caudal de diseño es de 28 litros/segundo)

Determinamos el diámetro interno de la tubería con la ecuación (2.5), al reemplazar los valores conocidos y tenemos el siguiente resultado.

$$D_i = \sqrt[7]{0.0052(0.028)^3}$$

$$D_i = 0.1019\text{m} \implies 101.9\text{mm}$$

$$D_i = 4.012\text{Plg.}$$

Durante la realización de toma de datos nos cercioramos que la tubería encontrada en el sector de la implementación de la PCH es de 4" de diámetro en tubería de acero al carbono, podemos destacar que la tubería tranquilamente puede ser utilizada con la red principal de conducción del caudal.

Fig. N° 3.11 IDENTIFICACIÓN DE LA TUBERÍA EN SITÚ



Elaborado por: Postulantes

3.6 DISEÑO Y CÁLCULOS MECÁNICOS DEL RODETE.

El diseño de una turbina se realiza para poder definir las dimensiones de cada una de las piezas, las mismas que una vez ensambladas darán forma a la turbina como máquina. Aquí se consideran sistemas adecuados de montaje, así como aspectos relacionados con el uso y mantenimiento adecuados.

Con los cálculos mecánicos lo que se pretende es comprobar si los materiales que se utilizan para la construcción de cada una de las piezas están dentro los límites de esfuerzos.

La carcasa en esta turbina está diseñada para que el flujo del agua a la salida del rodete se oriente hacia la carcasa de descarga

3 .6.1 Numero de alabes del rotor.

La selección del número de álabes se realizará en base al diámetro y las condiciones de funcionamiento de la turbina, es decir, altura y caudal.

Se deberá tener en cuenta que un reducido número de álabes provocará pulsaciones en la generación de la potencia, y un número elevado producirá una aceleración de la vena fluida con el consiguiente aumento de las pérdidas y el efecto de reja.

El número de álabes está en función del diámetro del rodete, es así que se tiene el número óptimo de álabes del rodete (fig. 3.9).

Tabla 3.3: SELECCIÓN DE ALABES PARA RODETE.

D_e [mm]	Z
200	22
300	24
400	26
500	28
600	30

Fuente: Elaborado por: postulantes

La fuerza que actúa sobre cada uno de los alabes para la determinación posterior del espesor se la determina conforme la siguiente ecuación, donde $\alpha_2 = 16^\circ$

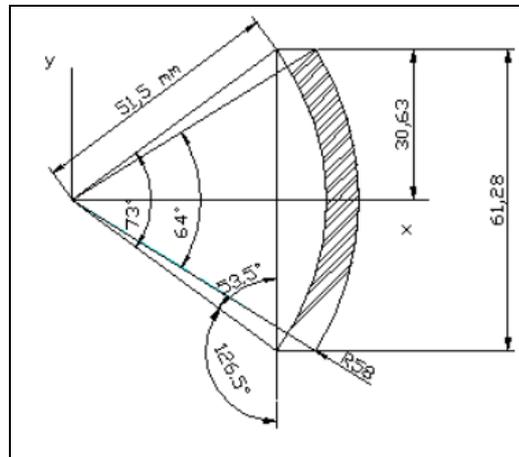
$$F = 46,5 Q\sqrt{H}$$

$$F = 46,5 \cdot 0,028\sqrt{18,5}$$

$$F = 5,60 \text{ Kg}$$

Los alabes se fabricaran tomando secciones de tubo de presión con costura en material AISI1020 de espesor de $\frac{1}{4}$ de plg.

Fig. 3.12 SEGMENTO CIRCULAR DEL ALABE.



Fuente: Elaborado por: postulantes.

Como se evidencia en la fig. 3.12 el alabe es un segmento circular del cual vamos a determinar el área de la misma.

Aplicamos la siguiente fórmula matemática.

$$x^2 + y^2 = r^2$$

Haciendo relación a que el centro del alabe es el origen de coordenadas tenemos:

$$\text{Para } R1 = x^2 + y^2 = (5,15)^2$$

$$\text{Dónde: } x = \sqrt{5,15^2 - y^2}$$

$$\text{Para R2 } x^2 + y^2 = (5,8)^2$$

$$\text{Dónde: } x = \sqrt{5,8^2 - y^2}$$

Entonces la integral del área será.

Para 1

$$A_1 = \int_0^{3,06} x^2 dy$$

$$A_1 = 2 \int_0^{3,06} \sqrt{5,15^2 - y^2} dy$$

$$A_1 = 2 \left[\frac{y}{2} \sqrt{r^2 - y^2} + \frac{r^2}{2} \operatorname{sen}^{-1} \frac{y}{r} \right]_0^{3,06}$$

$$A_1 = 2 \left[\frac{3,06}{2} \sqrt{5,15^2 - y^2} + \frac{5,15^2}{2} \operatorname{sen}^{-1} \frac{3,06}{5,15} \right]$$

$$A_1 = 29,53 \text{ cm}^2$$

Para 2:

$$A_2 = 2 \int_0^{3,06} x^2 dy$$

$$A_2 = 2 \int_0^{3,06} \sqrt{5,8^2 - y^2} dy$$

$$A_2 = 2 \left[\frac{y}{2} \sqrt{r^2 - y^2} + \frac{r^2}{2} \operatorname{sen}^{-1} \frac{y}{r} \right]_0^{3,06}$$

$$A_2 = 2 \left[\frac{3,06}{2} \sqrt{5,8^2 - y^2} + \frac{5,8^2}{2} \operatorname{sen}^{-1} \frac{3,06}{5,8} \right]$$

$$A_2 = 33,75 \text{ cm}^2$$

Determinando el área neta esta será igual a:

$$A_{neta} = A_2 - A_1$$

$$A_{neta} = 33.75 - 29.53$$

$$A_{neta} = 4,22 \text{ cm}^2$$

Según Cálculo diferencial e integral, William Anthony Granville, El centro de gravedad de un segmento circular es de:

$$C_z = \frac{2r \text{sen}^3 \gamma}{3(\gamma - \text{sen} \gamma \text{cos} \gamma)}$$

$$\gamma_2 \frac{\Phi_{1,2}}{2}$$

Para 1:

$$x_1 = \frac{2r \text{sen}^3 \gamma_1}{3(\gamma - \text{sen} \gamma \text{cos} \gamma)}$$

$$\gamma_1 = \frac{\Phi}{2}$$

$$\gamma_1 = \frac{73^\circ}{2}$$

$$\gamma_1 = 36,5^\circ$$

$$\gamma_1 = 0,63 \text{ rad.}$$

$$x_1 = \frac{2(5,15) \text{sen}^3 0,63}{3(0,63 - \text{sen} 0,63 \text{cos} 0,63)}$$

$$x_1 = 4,55 \text{ cm}$$

Para 2:

$$x_2 = \frac{2r \operatorname{sen}^3 \gamma_2}{3(\gamma_2 - \operatorname{sen} \gamma \cos \gamma_2)}$$

$$\gamma_2 = \frac{\Phi_{1,2}}{2}$$

$$\gamma_2 = \frac{64^\circ}{2}$$

$$\gamma_2 = 32^\circ$$

$$\gamma_2 = 0,55 \text{ rad.}$$

$$r_1 = 5,8 \text{ cm}$$

$$x_2 = \frac{2(5,15) \operatorname{sen}^3 0,55}{3(0,55 - \operatorname{sen} 0,55 \cos 0,55)}$$

$$x_2 = 5,26 \text{ cm}$$

El radio de giro del alabe es de:

$$x_r = x_2 - x_1$$

$$x_r = 5,26 - 4,55$$

$$x_r = 0,71 \text{ cm}$$

Según apuntes para un manual de diseño estandarizado de equipos y Centrales Hidroeléctrica. El momento de inercia del alabe se aplicando la siguiente fórmula:

$$I_{gx} = r^4 \left(\Phi - \frac{\operatorname{sen} 2 \theta_2 - \operatorname{sen} 2 \theta_1}{2} \right) - (r + e)^4$$

Dónde:

e = espesor del alabe en metros.

r = radio de curvatura del alabe en metros.

$$\theta_1 = \frac{180^\circ - \emptyset}{2}$$

$$\theta_2 = \emptyset + \theta_1$$

\emptyset = ángulo de curvatura del álabe (expresado en radianes)

$$r + e = r_1$$

$$\theta_1 = \frac{180^\circ - \emptyset}{2}$$

$$\theta_2 = \emptyset + \theta_1$$

$$\theta_1 = \frac{180^\circ - 73}{2} = 53,5$$

$$\theta_2 = 0,93 + 1,27$$

$$\theta_1 = 0,93 \text{ rad}$$

$$\theta_2 = 2,2 \text{ rad}$$

3.7 SELECCIÓN TÉCNICA DEL EQUIPO ELÉCTRICO.-

3.7.1 Selección técnica del Generador.-

- ❖ El generador utilizado en el proyecto eléctrico tiene las siguientes características:
- ✓ Motor HONDA made in Japan
- ✓ AC voltaje 110 – 220 V.
- ✓ OUTPUT 3,6 KVA.
- ✓ OUTPUT MAX. 4,5 KV
- ✓ 1800 R.P.M.
- ✓ FRECUENCIA: 60 Hz.

Fig. 3.13 Generador

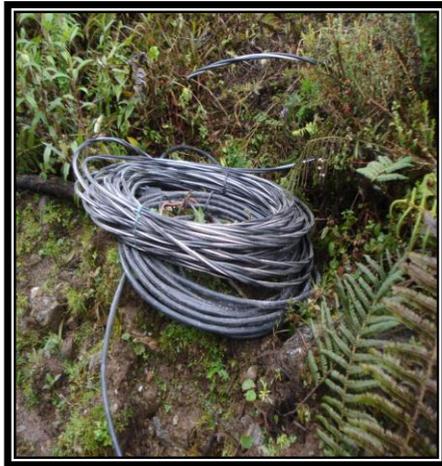


Fuente: Elaborado por: postulantes.

3.7.2 Material eléctrico.-

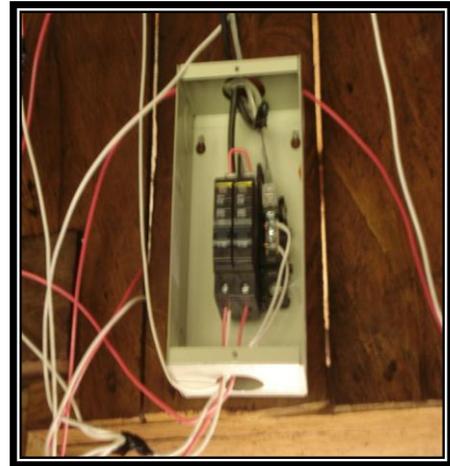
- ❖ 1 Rollo de conductor de aluminio 3 x 8
- ❖ 1 Rollo de conductor No. 12 solido color blanco
- ❖ 1 Rollo de conductor No. 12 solido color rojo
- ❖ 50 canaletas para conductor
- ❖ 50 Focos ahorradores
- ❖ 50 Interruptores
- ❖ 50 Toma corrientes polarizados
- ❖ 2 cajas de distribución de 3
- ❖ 1 Caja de control con los elementos necesarios.

Fig. No. 3.14 CABLE 3x8



Fuente: Elaborado por: postulantes

Fig. No. 3.15 Caja de distribución



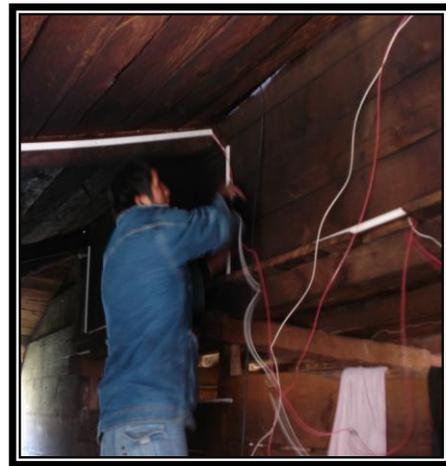
Fuente: Elaborado por: postulantes

Fig. No. 3.16 Caja térmica



Fuente: Elaborado por: postulantes

Fig. No. 3.17 Canaletas



Fuente: Elaborado por: postulantes

3.7.3 INSTALACION DE LA PICO CENTRAL HIDROELECTRICA

3.7.4 Implementación.-

El diagrama sencillo de los diferentes componentes hidroeléctricos comprende una bocatoma pequeña, desarenador rectangular, cámara de carga, tubería de presión, casa de máquinas y equipo turbo generador. (Turbina Michael Banky con el generador de 2.5 Kw. De 1800 rpm. De 110 V. – 220 V, válvulas de control, manómetros de presión).

3.7.5 Bocatoma.-

La bocatoma se encuentra a una altura de 2864 m.s.n.m. y tiene una dimensión de 1,50 x 1m. El líquido vital para el funcionamiento de la turbo máquina es tomado de un riachuelo que se encuentra ubicado frente a la Hostería “Los Llanganates”, que se derivan de las vertientes provenientes de la región montañosa propia del lugar el mismo que es suficiente para el movimiento de la turbina Michael Banki.

La visión del propietario de la Hostería fue aprovechar el recurso natural de la zona, para la formación de esta bocatoma no fue necesario la intervención de la mano del hombre además se encuentra a una corta distancia del desarenador rectangular, la bocatoma se encuentra aproximadamente a unos 40 metros del tanque de presión.

Fig. No. 3.18 Instalación de la bocatoma



Fuente: Elaborado por: postulantes

3.7.6 Canal de conducción.-

Sirve para que el agua llegue sin interrupciones desde la bocatoma hasta el desarenador rectangular tomando en cuenta que el canal de conducción es natural y su recorrido es en línea recta el mismo que está formado por un suelo rocoso propio de la zona y la distancia que recorre es corta, se encuentra ubicado a nivel del camino de tercer orden de la carretera Salcedo Tena (Km. 65)

Fig. No. 3.19 Canal de conducción



Fuente: Elaborado por: postulantes

3.7.7 Desarenador.-

El desarenador cumple una función importante dentro del cuidado de la turbo maquina evitando que ingrese desechos sólidos como piedra, piedra pómez, etc., a la tubería de presión y por ende a la turbina.

El desarenador del proyecto es de flujo horizontal el más utilizado en el medio es de forma rectangular y alargado.

Fig. No. 3.20 Desarenador



Fuente: Elaborado por: postulantes

3.7.8 Tanque de presión.-

El tanque de presión como elemento principal de la Pico Central tiene una profundidad suficiente para garantizar que la boca de la tubería forzada este siempre cubierta de agua. Tomando en cuenta que en esta zona las lluvias son frecuentes y el agua no escasea.

Es necesario recomendar que para cualquier tipo de diseño de un tanque de presión se tome en cuenta la manera como se puede evacuar el agua existente en el mismo para su respectiva limpieza y mantenimiento, buscando la manera de no causar impacto al medio ambiente.

El objetivo principal de la profundidad del tanque de presión es mantener siempre cubierta la boca de la tubería forzada hasta cuatro veces mayor al diámetro de dicha tubería y así podremos evitar que el aire se introduzca en la misma.

La construcción del tanque de presión se ha realizado con los materiales existentes de la zona (piedra y arcilla), resultando su costo bajo, facilitando de esta manera la unión de la tubería forzada con el tanque de presión.

La capacidad aproximada del tanque de presión es de 30 m³

Fig. No. 3.21 Tanque de presión



Fuente: Elaborado por: postulantes

3.7.9 Tubería de presión.-

La trayectoria que debe recorrer el agua desde el tanque de presión hacia la casa de máquinas se lo realiza a través de tubería de presión de diferentes medidas empezando con 6" (distancia de 6 metros), luego de 4" (distancia de 6 metros), para terminar con 2" (distancia de 12 metros) y en la casa de máquinas realizar los respectivos acoples. La distancia total de la tubería de presión es de 24 metros.

La tubería de presión en la casa de máquinas es acoplada a las válvulas tipo mariposa para poder abrir y cerrar el paso de agua, además regular la cantidad de caudal necesario que se necesita para mover la turbina Michael Banki con la presión necesaria que está controlada por dos manómetros de presión.

Para la realización de este proyecto se ejecutaron los cálculos necesarios que se encuentran en el capítulo III el cual tiene las siguientes características.

- ✓ Hierro estirado sin soldadura este tipo de tubería es utilizado en la transportación de petróleo.
- ✓ La tubería se encuentra unida por medio de acoples que fueron construidos en un taller mecánico
- ✓ Se utilizaron válvulas tipo mariposa para su respectiva regulación.
- ✓ Dos manómetros de presión de 150 psi para el caudal.

Fig. No. 3.22 Tubería de presión



Elaborado por: postulantes

3.7.10 Casa de máquinas.-

La casa de máquinas en la Hostería “Los Llanganates” está ubicada a 48 metros de altura del tanque de presión y tiene las siguientes dimensiones 2 x 3 metros y una altura de 2 metros, la construcción de la misma está realizada con materiales propios de la zona (piedra y arcilla) y sus acabados son sencillos por estar en una zona protegida por el Ministerio del Medio Ambiente.

Dicha obra civil tiene la finalidad de proteger la vida útil de la turbo máquina que deberá ser por lo menos de 20 años. Su costo es económico en comparación a otras.

Fig. No. 3.23 Casa de máquinas



Fuente: Elaborado por: postulantes

3.7.11 Cimientos.-

Los cimientos para la casa de máquinas se realizó de acuerdo a las normas de construcción como la dimensión de dicha edificación no es de grandes proporciones se recomendó realizar una zanja de un metro de profundidad. El tipo de suelo es rocoso lo cual facilito el levantamiento de la casa de máquinas.

Fig. No. 3.24 Cimientos



Fuente: Elaborado por: postulantes

3.7.12 Piso.-

El piso siempre deberá estar a una altura considerable del nivel del suelo para evitar inundaciones en la casa de máquinas.

Específicamente el piso donde se ubicara la Pico Central Hidroeléctrica será de concreto puro y estar fijado a nivel para evitar vibraciones de la turbo maquina además deberá tener una mínima pendiente para desfogar el agua de unas posibles fugas.

Fig. No. 3.25 Piso



Fuente: Elaborado por: postulantes

3.7.13 Paredes.-

Las paredes están construidas con bloque de 15 centímetros a una altura de 2 metros y enlucidas para poder tener una mejor protección de la Pico Central que también servirán para colocar los tableros y cajas de distribución.

Fig. No. 3.26 Paredes



Fuente: Elaborado por: postulantes

3.7.14 Canal de desfogue.-

Como Su nombre lo indica sirve para evacuar el agua sobrante que ingresa a la turbina para el movimiento de los alabes el mismo que tiene las siguientes dimensiones de ancho 40 centímetros de altura 40 centímetros está construido de concreto puro para evitar filtraciones y pueda dañar los cimientos de la casa de máquinas, dicho canal empieza en el interior de la misma.

Fig. No. 3.27 Canal de desfogue



Fuente: Elaborado por: postulantes

3.7.15 Cimientos de la turbina.-

La Pico Central Hidroeléctrica compuesta especialmente por la turbina Michael Banki tiene que estar anclada al piso para evitar que el ingreso del agua por medio de la tubería de presión pueda generar vibración y como consecuencia de esto pueda desbalancear la mencionada turbina. Para el respectivo anclaje de la turbina se utilizaron pernos de $\frac{3}{4} \times 2''$ las mismas que están soldadas al piso por medio de una base metálica interna.

Fig. No. 3.28 Cimentación de la turbina



Fuente: Elaborado por: postulantes

3.7.16 Sistema de acoplamiento.-

Los acoples de la turbina Michael Banki con los diferentes elementos que componen la Pico Central se realizó de manera mecánica, con las respectivas seguridades y protecciones para cuidar la vida útil de la turbina.

Fig. No. 3.29 Sistema de acoplamiento



Fuente: Elaborado por: postulantes

3.7.17 MANTENIMIENTO.-

El mantenimiento de los equipos generadores se divide en dos tipos principales de actividad: el mantenimiento eléctrico y el mantenimiento mecánico. Aunque ambos tipos de trabajos pueden realizarse simultáneamente y uno junto a otro, los conocimientos y tareas necesarios son completamente diferentes.

Para realizar tareas de mantenimiento puede ser necesario parar y dismantelar una unidad. El caudal de agua se controla mediante compuertas, es decir, estructuras de acero que permiten bloquear el canal de alimentación para desaguar los canales interiores.

El nivel de agua en reposo a la salida de la turbina (tubo de aspiración) está por debajo del nivel del caracol y de las palas del rodete de la turbina, lo que permite acceder a estas estructuras.

El caracol es una estructura cónica con forma de espiral que distribuye el caudal de agua por el rodete de la turbina de modo uniforme. El agua pasa desde el caracol a través de paletas fijas que dirigen la corriente de agua, y de paletas móviles (compuertas de mariposa) que regulan su volumen.

Si es necesario, es posible desmontar la turbina y el generador de su ubicación normal para colocarlos en el piso principal de la casa de máquinas, por ejemplo para repintar o desengrasar y para reparar y sustituir devanados, rodamientos, frenos o sistemas hidráulicos.

A veces, las palas del rodete, así como las compuertas de mariposa, las paletas fijas y las estructuras de conducción de agua del caracol y del tubo de aspiración, sufren daños debidos a la cavitación. La cavitación se produce cuando la presión del agua es inferior a la presión de su vapor.

Cuando esto ocurre, se forman burbujas de gas y la turbulencia provocada por éstas erosiona los materiales que entran en contacto con el agua. Puede ser necesario reparar los materiales deteriorados por medio de soldaduras o mediante reparación y reaplicación de los revestimientos de las superficies de acero y hormigón.

Si las estructuras de acero sufren corrosión también puede ser necesaria su reparación y la reaplicación de los revestimientos.

3.7.18 Financieros.-

COSTOS DIRECTOS			
DETALLES		COSTOS	
	Cant.	V. Unit.	V. Total
Hojas de papel bond tamaño INEN	500	0,02	10,00
Horas de INTERNET	50	1,00	50,00
Transcripción de la Tesis hojas	150	0,30	45,00
Empastados de la tesis	4	15,00	60,00
Imprevistos			50,00
MATERIALES Y ELEMENTOS PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DE UNA PICO CENTRAL HIDROELECTRICA			
DETALLES		COSTOS	
	Cant.	V. Unit.	V. Total
Generador	1	400,00	400,00
Turbina tipo Pelton de 24 alavés	1	1200,00	1200,00
Metros de tubería de presión 6"	6	15	90,00
Metros de tubería de presión 4"	6	12	72,00
Metros de tubería de presión 2"	12	8	96,00
Metros de tubería de presión de 1"	6	5	30,00
Abrazaderas en C	20	2	40,00
Juego de poleas	1	50,00	50,00
Manómetro de 20 Psi	1	25,00	25,00
Válvula CH.	2	27	54,00
Válvulas de presión en Y	2	38	76,00
Pulsadores	5	0,80	4,00
Regulador de voltaje	1	125,00	125,00
Rollos de conductor No. 12	2	80	160,00
Caja térmica de 4 puntas	1	48,00	48,00
Metros de conductor 3 x 8 de cobre	100	2,00	200,00
Tomas corrientes polarizados	10	0,38	3,80
Interruptores	10	0,10	1,00

Imprevistos 10%	1	1	352,00
SUB TOTAL			3000,00
COSTOS INDIRECTOS			
DETALLE			V. USD.
Alimentación			100,00
Transporte			240,00
Hospedaje para la compra de materiales			50,00
Imprevistos			40,00
SUBTOTAL			430,00

COSTO GLOBAL	
	VALOR
COSTOS DIRECTOS	3000,00
COSTOS INDIRECTOS	430,00
TOTAL	3430,00

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES.-

- Se ha conseguido diseñar y construir la Pico Central Hidroeléctrica en la Hostería Los Llanganates, la misma que permitirá dotar de la energía eléctrica limpia y de calidad en forma eficiente y en una cantidad suficiente para los requerimientos de la misma.
- Se logró instalar una pico central hidroeléctrica con una Turbina Michael Banky la misma que genera 2.5 Kw. De 1800 rpm. De 110V y 220V, suministro que abastece para todas las necesidades energéticas de la Hostería, la cual mejorará la atención de sus clientes y por ende el sector turístico de la región.
- El impacto ambiental por la instalación de la pico central hidroeléctrica es mínimo, ya que no se ha modificado ninguna de sus cauces naturales y no existe contaminación ambiental, ya que se trata de un equipo que no genera combustión ni gases tóxicos que modifique la capa atmosférica, peor aún las cuencas hidrográficas que alimentan la turbina.
- La tecnología utilizada en la pico central hidroeléctrica es sencilla por lo que no requiere de mayores mantenimientos, cabe señalar que su operación es de fácil manipulación y con los conocimientos básicos es posible instalarlas y operarlas en los sectores más apartados de nuestro país.
- Por tratarse de un grupo generador sencillo es aceptado por los sectores rurales en donde el Sistema Nacional Interconectado no puede tener el acceso por la topografía del terreno y la distancia en que se encuentran las edificaciones.

- Los costos de operación crean un beneficio económico a los propietarios que instalaron este sistema, ya que los costos de producción de la energía están alrededor de 0,042 USD el Kw/h, por lo que si representa la inversión en la instalación, la misma que por las bondades que presta y la afluencia de turistas se pagará en corto plazo la inversión de su instalación.

- Con las pruebas de funcionamiento y generación se puede manifestar que su eficiencia es de un 90% y se consigue generar energía eléctrica de calidad y eficientemente y su rendimiento beneficia directamente a los sectores rurales en comparación con otros sistemas que son más complicados de instalarlos y sus costos son superiores.

RECOMENDACIONES.-

- Es necesario tener un plan de mantenimiento y hoja de vida de la pico central, para evitar daños por la falta de un mantenimiento preventivo de la misma.

- Controlar permanentemente el nivel de agua en la boca toma, ya que si no existe el líquido la bomba succionará aire que causaría daños en el equipo y paros inesperados en la generación.

- Conforme al diseño es necesario que se tenga la inclinación adecuada para evitar que en la tubería se produzcan represamientos y falta de aireación del agua y de esta forma evitar la colocación de válvulas de aireación que aumentarían el costo del sistema.

- Es necesario que frecuentemente se esté limpiando el desarenador y sus compuertas para eliminar los sedimentos y malezas que pueden obstruir el paso del agua, así como también evitar el paso de piedras que dañarían la turbina del sistema.
- Se recomienda trabajar a plena carga para optimizar la generación y sea un rédito económico bueno para el propietario.
- En los días lluviosos donde se incrementa el caudal se debe utilizar los inyectores de desfogue y en lo posible no utilizar la compuerta de alivio para evitar el paso excesivo de agua y de esta forma alargar la vida útil del sistema, especialmente daños en el ariete que es muy delicado.
- Revisar periódicamente la carcasa para evitar corrosiones en la misma y dar un tratamiento anticorrosivo a la misma, evitando de esta manera se produzcan oxidaciones que dañan al equipo.
- Dar un mantenimiento adecuado de las obras civiles para evitar que se encuentre a la intemperie o expuesta a la lluvia los equipos.
- Trimestralmente limpiar los canales de suministro de agua para evitar taponamientos y por ende falta de suministro de agua al sistema.
- Se determina de ello que al seleccionar el tipo de turbina más eficiente para el entorno en que se pretende este estudio aplicar, la Turbina Michell Banki es la más adecuada siempre y cuando se observe las especificaciones técnicas de fluido, estiaje temporal mínimo y máximo, así como las condiciones de gradiente de nivel a ser utilizada al implementar la Pico Central Hidroeléctrica, por ende manifiesta que la selección de la turbina es un factor importante que interviene en el éxito del proceso.

BIBLIOGRAFIA.-

BIBLIOGRAFIA CITADA:

- ORTIZ R. Pequeñas centrales Hidroeléctricas 2001
- RIOFRIO P. Micro Hidroenergía 2007
- ITDG Manual de Mini y Micro centrales Hidráulicas 1996
- LAMINA L., AVALOS L. Diseño y Construcción de la Micro central Cubillin, Tesis 15T00280 Riobamba ESPOCH 1997
- OLADE Lineamientos Generales para el desarrollo de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas 1981
- OLADE Apuntes para un Manual Técnico de Diseño, Estandarización y fabricación de Equipos para pequeñas Centrales Hidroeléctricas, Turbinas Pelton 1988.
- CATALOGO, Electro cables C.A. 2008
- MATAIXC, Mecánica de Fluidos y Maquinas Hidráulicas.

BIBLIOGRAFIA VIRTUAL:

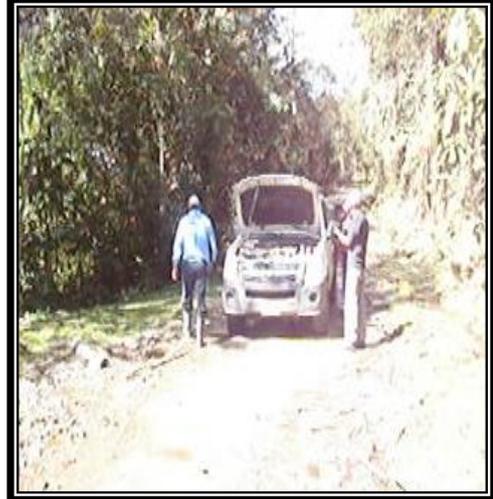
- http://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_hidr%C3%A1ulica
- http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/energia_y_ciencia/2004/08/09/140155.php
- <http://energiacasera.wordpress.com/2010/01/07/pico-central-hidroelectrica-casera/>
- <http://www.cnea.gov.ar/xxi/energe/b14/tromboto.pdf>
- http://www.idae.es/index.php/mod.documentosmem.descargafile=documentos_10374_Minicentrales_hidroelectricas_06_d3d056dd.pdf
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Turbina>
- <http://www.caballano.com/tipos.htm>
- <http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/maquinashidraulicas/turbinas/turbinas.html>

A N E X O S

**RESERVA ECOLÓGICA LLANGANATES
2200 METROS S.N.M.**



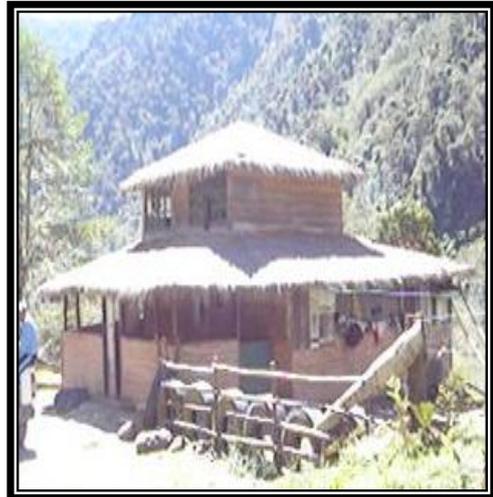
**CARRETERA SALCEDO - TENA
KILOMETRO 65**



**VIAS DE COMUNICACIÓN DE
DE DIFÍCIL ACCESO**



**HOSTERIA "LOS LLANGANATES
SECTOR LAS CARMELITAS**



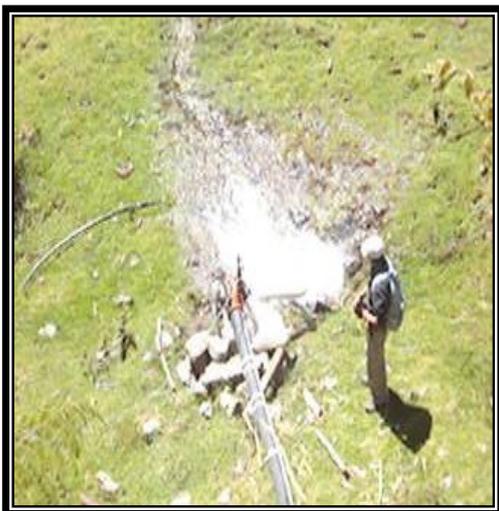
PEQUEÑO MAÑANTAL DE
ABASTECIMIENTO



TANQUE DE EMBALSE
PARA EL FUNCIONAMIENTO



ESPACIO QUE OCUPARA LA
CASA DE MAQUINAS



ANTIGUO SISTEMA DE
GENERACION



**BASE METALICA PARA EMPOTRAR
EN LA CASA DE MAQUINAS**



**ESTRUCTURA METALICA PARA LA
TURBINA MICHEL BANKI**



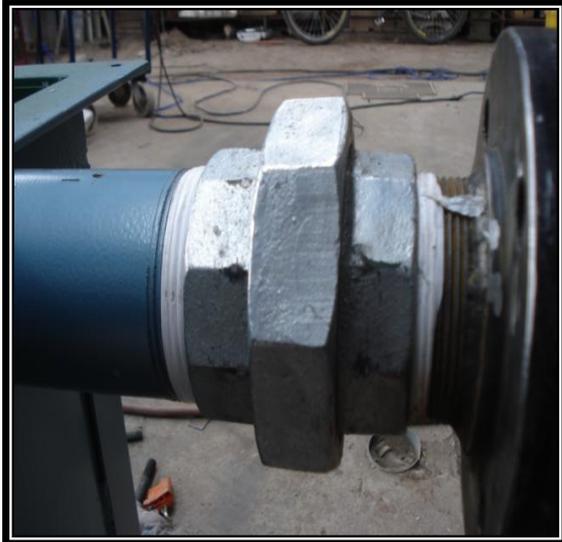
**TURBINA MICHEL BANKI EN HIERRO
FUNDIDO**



**SISTEMA DE POLEAS PARA EL
GENERADOR 110 V 220V.**



SISTEMA DE ACOPLA PARA EL INGRESO DE AGUA



GENERADOR ACOPLADO A LA PICO CENTRAL HIDROELECTRICA



TURBINA MICHEL BANKI LISTA PARA GENERAR



DISEÑO DE LA CAJA DE CONTROL PARA LA CASA DE MAQUINAS



CAJA DE CONTROL CON LOS
DIFERENTES ELEMENTOS



CAJA DE CONTROL CON VOLTIMETROS
Y AMPERIMETROS



TRANSPORTE DE LA PICO CENTRAL
HIDROELECTRICA



VIAS DE DIFICIL ACESO A LA
HOSTERIA "LOS LLANGANATES"



TURBINA MICHEL BANKI EN LA
CASA DE MAQUINAS



CAJA DE CONTROL EN LA PARED DE
LA CASA DE MAQUINAS



TENDIDA DEL CABLE DESDE LA CASA
DE MAQUINAS HASTA LA HOSTERIA



CAJA DE PROTECCION EN EL
INTERIOR DE LA HOSTERIA



CONEXIÓN EN LAS HABITACIONES
DE LA HOSTERIA



ILUMINACION
EXTERIOR



ILUMINACION
INTERIOR



POR LA VINCULACION DE LA UTC CON
CON EL PUEBLO



UTILIZACIÓN DEL GENERADOR.-

Su generador HONDA es un equipamiento seguro, estudiado para garantizar su seguridad. El mismo facilitará lo ejecución de sus trabajo o hará agradables sus momentos de recreación, pero también puede presentar un peligro potencial de electrocución si usted no respeta imperativamente los consejos de utilización dados en este capítulo.

ADVERTENCIA:

- Nunca conectar el generador a una toma de sector.

- No conectar los aparatos a las tomas de salida antes de haber arrancado el generador.

- No modificar el cableado interno del generador.

- No modificar las regulaciones del motor: la frecuencia y la tensión de la corriente suministrada por el generador están directamente vinculadas a la velocidad de rotación, estas regulaciones se efectúan en fábrica.

- Conectar solamente aparatos en buen estado; la mayoría de los útiles eléctricos portátiles

ANEXO II	MANUAL DE FUNCIONAMIENTO	2 - 7
<p>A esta categoría (caso de cubiertas metálicas), es necesario alimentarlos con un cable con 3 conductores (con conductor de tierra), para asegurar la equipotencialidad de las masas en caso de fallo eléctrico.</p> <ul style="list-style-type: none"> • No alimentar más que aparatos cuya tensión especificada sobre su placa de características. Corresponde a la suministrada por el generador. • Las conexiones eléctricas se pueden seleccionar, montar y darles mantenimiento. Los aislantes en buen estado son indiscutiblemente garantes de la seguridad del usuario. Los cables se deben inspeccionar regularmente; se deben reemplazar y no repararse en caso de defecto. Adaptar las longitudes y secciones de las extensiones eléctricas en función del trabajo a efectuar; una extensión compuesta de conductores de sección de 1.5 mm² no debe exceder 60 m, con conductores de una sección de 2.5 mm², no exceder 100 m. • No se recomienda utilizar este generador para aparatos eléctricos como televisor, cadenas hi-fi, microordenadores, etc., que pueden ser incompatibles. • Toda sobrecarga se debe evitar y se deben respetar las reglas siguientes imperativas para optimizar el rendimiento de este generador: la suma de las potencias de los aparatos conectados simultáneamente al generador debe ser compatible con las características proporcionadas en las últimas páginas de este manual, algunos aparatos tienen necesidad de una potencia de arranque superior a su potencia nominal (motores eléctricos, compresores, etc.). Les recomendamos consultar a un concesionario HONDA en caso de duda, no exceder la intensidad máxima especificada para cada toma de salida. 		

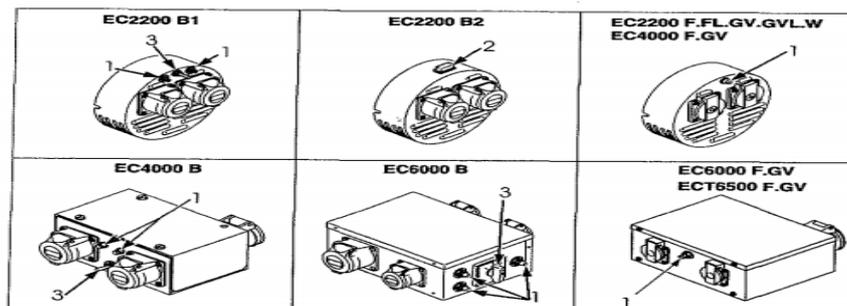
ANEXO III	MANUAL DE FUNCIONAMIENTO	3 - 7
<p data-bbox="304 286 1398 539">• El generador no debe ser cargado hasta su potencia nominal si no se respetan las condiciones normales de refrigeración. En caso de utilización en condiciones desfavorables, velar por reducir la potencia solicitada. Las condiciones ideales de utilización son las siguientes presión atmosférica: 100kPa (1 bar), temperatura del aire ambiente: 25°C, humedad del aire: 30%.</p> <p data-bbox="304 667 1342 703">INFORMACIONES SOBRE LA CONSTRUCCIÓN DEL GENERADOR.-</p> <ul data-bbox="304 831 1398 1279" style="list-style-type: none"> <li data-bbox="304 831 1398 1196">• Los enrollados del generador no están conectados a la masa, por lo tanto, el sistema es seguro por construcción y limita los riesgos de electrocución. Por ende, no es necesario ni se recomienda conectar un punto de los bobinados a la masa del generador, excepto en los casos en que se utilice un disyuntor para efecto diferencial 30mA para protegerá las personas. La instalación de un dispositivo como éste debe ser efectuada por un electricista especializado y requiere que el conjunto de los aparatos se conecte a tierra. <li data-bbox="304 1240 1398 1279">• El disyuntor diferencial actúa en calidad de controlador de defecto de aislamiento. <p data-bbox="304 1406 1398 1496">Corta la alimentación cuerda se produce un defecto sensible entre un conductor bajo tensión y una parte de la masa, lado salida del disyuntor diferencial.</p> <ul data-bbox="304 1624 624 1659" style="list-style-type: none"> <li data-bbox="304 1624 624 1659">• EC2200 tipo 82 (115V) <p data-bbox="304 1704 1398 1962">El enrollado del generador está referenciado Internamente en su punto medio en el chasis del generador. Esto limita el potencial de los conductores del sistema a 57.5V como máximo respecto a este punto de referencia y suministra un camino por lo corriente de defecto. El sistema que tiene una tensión reducida no Impedirá una electrocución que, si se produce, será sin consecuencias graves.</p>		

- ECT6500 (230/400V)

Las dos tomas 230Vmonofásica están conectadas en derivación a los bornes de un enrollado especialmente reforzado para soportar una corriente de 20A. La potencia en 230Vmonofásica proporcionada sobre lo placa de características, y formulada en la tabla de las características, no es disponible más que sobre estas tomas y cuando ninguna otra carga trifásica no está conectada a las salidas del generador. Nunca conectarla toma trifásica del generador a una caja de distribución monofásica.

Durante una utilización simultánea de corriente monofásica 230Vy trifásica 400V, la Intensidad de la corriente por fase no debe exceder JOA.

- Este generador está equipado con un disyuntor térmico que actúa en calidad de seguridad de sobrecarga. Si la distribución de la corriente eléctrica se interrumpe en curso de utilización, esto puede ser ocasionado por una sobre carga que provoca el disparo del disyuntor térmico. En este caso, esperar algunos instantes, suprimirla causa de la sobre carga y remorder el disyuntor térmico pulsando el botón (1) situado a proximidad de las tomas de salida o bascular el pasador (2) (EC2200 B2). El disyuntor térmico está dimensionado con respecto a las características de la máquina, en caso de reemplazo, vele por instalar un componente HONDA original.



PUESTA EN SERVICIO.-

1. Seleccionar la tensión apropiada mediante el selector de tensión (3) (modelos EC2200 B1, (_BYEC6OOü B).

2. Conectar los aparatos a las tomas de salida, controlando no rebasar la intensidad Máxima especificada poro cada toma de salida.

3. Cerciorarse que el disyuntor está enclavado.

Para asegurar una vida más larga y el mantenimiento de las prestaciones del generador, es indispensable respetar el calendario de mantenimiento.

PRECAUCIÓN:

- El motor V el tubo de escape alcanzan temperaturas suficientes para provocar quemaduras V causar incendio si a proximidad de los mismos se encuentran materiales inflamables. Dejar enfriar el motor durante ¡5 minutos antes de todo mantenimiento.

- Utilizar solamente piezas HONDA originales o un equivalente. Las piezas no correspondan a las características de concesión HONDA pueden dañar el generador.

CALENDARIO.-

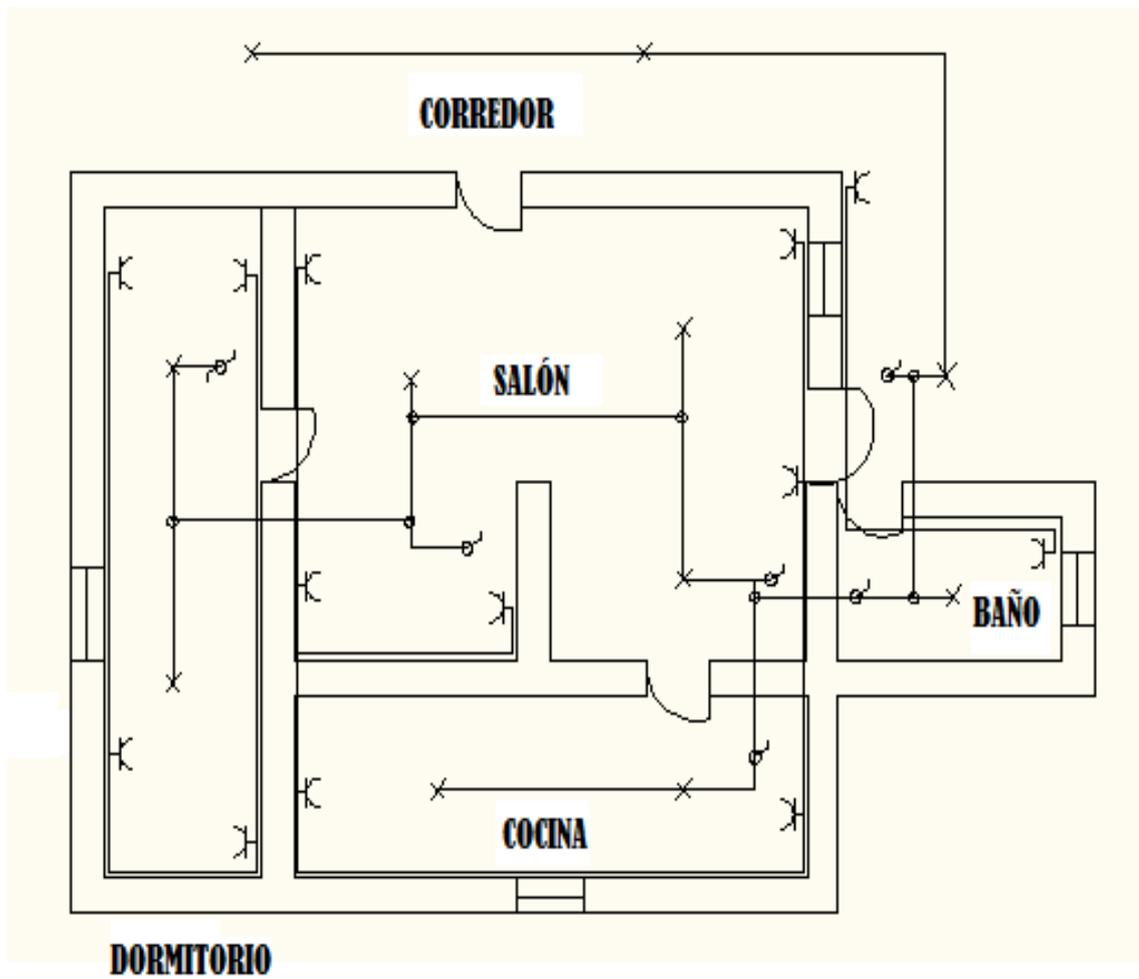
PERIODICIDAD Mantenimiento a efectuar a los intervalos indicados en meses o en horas de funcionamiento, seleccionando el mejor plazo alcanzado.		En cada uso	1er mes o 20 horas	Cada 3 meses o cada 50 horas	Cada 6 meses o cada 100 h	Todos los años o cada 300 h
Puntos de mantenimiento	Intervención					
Aceite motor	Verificar el nivel					
	Cambiar					
Elemento de filtro de aire	Verificar					
	Limpiar			(1)		
Capela de sedimentación	Limpiar					
Bujía de encendido	Limpiar-Ajustar					
Cámara de combustión y válvulas	Limpiar					(2)
Holgura en las válvulas	Verificar-Ajustar					(2)
Depósito de carburante y filtro	Limpiar					(2)
Tubería de carburante	Verificar, Reemplazar si procede					

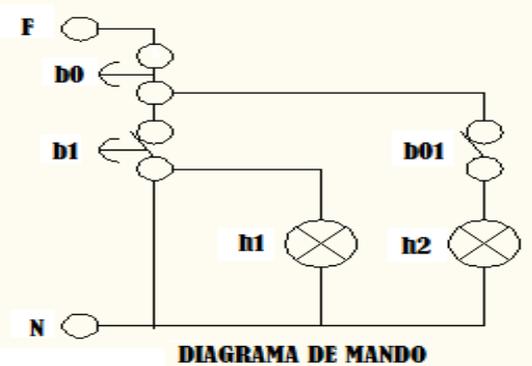
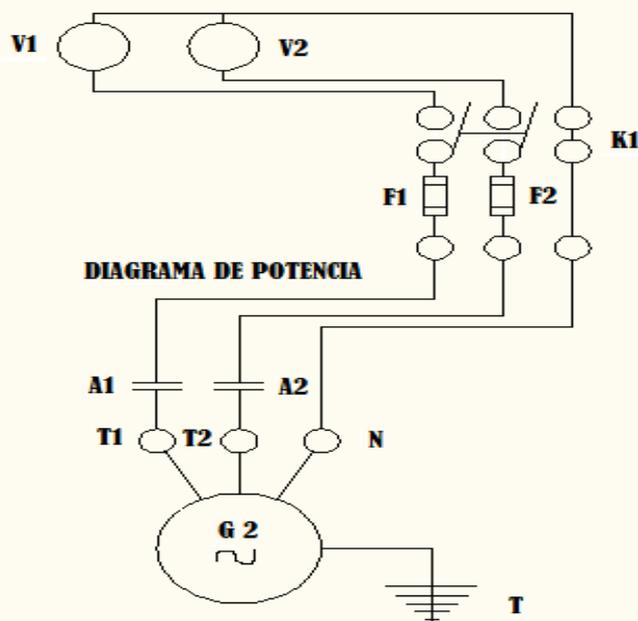
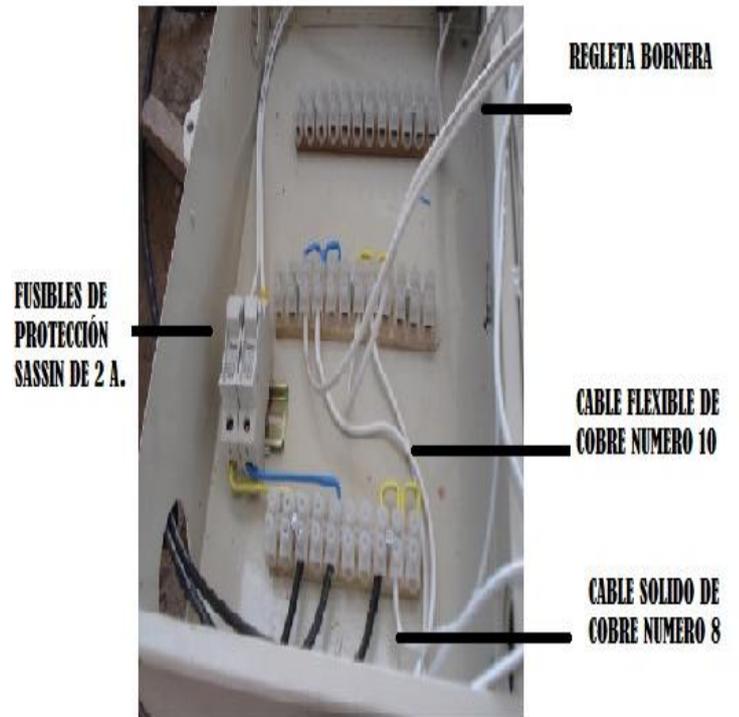
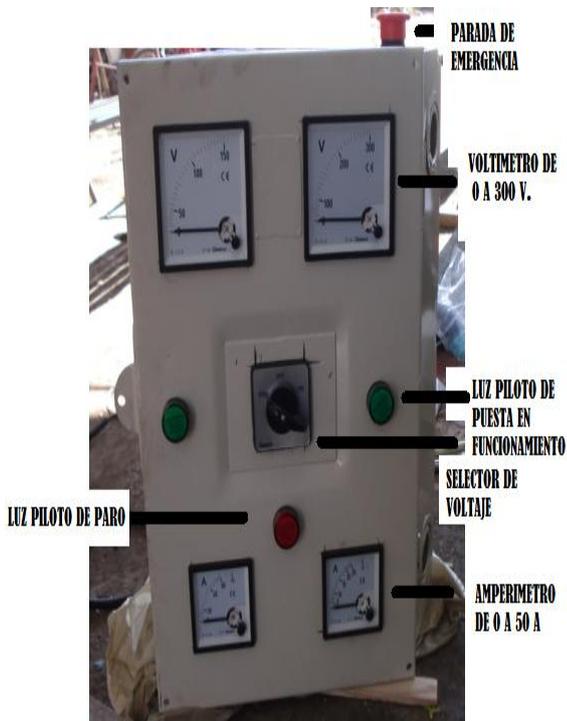
NOTA:

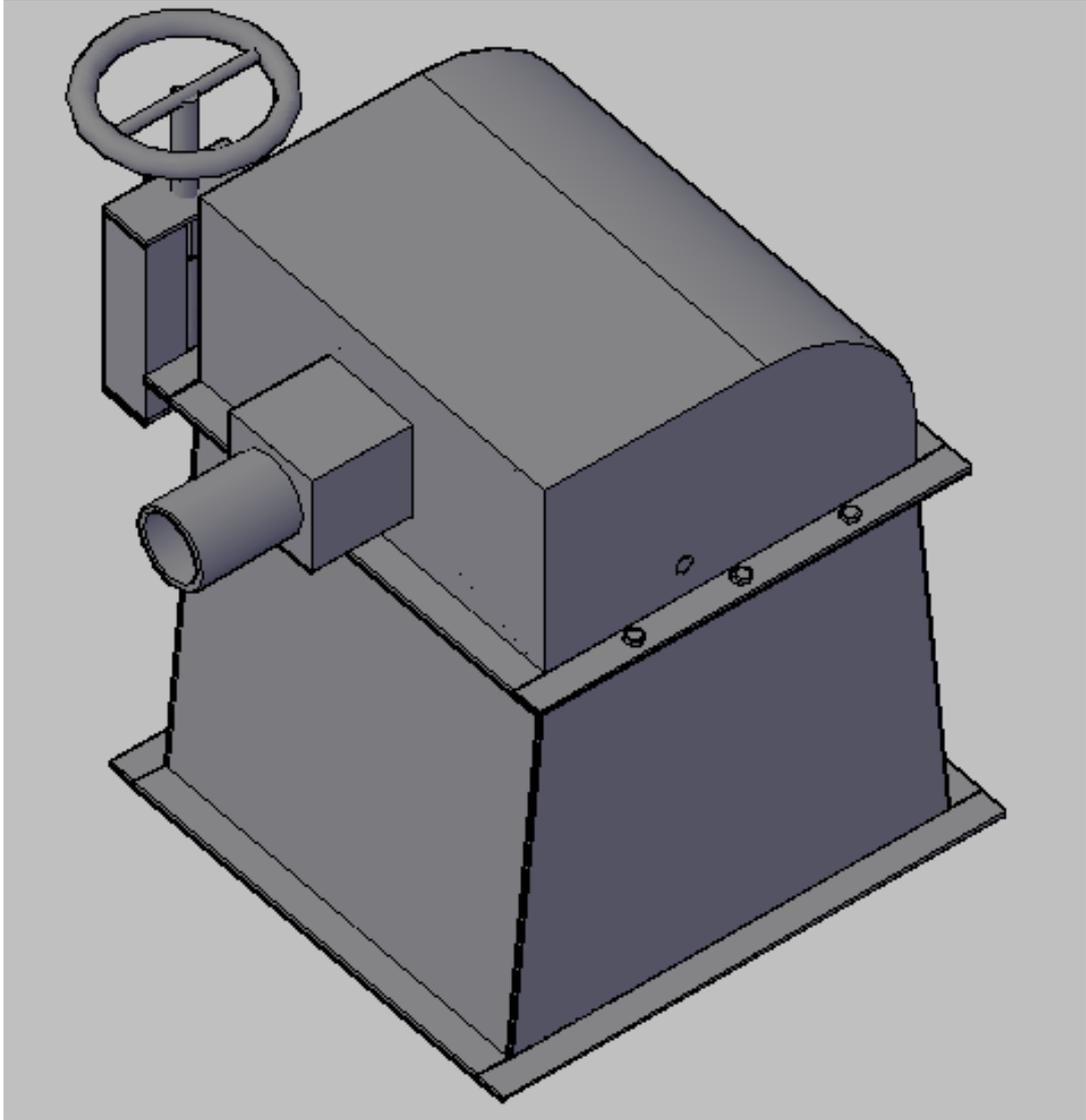
- (1) Limpiar más frecuentemente en caso de utilización en atmósfera polvorienta.
- (2) Estas operaciones se deberán confiar a un HONDA al menos que el usuario disponga de los útiles necesarios y de la calificación requerida.

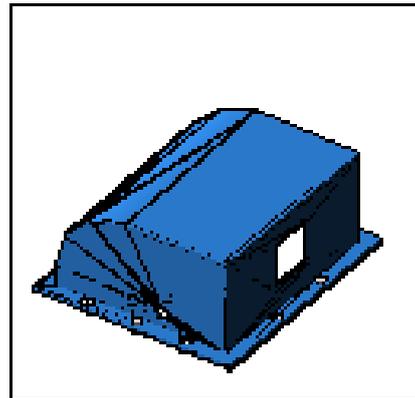
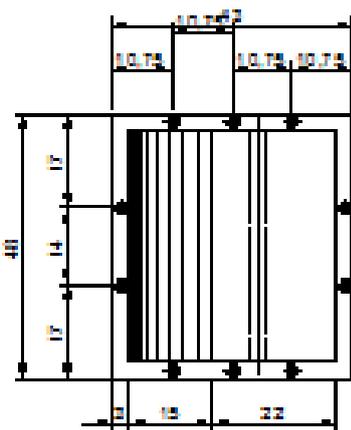
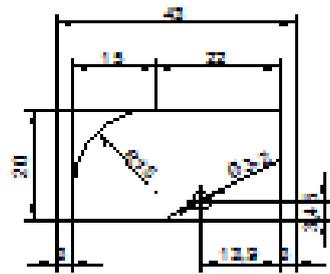
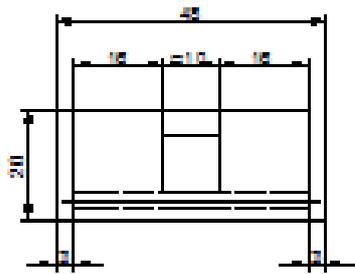
LOCALIZACION DE AVERIAS.

Incidente	Causa probable
El motor no arranca.	<ol style="list-style-type: none">1. El conmutador del motor se encuentra en "OFF".2. El grifo del carburante está cerrado o no hay gasolina en el depósito.3. El nivel de aceite de motor es demasiado bajo.4. La bujía de encendido es defectuosa o la separación de los electrodos es incorrecta.5. Los aparatos eléctricos están conectados a las tomas de salida.
El arranque es difícil o el motor pierde potencia.	<ol style="list-style-type: none">1. El filtro de aire está sucio.2. Impurezas en el circuito de carburante o filtro de gasolina obstruido.3. El respiradero del tapón de llenado de carburante está obstruido.
Ausencia de corriente en las tomas de salida.	<ol style="list-style-type: none">1. El disyuntor térmico está enclavado.2. El aparato conectado al generador está defectuoso.

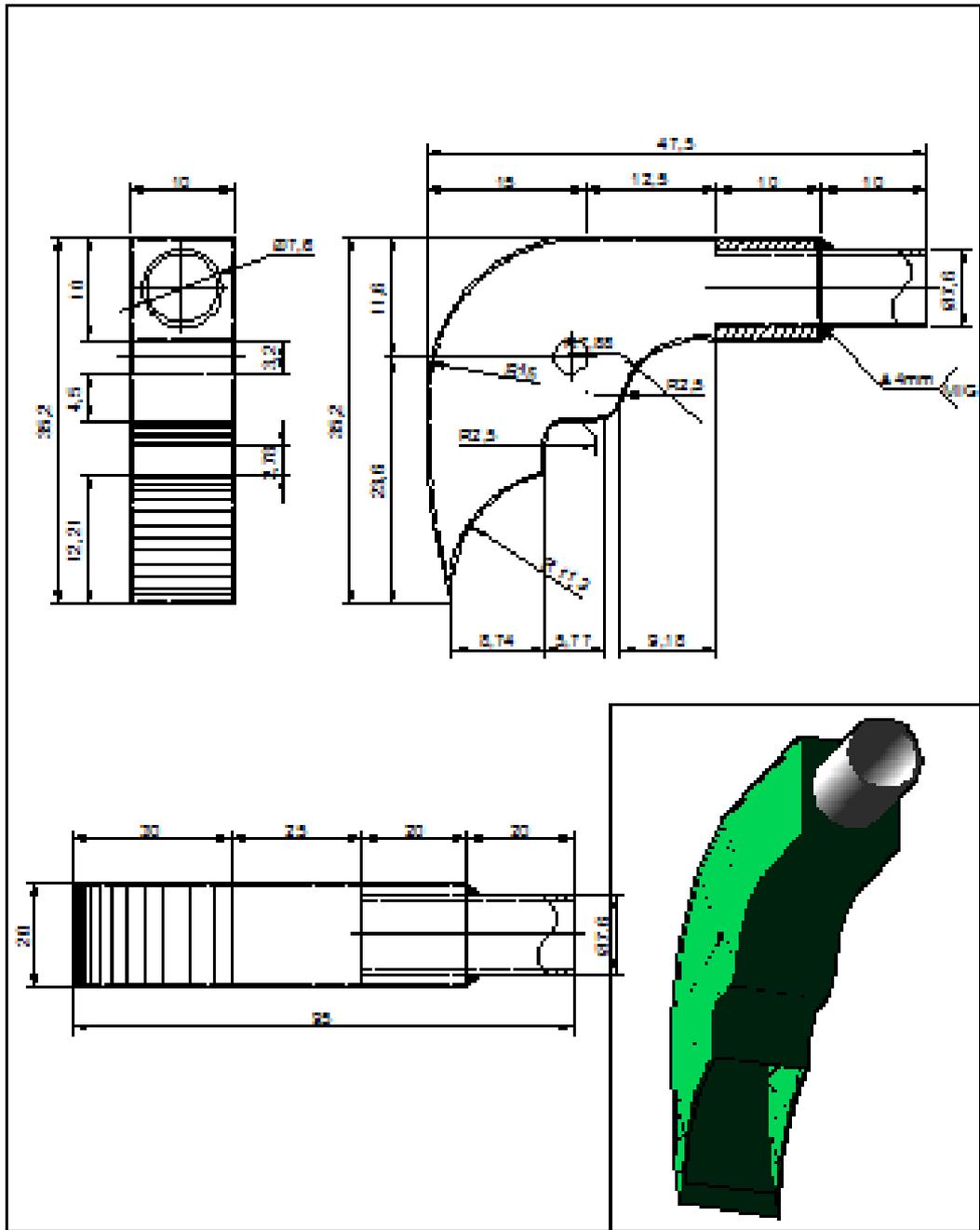




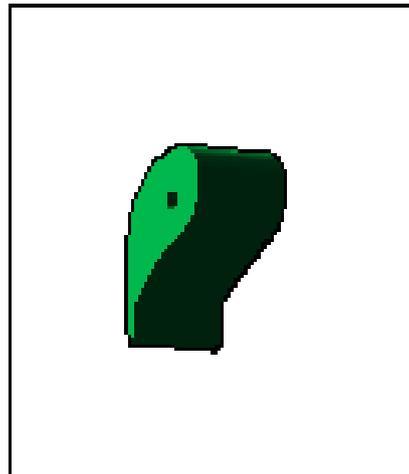
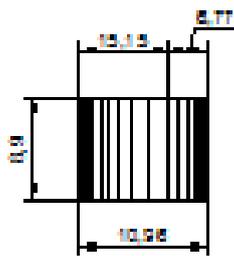
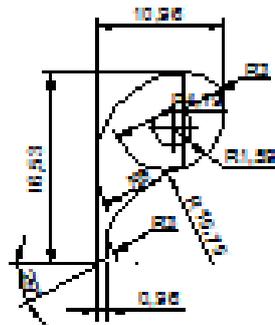
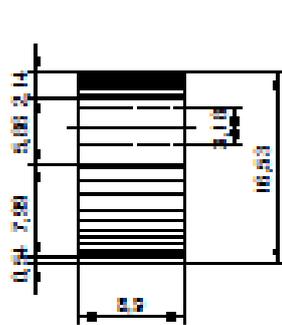




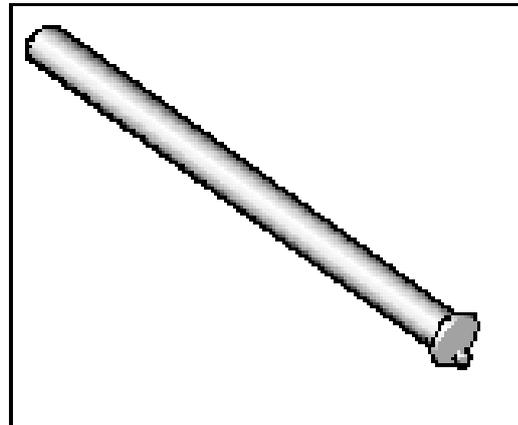
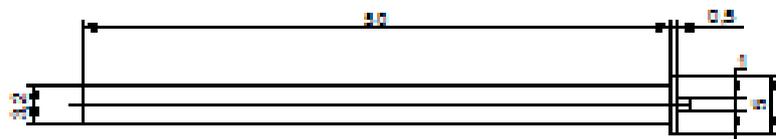
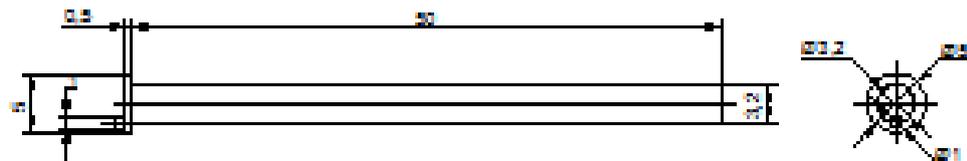
			Tolerancia ± 0.5	Peso	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COCOTRAXI	
			Fecha:	Nombre:	TAPA	Escala: 1:1
			Dib.:			
			Exec.:			
			Appt.:			
					U.T.C. 1 / 9	
Modificación	Fecha	ING. ELECTROMECÁNICA				



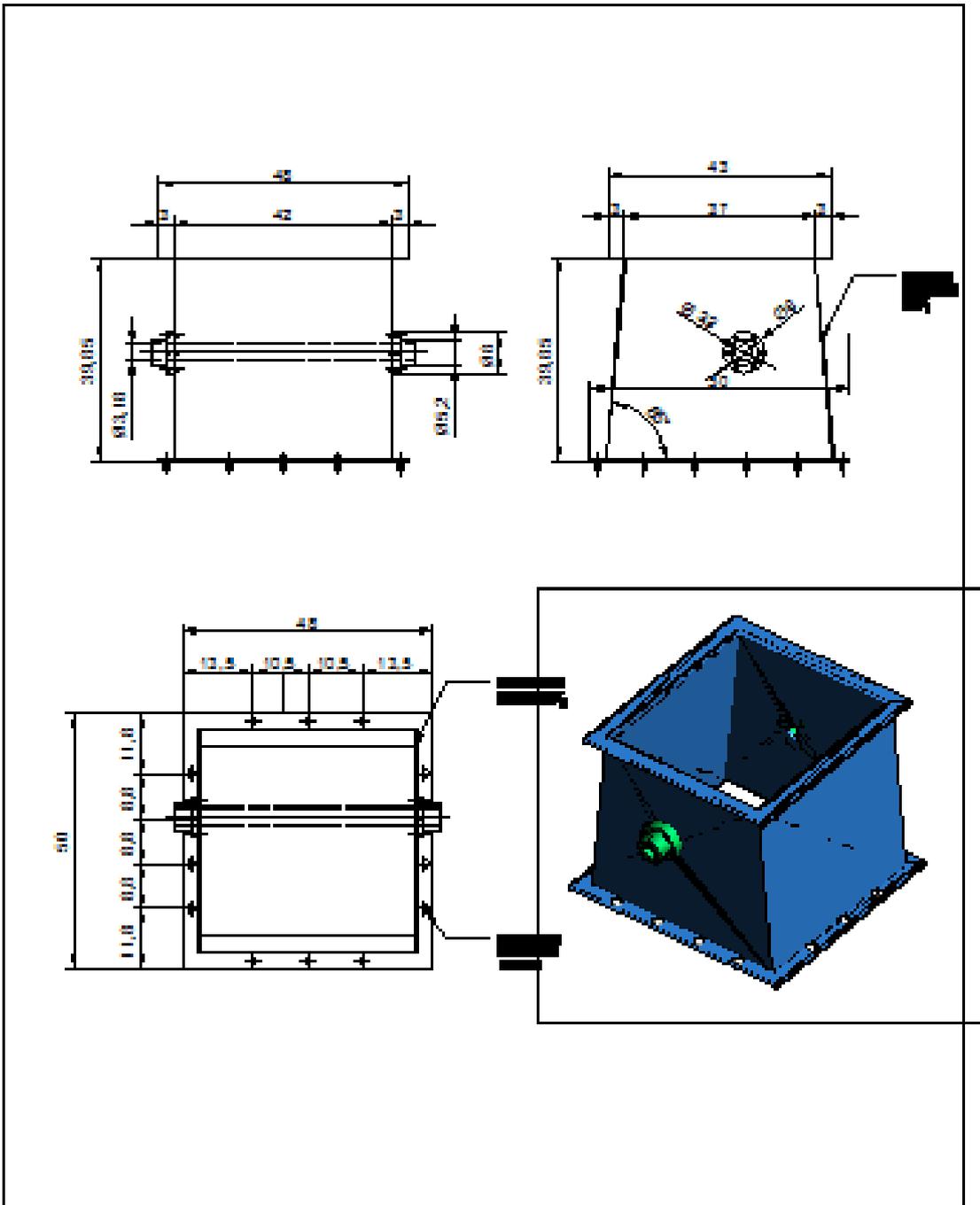
			Tolerancia ± 0.3	Peso	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTACACHI	
			Fecha:	Nombre:	ENTRADA AL INYECTOR	Escala: 2:1
			Dib.:			
			Rev.:			
			Apro.:			
					U.T.C 2 / 5	
Edición	Modificación	Fecha	ING. ELECTROMECÁNICA			



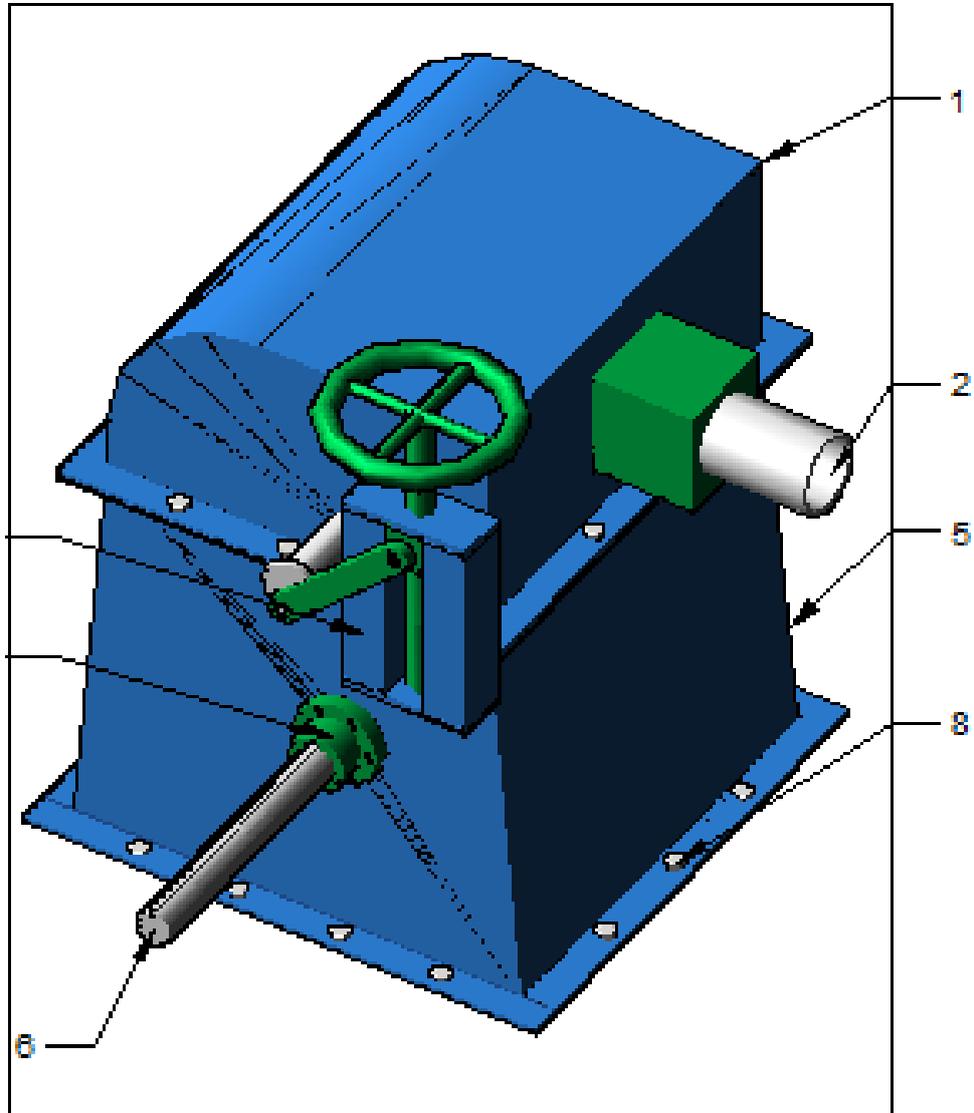
			Tolerancia ± 0.05	Peso	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTACACHI	
			Fecha:	Nombre:	ALAVE DIRECTRIZ	Escala: 2:1
			Dib:			
			Elab:			
			Apro:			
					U.T.C	3 / 9
Edición	Modificación	Fecha	ING. ELECTROMECÁNICA			



				Tolerancia ±0.5	Peso	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	
				Fecha:	Nombre:	EJE SUPERIOR DEL SISTEMA DE CONTROL DEL ALAVE DIRECTRIZ	Escala: 2:1
				Dib:			
				Rev:			
				Apro:			
						U.T.C. 3 / 3	
Modificación	Fecha			ING. ELECTROMECANICA			



			Tolerancia ± 0.2	Paso	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTACACHI	
			Fecha:	Nombre:	ESTRUCTURA Y CHUMACERA	Escala: 2:1
			Dib.:			
			Rev.:			
			Apro.:			
			ING. ELECTROMECANICA			
Edición	Modificación	Fecha	U.T.C T / B			



				Tolerancia 40.5	Peso	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	
				Fecha:	Nombre:	ISOMETRIA DEL GENERADOR	Escala: 2:1
				Dib.:			
				Rev:			
				Apro:			
						U.T.C	5 / 8
Edición	Modificación	Fecha		ING. ELECTROMECANICA			 