



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

TESIS DE GRADO

TÍTULO:

**“IMPLEMENTACIÓN DE UNA PICO CENTRAL HIDROELÉCTRICA
MEDIANTE EL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA POTENCIAL DEL
AGUA PARA SUMINISTRAR ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA FINCA
MARIELITAS, CANTÓN LA MANA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI EN EL
PERIODO 2014-2015”.**

Tesis presentada previa a la obtención del Título de Ingeniero en Electromecánica.

Autores:

Pila Chancusig Edison Roberto.

Toapanta Sánchez Franklin Roberto.

Director:

Ing. Cristian Gallardo.

Asesor Metodológico:

Dr. Galo Terán

Latacunga – Ecuador

2016.




APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

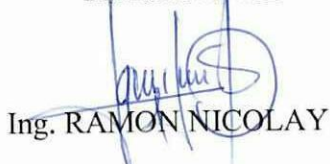
En calidad de miembros del tribunal de grado, aprueban el presente informe de investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes señores: Edison Roberto Pila Chancusig y Franklin Roberto Toapanta Sánchez, con el título de tesis: **“IMPLEMENTACIÓN DE UNA PICO CENTRAL HIDROELÉCTRICA, MEDIANTE EL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA POTENCIAL DEL AGUA PARA SUMINISTRAR ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA FINCA MARIELITAS, CANTÓN LA MANA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI EN EL PERIODO 2014-2015”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometidos al acto de defensa de tesis. Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 01 de Febrero del 2016.

Para constancia firman:

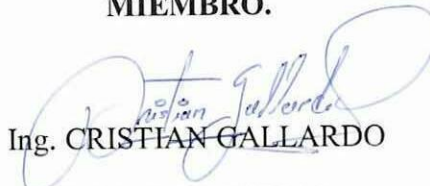

Ing. EFREN BARBOSA

PRESIDENTE


Ing. RAMON NICOLAY
OPOSITOR


Dr. RAUL MONTALUISA

MIEMBRO.


Ing. CRISTIAN GALLARDO
TUTOR (DIRECTOR)



AUTORÍA

Los criterios emitidos en el presente trabajo de tesis con el título: **“IMPLEMENTACIÓN DE UNA PICO CENTRAL HIDROELÉCTRICA MEDIANTE EL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA POTENCIAL DEL AGUA PARA SUMINISTRAR ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA FINCA MARIELITAS, CANTÓN LA MANA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI EN EL PERIODO 2014-2015”**, es de exclusiva responsabilidad de los autores, por tanto se asume la responsabilidad de la misma.

Edison Roberto Pila Chancusig.

C.C. No. 050337038-9

Franklin Roberto Toapanta Sánchez.

C.C. No. 172069341-3



AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS

En calidad de Director de Tesis bajo el título: **“IMPLEMENTACIÓN DE UNA PICO CENTRAL HIDROELÉCTRICA MEDIANTE EL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA POTENCIAL DEL AGUA PARA SUMINISTRAR ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA FINCA MARIELITAS, CANTÓN LA MANA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI EN EL PERIODO 2014-2015”**, con autoría de los postulantes: Edison Roberto Pila Chancusig y Franklin Roberto Toapanta Sánchez; de la carrera de Ingeniería en Electromecánica, considero que la presente tesis cumple con los requerimientos metodológicos, aportes científicos y técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Tesis que el Honorable Consejo Académico de la Unidad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Febrero 2016.

El Director



.....
Ing. Gallardo Molina Cristian Fabián.

C. C. No. 0502847692.



AVAL DEL ASESOR METODOLÓGICO DE TESIS

En calidad de Asesor Metodológico de tesis bajo el título: **“IMPLEMENTACIÓN DE UNA PICO CENTRAL HIDROELÉCTRICA MEDIANTE EL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA POTENCIAL DEL AGUA PARA SUMINISTRAR ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA FINCA MARIELITAS, CANTÓN LA MANA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI EN EL PERIODO 2014-2015”**, con autoría de los postulantes: Edison Roberto Pila Chancusig y Franklin Roberto Toapanta Sánchez; de la carrera de Ingeniería en Electromecánica, considero que la presente tesis cumple con los requerimientos metodológicos, aportes científicos y técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Tesis que el Honorable Consejo Académico de la Unidad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Febrero 2016.

El Asesor

Dr. Galo Patricio Terán Ortiz.

C. C. No. 0500676101

AVAL DEL PROPIETARIO.

CERTIFICACIÓN

En calidad de Dueño de la Finca “Marielitas” ubicada entre las parroquias, El Tingo – La Esperanza, certifico en debida forma que: los señores: Edison Roberto Pila Chancusig y Franklin Roberto Toapanta Sánchez, egresados de la Carrera de Ingeniería Electromecánica, de la Universidad Técnica de Cotopaxi, han ejecutado a plena satisfacción el tema: **“IMPLEMENTACIÓN DE UNA PICO CENTRAL HIDROELÉCTRICA, MEDIANTE EL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA POTENCIAL DEL AGUA PARA SUMINISTRAR ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA FINCA MARIELITAS, CANTÓN LA MANA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI EN EL PERIODO 2014-2015”**, el cual cumple con los requerimientos establecidos para tal efecto.

Certificación que la realizo en honor a la verdad, pudiendo los interesados, hacer uso de la presente, para los fines legales pertinentes.

El Tingo-La Esperanza, Febrero 2016



.....
Sr. Pacheco Recalde Ángel Estuardo

C.C. 050011387-3

BENEFICIARIO DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO.

Con inmensa gratitud agradecemos a todos nuestros docentes ya que ellos nos enseñaron a estimar los estudios y a sobresalir cada día; a la Universidad Técnica de Cotopaxi, por brindarnos la oportunidad de desarrollar nuestros estudios superiores. Este proyecto es el resultado del esfuerzo conjunto de todos los que formamos el grupo de trabajo. Por esto agradezco al Ing. Cristian Gallardo, Director de tesis, por sus consejos y apoyo incondicional en la guía y enseñanza para la culminación de este trabajo al Dr. Galo Terán por Asesorar Metodológicamente nuestro trabajo investigativo y de manera especial a nuestros queridos padres quienes a lo largo de toda la vida han apoyado y motivado nuestra formación académica, creyeron en nosotros en todo momento y no dudaron de nuestras habilidades.

LOS AUTORES.

vii

DEDICATORIA

Al culminar una etapa más de mi vida profesional, dedico este trabajo con mucho agradecimiento a Dios por ser mi guía en cada paso y decisión que di en los momentos más difíciles de mi vida, que me dio el valor necesario para seguir perseverando, alcance hoy mi meta que algún día me propuse. A mis padres por ser un pilar muy fundamental de mi existencia, quienes me han guiado por buen camino de bien para la sociedad, que les dedico con todo el amor de lo más profundo de mi corazón que me apoyaron toda mi vida y a mis hermanos por apoyarme a los placeres de la vida, a mi hermano que en paz descanse que me dio las fuerzas necesarias para no rendirme nunca.

EDISON ROBERTO

DEDICATORIA

A Mis Padres

Quienes con su esfuerzo y sacrificio ha logrado sacarme adelante haciendo realidad mi sueño de cumplir mis metas anheladas, a cual me ha dado un buen ejemplo de lucha y perseverancia en todos los momentos de mi niñez y adolescencia con sus valores de respeto, humildad y honradez.

A Mis Hermanos.

Quienes con sus consejos me brindaron todo su apoyo incondicional en los momentos difíciles de mi vida de tristeza y alegría con sus buenos ejemplos de nunca rendirse aun en los momentos trágicos y apoyarme en hasta el final de este proyecto.

FRANKLIN ROBERTO

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CONTENIDOS	Pág.
Portada.....	i
Aprobación del Tribunal.....	ii
Autoría.....	iii
Aval del Director de Tesis.....	iv
Aval del Asesor de Tesis.....	v
Aval del Propietario.....	vi
Agradecimiento.....	vii
Dedicatoria.....	viii
Índice de Contenidos.....	x
Resumen.....	xxi
Abstract.....	xxii
Aval del Profesional de Ingles.....	xxiii
Introducción.....	xxiv

CAPÍTULO I

1. Marco Teórico.

1.1	Antecedentes Investigativos.....	1
1.2	Fundamentación Legal.....	3
1.3	Categorías Fundamentales.....	5
1.4.	Fundamentación Teórica.....	6
1.4.1	Energía Hidráulica.....	6
1.4.1.1.	El Potencial Hídrico o Potencial de Agua.....	7
1.4.2	Principio de Dinámica de Fluidos.....	8
1.4.2.1.	Principios Teóricos Fundamentales.....	8
1.4.2.2.	Métodos de Estudio para la Mecánica de Fluidos.....	9
1.4.2.3.	Dinámica de Fluidos.....	11
1.4.3.	Factores de Pérdida de Energía.....	13
1.4.3.1.	Fenómeno de la Cavitación.....	14
1.4.4.	Velocidad Sincrónica.....	15
1.4.5.	Máquinas de Fluido.....	17
1.4.5.1	Turbinas Hidráulicas.....	18
1.4.5.1.1.	Leyes de Funcionamiento de las Turbomáquinas.....	18
1.4.5.1.2.	Velocidad Específica.....	19
1.4.5.2.	Bases para la Clasificación de Turbomáquinas.....	20
1.4.5.2.1.	Turbinas Hidráulicas de Reacción de Flujo Radial. Turbina Francis.....	24
1.4.5.2.2.	Turbinas Hidráulicas de Reacción de Flujo Axial. Turbina Kaplan.....	25
1.4.5.2.3.	Turbinas Hidráulicas de Impulso (acción) Turbina Pelton.....	26

1.4.5.3.	Turbinas Michell Banki.....	26
1.4.5.3.1.	Geometría del Distribuidor.....	27
1.4.5.3.2.	Geometría del Rodete.....	27
1.4.5.3.3.	Curvatura de los Álabes.....	28
1.4.5.4.	Métodos de Selección de Turbinas.....	30
1.4.5.4.1.	Curvas Específicas Teóricas y Reales (Método rápido de selección de turbina).....	30
1.4.5.4.2.	Método de Selección por Medio de la Potencia de la Turbina.....	32
1.4.6.	Evaluación del Recurso Hidroenergético.....	35
1.4.6.1.	Métodos de Mediciones Topográficas.....	35
1.4.6.1.1.	Método del Altimetro (GPS).....	37
1.4.6.2.	Medición del Caudal.....	38
1.4.6.2.1.	Método del Área y Velocidad.....	39
1.4.7.	Implementación.....	42
1.4.7.1.	Obra Civil.....	42
1.4.7.1.1.	Bocatoma.....	43
1.4.7.1.2.	Canal.....	44
1.4.7.1.3.	Desarenador y Cámara de Carga.....	48
1.4.7.1.3.1.	Capacidad del Desarenador y Frecuencia de Vaciado del Depósito.....	50
1.4.7.1.4.	Tubería Forzada.....	51
1.4.7.1.4.1.	Materiales de Tubería.....	53
1.4.7.1.4.2.	Diseño Hidráulico de la Tubería.....	55
1.4.7.2.	Implementación de Líneas de Transmisión en Baja Tensión.....	59
1.4.7.2.1.	Calentamiento y Caída de Tensión.....	61
1.4.8.	Generador Eléctrico.....	62
1.4.8.1.	La Potencia Mecánica.....	63
1.4.8.2.	Velocidad de Sincronismo.....	64

CAPÍTULO II

2. Análisis e Interpretación de Resultados.

2.1	Introducción.....	66
2.2	Localización del Proyecto.....	67
2.2.1.	Situación Geográfica de la Parroquia “El Tingo- La Esperanza”	68
2.2.2.	Limites Cantonales.....	70
2.2.3.	Escenario Actual.....	71
2.3.	Diseño de la Investigación.....	72
2.3.1.	Investigación Exploratoria.....	72
2.3.2.	Investigación de Campo.....	73
2.3.3.	Investigación Experimental.....	73
2.3.4.	Técnicas.....	74
2.3.4.1.	La Encuesta.....	74
2.3.4.1.1.	Etapas en una Investigación Mediante Encuesta.....	75
2.4.	Hipótesis de Trabajo.....	75
2.5.	Operacionalización de Variables.....	76
2.5.1.	Variable Independiente.....	77
2.5.2.	Variable Dependiente.....	78
2.6.	Población y Aplicación de Encuestas.....	79
2.7.	Tabulación de Encuestas.....	88
2.8.	Verificación de la Hipótesis.....	89
2.9.	Estimación de la Demanda Energética.....	90
2.9.1.	Información Básica.....	91

CAPÍTULO III

3. Diseño y Aplicación de la Propuesta.

3.1.	Introducción.....	97
3.2.	Justificación.....	98
3.3.	Objetivos.....	99
3.3.1.	Objetivo General.....	99
3.3.2.	Objetivos Específicos.....	99
3.4.	Datos de Diseño.....	100
3.4.1.	Potencial e Hidrología de Generación.....	100
3.4.1.1.	Caudal Disponible.....	101
3.4.1.2.	Cálculo de Altura.....	106
3.5.	Dimensionamiento de Obra Civil.....	107
3.5.1.	Toma de Agua, Bocatoma.....	107
3.5.2.	Canal.....	109
3.5.3.	Desarenador y Cámara de Carga.....	112
3.5.4.	Tubería de Presión.....	114
3.5.4.1.	Longitud, Caída Libre	118
3.5.4.1.1.	Masa y Volumen del Fluido.....	119
3.5.4.1.2.	Cálculo de Caída Libre.....	121
3.6.	Turbina.....	122
3.6.1.	Velocidad Específica.....	122
3.6.2.	Turbinas Michell Banki.....	122
3.6.2.1.	Distribuidor.....	122
3.6.2.2.	Rodete.....	123
3.6.2.3.	Curvatura de los Álabes.....	130
3.6.2.4.	Eje del Rotor.....	131

3.7.	Parámetros del Generador.....	131
3.7.1.	Velocidad de Sincronismo.....	131
3.7.2.	Relación de Transmisión Generador Turbina.....	132
3.7.3.	Potencia Mecánica.....	135
3.7.4.	Magnitud del Voltaje en Cada Fase.....	138
3.8.	Líneas Eléctricas.....	140
3.9.	Parámetro de Costos.....	143
3.10.	Beneficiarios.....	145
3.10.1.	Beneficiarios Directos.....	145
3.10.2.	Beneficiarios Indirectos.....	146
3.11.	Aspectos de Mantenimiento.....	147
3.11.1.	Tiempo Estimado de Duración de Proyecto.....	147
3.12.	Conclusiones y Recomendaciones.....	148
3.12.1.	Conclusiones.....	148
3.12.2.	Recomendaciones.....	150
3.13.	Bibliografía y vínculos de consulta.....	151
3.13.1.	Bibliografía Citada.....	151
3.13.2.	Bibliografía Consultada.....	153
3.13.3.	Bibliografía, Vínculos Web.....	155

ÍNDICE DE GRÁFICOS.

Gráfico N° 1.1.	Categorías Fundamentales.....	5
Gráfico N° 2.1.	Porcentaje Energía Eléctrica.....	80
Gráfico N° 2.2.	La Energía Eléctrica es Indispensable.....	81
Gráfico N° 2.3.	Conservación Medio Ambiental.....	82
Gráfico N° 2.4.	Generación sin Destrucción del Ecosistema.....	83

Gráfico N° 2.5.	Recurso Inagotable y Renovable.....	84
Gráfico N° 2.6.	Sistemas de Generación Hidroeléctrica.....	85
Gráfico N° 3.1.	Diagrama de Carga en Recurso Hidroenergético.....	105

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura N° 1.1.	Red de Flujo en un Ducto de Revolución de Vortices Libres en un Flujo Rotacional.....	12
Figura N° 1.2.	Clasificación de Turbinas Según su paso por el Rotor.....	21
Figura N° 1.3.	Turbinas de Acción.....	23
Figura N° 1.4.	Turbinas de Reacción.....	23
Figura N° 1.5.	Clasificación de las Turbomáquinas.....	24
Figura N° 1.6.	Rodete Francis de Flujo Radial.....	24
Figura N° 1.7.	Turbina Kaplan.....	25
Figura N° 1.8.	Turbina Pelton.....	26
Figura N° 1.9.	Rodete tipo Michell-Banki.....	29
Figura N° 1.10.	Turbina Michell y sus Configuraciones.....	30
Figura N° 1.11.	Curvas específicas Teóricas y Reales Gráfica Carga-Caudal...	31
Figura N° 1.12.	Esquema de Selección de Turbina Mediante el Cálculo de su Potencia.....	32
Figura N° 1.13.	Altímetro de Medición de Altura.....	38
Figura N° 1.14.	Sección Transversal del Afluyente Método Área Velocidad....	40
Figura N° 1.15.	Estructura de la Bocatoma.....	44
Figura N° 1.16.	Desarenador y sus Componentes de Diseño.....	48
Figura N° 1.17.	Perfiles de Flujo.....	57
Figura N° 1.18.	Diagrama de Moody.....	58
Figura N° 1.19.	Componentes de un Cable Eléctrico Aislado.....	59
Figura N° 1.20.	Generador Eléctrico de AC.....	63
		xvi

Figura N° 2.1.	Determinación Geográfica del Lugar.....	68
Figura N° 2.2.	Punto de Referencia de la Finca “Marielitas”.....	69
Figura N° 3.1.	Medición del Caudal, Area-Velocidad.....	101
Figura N° 3.2.	Determinación de Altura.....	106
Figura N° 3.3.	Área de Bocatoma.....	108
Figura N° 3.4.	Características del Bocatoma.....	108
Figura N° 3.5.	Dimensionamiento de Canal.....	110
Figura N° 3.6.	Criterios de Diseño de un Desarenador.....	114
Figura N° 3.7.	Calculo de Tubería.....	118
Figura N° 3.8.	Volumen de un Cilindro para Tubería 4 Pulg	119
Figura N° 3.9.	Vectores de Velocidad de una Turbina Tipo Michell – Banki..	124
Figura N° 3.10.	Diagrama Estructural de Turbina Tipo Michell – Banki.....	129
Figura N° 3.11.	Parámetros de Álabes.....	130
Figura N° 3.12.	Transmisión de Potencia.....	133
Figura N° 3.13.	Estator, Monofásico.....	139
Figura N° 3.14.	Sr. Angel Pacheco, Beneficiario del Proyecto.....	146

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1.1.	Perfil de Rodete y Diámetros Internos.....	28
Tabla N° 1.2.	Espesor de los Álabes.....	28
Tabla N° 1.3.	Características Principales de Turbinas Hidráulicas.....	34
Tabla N° 1.4.	Eficiencia del Grupo Generador (η_{GR}).....	35
Tabla N° 1.5.	Clasificación de una Central Hidroeléctrica según su Potencia.....	35
Tabla N° 1.6.	Métodos de Toma de Datos Topográficos.....	36
Tabla N° 1.7.	Tabla para la Estimación de Lectura en el uso de	38

	Altímetro.....	
Tabla N° 1.8.	Factor k Según la Relación s/p y Material del Riachuelo.	41
Tabla N° 1.9.	Factor k Según la Profundidad y el Material del Fondo del Riachuelo.....	42
Tabla N° 1.10.	Talud Recomendado para Canales de Sección Trapezoidal...	45
Tabla N° 1.11.	Velocidad Máxima Recomendada.....	45
Tabla N° 1.12.	Coefficiente de Rugosidad.....	46
Tabla N° 1.13.	Velocidades Mínimas Recomendadas para Evitar Sedimentación.....	47
Tabla N° 1.14.	Características de las Secciones Transversales.....	47
Tabla N° 1.15.	Velocidad de Decantación de Partículas de Arena.....	50
Tabla N° 1.16.	Peso Específico de Materiales.....	51
Tabla N° 1.17.	Características en Tuberías Forzadas.....	55
Tabla N° 1.18.	Rugosidad (e) para Diversos Tubos Comerciales.....	57
Tabla N° 1.19.	Resistividad (ρ), Coeficiente de Temperatura (α), punto de Fusión ($^{\circ}\text{C}$) y Densidad (δ) de Diversos Materiales y Aleaciones.....	60
Tabla N° 1.20.	Velocidades Normalizadas de Generadores Síncronos.....	65
Tabla N° 2.1.	Operacionalización de Variables, Variable Independiente.....	77
Tabla N° 2.2.	Operacionalización de Variables, Variable Dependiente.....	78
Tabla N° 2.3.	Población y Muestra.....	79
Tabla N° 2.4.	Energía Eléctrica.....	80
Tabla N° 2.5.	La Energía Eléctrica es Indispensable.....	81
Tabla N° 2.6.	Conservación Medio Ambiental.....	82
Tabla N° 2.7.	Generación sin Destrucción del Ecosistema.....	83
Tabla N° 2.8.	Recurso Inagotable y Renovable.....	84
Tabla N° 2.9.	Sistemas de Generación Hidroeléctrica.....	85
Tabla N° 2.10.	Elementos Indispensables de uso.....	86
Tabla N° 2.11.	Incidencia de uso de Equipos Eléctricos.....	87

Tabla N° 2.12.	Tabulación de Encuestas	88
Tabla N° 2.13.	Índice de Aceptación en las Encuestas.....	89
Tabla N° 2.14.	Potencia de Consumo.....	92
Tabla N° 2.15.	Horario de Demanda Diaria Estimada.....	92
Tabla N° 3.1.	Tiempo Promedio.....	103
Tabla N° 3.2.	Datos de Recurso Hidroenergético.....	104
Tabla N° 3.3.	Propiedades del Agua de Acuerdo a la Temperatura.....	116
Tabla N° 3.4.	Longitudes Estandarizadas para Bandas de Sección Trapezoidal.....	135
Tabla N° 3.5.	Calibre del Conductor.....	142
Tabla N° 3.6.	Costos de Construcción.....	143
Tabla N° 3.7.	Costos de Instalación.....	144



TEMA: “IMPLEMENTACIÓN DE UNA PICO CENTRAL HIDROELÉCTRICA MEDIANTE EL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA POTENCIAL DEL AGUA PARA SUMINISTRAR ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA FINCA MARIELITAS, CANTÓN LA MANA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI EN EL PERIODO 2014-2015”.

AUTORES:

Pila Chancusig Edison Roberto.

Toapanta Sánchez Franklin Roberto.

RESUMEN

El presente proyecto se enmarca en la generación de energía eléctrica renovable, aprovechando la energía potencial de agua con el objeto de suministrar energía útil para los habitantes de la Finca “Marielitas” ubicada entre las parroquias El Tingo – La Esperanza. El impacto ambiental es mínimo, se construyó un embalse, el mismo que es aprovechado con un bocatoma ubicado en la cota más alta del afluente, para ser conducida por una tubería forzada de 4 pulg de Polietileno de Alta Densidad, el fluido entubado pasa por la tobera de entrada de la turbina tipo Michell Banki, a 30m de altura, lo que suministra de potencia, caudal y velocidad necesarios para su óptimo funcionamiento. La novedad del proyecto es la totalidad del sistema fue, diseñada, construida e implementada por los estudiantes; generando 3.5 kW. El lugar cuenta con características geográficas accidentadas que carecen de senderos y de caminos. Los objetivos fueron cumplidos al vincularnos con la colectividad dando soporte, apoyo y generando la capacidad de suministro eléctrico requerido, proporcionando un pico generador eficiente y de fácil mantenimiento.

Descriptores: Pico Central Hidroeléctrica, Energía Potencial, Finca “Marielitas”.



TOPIC: “A PICO HYDROELECTRIC IMPLEMENTATION THROUGH THE WATER ENERGY POTENTIAL APPLICATION IN ORDER TO SUPPLY ELECTRICITY ENERGY FOR “LA FINCA MARIELITAS” , LA MANA CANTON, COTOPAXI PROVINCE DURING 2014-2015”.

AUTHORS:

Pila Chancusig Edison Roberto.

Toapanta Sánchez Franklin Roberto.

ABSTRACT

This project is on the renewable electricity generation. This process is based on taking advantage wáter potential power in order to provide energy the inhabitants of “LA FINCA MARIELITAS”. This property is located between El Tingo - La Esperanza Parishes. The environmental impact is minimal because in this place a dam was built. This is exploited with an intake located on the highest affluent point, after it is conducted by a penstock 4 inches high density polyethylene. The fluid tubing goes through the inlet nozzle Michell Banki turbine type, 30m high. It provides power, volume and speed needed for optimum performance. The project newness is that the whole system was designed, built and implemented by students; generating 3.5 kW. The place has a rough geography and it doesn't have trails and roads. The goals were accomplished to link up with the community supporting, support and generating the required power capacity. Finally, it provided an efficient and easy peak generator maintain.

Descriptors: Pico Hydro, Energy Potential, Property "Marielitas”.



AVAL DE TRADUCCIÓN.

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro Cultural de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que: La traducción del resumen de tesis al Idioma Inglés presentado por los señores Egresados, de la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas: **EDISON ROBERTO PILA CHANCUSIG Y FRANKLIN ROBERTO TOAPANTA SANCHEZ** cuyo título versa “ **IMPLEMENTACIÓN DE UNA PICO CENTRAL HIDROELÉCTRICA MEDIANTE EL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA POTENCIAL DEL AGUA PARA SUMINISTRAR ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA FINCA MARIELITAS, CANTÓN LA MANA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI EN EL PERIDO 2014-2015**”, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, Febrero 2016

Atentamente,

MgS. ROMERO PALACIOS AMPARO DE JESÙS
DOCENTE CENTRO CULTURAL DE IDIOMAS

C.C. 050136918-5

INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo investigativo se presentan los temas con más relevancia e importantes relacionados con el desarrollo de este trabajo de implementación: Energía Hidráulica, Potencial Hídrico, Dinámica de Fluidos, Máquinas de Fluido, Turbinas Hidráulicas, Métodos de selección de Turbinas, Turbina tipo Michell Banki, Evaluación de Recurso Hidroenergético, Medición de Caudal, Obra civil, Líneas de transmisión, Generador Eléctrico.

El cambio de la matriz energética en el Ecuador, ocasionada por diferentes ámbitos sociológicos e industriales, principalmente por la subida de los precios del petróleo, y el alto costo de la Energía Eléctrica propició el desarrollo de los recursos renovables autóctonos e inagotables, en contraposición a los recursos fósiles, limitados en el espacio y en el tiempo. La preocupación ambiental, el fenómeno del calentamiento global del planeta, en buena parte debida a las emisiones de Monóxido de Carbono, en los procesos de generación de energía eléctrica con combustibles fósiles, volvieron a poner de relieve las ventajas de generar electricidad de forma limpia. Por tal motivo su importancia es relevante condicionalmente su concepción y recurso hídrico depende de un recurso hídrico literalmente pequeño que abastece una zona eléctricamente aislada.

Se plantea el implementar sistema de generación alternativa económica y ambientalmente, favorable para proporcionar de energía eléctrica a los habitantes cuyo terreno se encuentra en aislamiento total; donde carecen de los servicios básicos como es el suministro eléctrico y es de vital importancia tener este servicio para que los habitantes puedan desarrollarse económica y socialmente en sus actividades diarias. Por tal motivo los postulantes usan un sinnúmero de herramientas

bibliográficas que enmarcan estudios de desarrollo hidroeléctrico y de principios físicos de generación. También se dispuso el uso de encuestas que permitieron estimar la demanda energética necesaria para satisfacer el consumo eléctrico de los habitantes.

Para el desarrollo del proyecto titulado como: “IMPLEMENTACIÓN DE UNA PICO CENTRAL HIDROELÉCTRICA MEDIANTE EL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA POTENCIAL DEL AGUA PARA SUMINISTRAR ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA FINCA MARIELITAS, CANTÓN LA MANA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI EN EL PERIODO 2014-2015”, se ha constituido tres capítulos siguiendo una frecuencia metódica.

El primer capítulo habla de un proceso de investigación, analizamos y exponemos teorías, enfoques teóricos, estudios y antecedentes en general considerados válidos para respaldar la estructura de la tesis.

En el segundo capítulo se puntualiza el análisis e interpretación de resultados y la investigación de campo que arroja luego del desarrollo de encuestas dirigidas a la población total de la Finca “Marielitas”, donde se expone su demanda energética.

El tercer capítulo está constituido por el desarrollo de la propuesta es así que en este caben, los cálculos, selección, la construcción e implantación de la pico Central Hidroeléctrica.

CAPITULO I

1. Marco Teórico.

1.1. Antecedentes Investigativos.

Los antecedentes, serán enmarcados con todos aquellos trabajos de investigación que preceden al que se está realizando. Son los relacionados con el objeto de estudio que en este caso son los sistemas amigables de generación eléctrica.

La Revista del Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos 2013 dentro de su ensayo, propone como objeto dar a conocer el cambio de la matriz productiva, en su artículo menciona: El desarrollo del sector energético en el Ecuador vive una nueva era. Prima la visión de soberanía, protección ambiental y sostenibilidad. Los recursos naturales son la base del desarrollo económico y social.

Dentro de este contexto la energía juega un papel catalizador para mantener el crecimiento económico alcanzado en los últimos años.

El objetivo para el 2016, el Estado participe de un 90% en las fuentes renovables de la matriz de generación eléctrica. Este porcentaje deberá incrementarse hasta llegar al 100%.

El estado Ecuatoriano propone el contribuir con la demanda energética del país, explotando recursos no contaminantes de amplitud renovable, reemplazando los métodos convencionales de generación que producen contaminación; sin embargo no se han hecho propuestas o proyectos de emprendimiento que cubran con la demanda rural de energía es decir, dotar de este recurso básico a sectores y emplazamientos donde las líneas de energía eléctrica no han llegado todavía, en su gran mayoría a sectores de difícil acceso.

Con el fin de satisfacer estas falencias energéticas en los sectores más desfavorecidos se han creado mini proyectos de generación eléctrica denominados pico hidroeléctricos que buscan contribuir a las personas de escasos recursos económicos cuyos hogares, son de difícil acceso con energía eléctrica aplicando los conocimientos adquiridos, también preservando el medio ambiente, es así que en distintos repositorios y centros de investigación se exponen teorías, antecedentes y referencias considerados para este proyecto; por ejemplo.

Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPEL), (2009) bajo la autoría de: LANDA QUIMBITA Freddy Javier & LLANGANATE QUINATO A Luis Eduardo aseveran que: “Las tecnologías de energía renovable a pequeña escala presentan una alternativa económica y ambiental factible para la provisión de energía a comunidades rurales remotas, para la expansión de la capacidad eléctrica instalada, ya sea por medio de sistemas aislados o por proyectos conectados a la red eléctrica” (pág. 03).

De acuerdo a la definición se menciona que la tecnología de microgeneración puede reducir la contaminación ambiental y evitar el deterioro de la fauna y flora causada por las emisiones de gases producidos por los sistemas convencionales a combustión, que utilizan combustibles fósiles como el carbón y productos derivados del petróleo.

De igual forma la Universidad Técnica de Cotopaxi ha venido realizando algunos proyectos investigativos con la carrera de Ingeniería Eléctrica y Electromecánica, que han implementado varios sistemas de microgeneración en distintos lugares y provincias de nuestro país; bajo algunos títulos hemos tomado como referente el de los autores: LLANGO GUAMUSHIG William Geovanny & GALLEGOS LALANGUI Edison Calixto, (2012) concluyen que “Estos tipos de proyectos tienen una buena aceptación en las zonas rurales y especialmente en sectores alejados de la ciudad, donde es muy difícil que llegue el sistema nacional interconectado, esta tecnología es una alternativa para los habitantes de estos sectores gocen de un servicio básico, como es la energía eléctrica.” (pág. 183)

De tal forma, se puede acoger estos artículos de diferentes entidades pero que tienen una similitud; el proporcionar de energía limpia a comunidades de escasos recursos económicos y de difícil acceso.

De acuerdo con los autores se puede mencionar que el proyecto es viable porque es innovador y no causa daño al ecosistema. Además solventa con las necesidades energéticas de la Finca Marielitas, Cantón la Maná de la Provincia de Cotopaxi.

1.2. Fundamentación Legal

Ley de Aguas; Título VII de las Aguas para fines Energéticos, Industriales y Mineros, Codificación 16, Registro Oficial 339, (2004). Art. 42.- “Se concederán derechos de aprovechamiento de aguas para la generación de energía destinada a actividades industriales y mineras, especialmente a las contempladas en el Plan General de Desarrollo del País”. (pág.07)

Las aguas destinadas a la generación de energía y trabajos mineros, deberán ser devueltas a un cauce público, obligándose el concesionario a tratarlas, si el Consejo Nacional de Recursos Hídricos lo estimare necesario.

Dentro de la fundamentación legal se desarrollan proyectos de macro, micro y de pico generación hidroeléctrica, es necesario dar a conocer a la entidad reguladora la encargada de salvaguardar la diversidad tanto del ecosistema en general como velar por la integridad de los afluentes ríos y riachuelos.

En este caso el Ministerio del Ambiente junto a la SENAGUA, encargados de las políticas ambientales y de los proyectos y programas para el cuidado de los ecosistemas y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, puntualiza normas para conseguir buenas prácticas y producción de recursos naturales, desarrollándolos de forma responsable conservando la biodiversidad.

La constitución del estado existen artículos relevantes dentro del Plan nacional del buen Vivir que a continuación se lo menciona haciendo énfasis a los artículos más importantes.

Plan Nacional del Buen Vivir Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo Estrategias, (2013). “La producción, transferencia y consumo de energía debe orientarse radicalmente a ser ambientalmente sostenible a través del fomento de energías renovables y eficiencia energética.”(pág.212)

Política 4.3. Diversificar la matriz energética nacional, promoviendo la eficiencia y una mayor participación de energías renovables sostenibles.

Artículo 313. El Estado se reserva el derecho de administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos, de conformidad con los principios de sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia. *Se consideran sectores estratégicos la energía en todas sus formas.*

Artículo 3.14. El Estado será responsable de la provisión de los servicios públicos de agua potable y de riego, saneamiento, energía eléctrica, telecomunicaciones, vialidad, infraestructuras portuarias y aeroportuarias y los demás que determine la ley.

Artículo 4.13. El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua.

1.3. Categorías Fundamentales.

GRÁFICO N°1.1 “CATEGORIAS FUNDAMENTALES”



Fuente: Los Autores

Elaborado por: Pila Edisón, Franklin Toapanta.

De acuerdo a la categorización metodológica se estructura el marco teórico conceptual.

1.4. Fundamentación Teórica.

1.4.1. Energía Hidráulica.

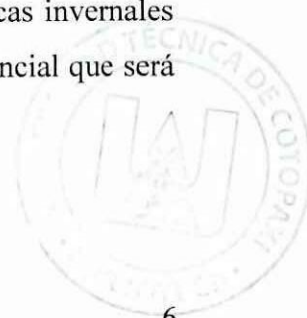
Los investigadores RAY K. Linsley & FRANZINI Joseph B., (1991) señalan que:

Energía hidráulica, energía hídrica o hidroenergía a 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; en caso contrario, es considerada solo una forma de energía renovable. (pág. 28)

Básicamente los autores definen como energía hidráulica a la capacidad de transformación de potencial a cinética que dan como resultado un momento rotatorio o mecánico a una rueda o paletas o turbinas, que dependen de mas elementos para ser un conjunto generador.

De la misma manera los autores, RAY K. Linsley & FRANZINI Joseph B., (1991) señalan que: “Se puede transformar a muy diferentes escalas. Existen, desde hace siglos, pequeñas explotaciones en las que la corriente de un río, con una pequeña presa, mueve una rueda de palas y genera un movimiento aplicado, por ejemplo, en molinos rurales.” (pág. 32)

Aunque, la constitución de las centrales hidroeléctricas de gran escala que construyen grandes presas, en algunos casos no son consideradas formas de energía verde, por el alto impacto ambiental que producen, en épocas invernales estas producen inundaciones. Todos los cuerpos tienen energía potencial que será tanto mayor cuanto mayor sea su altura.



1.4.1.1. El Potencial Hídrico o Potencial del Agua.

De acuerdo con SLATYER & STERLING, (1960) indica que

El potencial hídrico de cualquier sistema que contenga o pudiera contener agua como: el equivalente al potencial químico del agua en este sistema, comparado con el potencial químico del agua pura a las mismas temperatura y presión atmosférica. Se considera, además, que el potencial hídrico de referencia del agua pura es cero. De forma resumida podemos considerar al potencial hídrico como la energía potencial que posee una dada masa de agua. (pág.175).

Concluyendo y haciendo un comentario de los autores cabe insistir que se denomina energía potencial a la energía que tiene un cuerpo situado a una determinada altura sobre el suelo, esto es el principio fundamental que asocia a la energía hidráulica a manera de aprovechamiento hidroeléctrico como fuente de energía cinética y potencial.

Adicional a lo mencionado anteriormente se asume definiciones de los autores LINCOLN Taiz, ZEIGER Eduardo, & Otros, (2015), y ellos en su texto científico precisan que:

El potencial hídrico está constituido por varios potenciales que influyen sobre el movimiento del agua, que pueden actuar en las mismas o diferentes direcciones. Dentro de complejos sistemas biológicos, estos factores de potencial juegan un rol de importancia. Por ejemplo, la adición de solutos al agua disminuye su potencial hídrico, haciéndolo más negativo, como también un incremento en la presión aumenta su potencial, haciéndolo más positivo. Si es posible, el agua fluirá desde un área de alto potencial hídrico hacia un lugar con potencial menor. Un ejemplo muy común es el agua que contiene sal disuelta, como el agua de mar o la solución dentro de células vivas. (pág. 765)

Así se puede aseverar que el potencial hídrico hace referencia a la energía potencial del agua, la energía libre que poseen las moléculas de agua para realizar trabajo. Cuantifica la tendencia del agua de fluir desde un área hacia otra debido a ósmosis, gravedad, presión mecánica, o efectos físicos como la tensión superficial.

1.4.2. Principio de Dinámica de Fluidos.

Basado en el texto de POLO ENCINAS Manuel, (1983) establece el estudio considerando su texto con el título de “Turbomáquinas hidráulicas” obteniendo información científica bibliográfica e implementándolo en el proyecto.

1.4.2.1. Principios Teóricos Fundamentales.

El autor POLO ENCINAS Manuel, (1983) señala que:

La Turbomáquinas son máquinas rotativas que permiten una transferencia energética entre un fluido y un rotor provisto de álabes o paletas, mientras el fluido pasa a través de ellos. La transferencia de energía tiene su origen en una gradiente de presión dinámica que se produce entre la salida y la entrada del fluido en el rotor, por lo que también se denominan a estas máquinas de presión dinámica. (pág. 13)

Según el autor se denomina mecánica de fluidos al estudio de movimiento de los fluidos y las fuerzas físicas que lo provocan; su característica elemental que define a los fluidos es su incapacidad para resistir esfuerzos cortantes; es decir lo que provoca que carezcan de forma definida. También estudia las interacciones entre el fluido y el contorno que lo limita.

De tal manera, el autor POLO ENCINAS Manuel, (1983), indica que: “Si la transferencia de energía se efectúa de máquina a fluido se le da el nombre genérico de bomba; si por el contrario el fluido cede energía al rotor se llama turbina.” (pág.13)

Es decir que en el primer término figuran no solo máquinas comercialmente conocidas como bombas, cuyo fluido de trabajo es el agua o componentes líquidos, si no también toda turbomáquina que sirve para suministrar y proporcionar energía a un fluido, tales como los sopladores, compresores, aspiradores, ya sean de constitución radial, axial.

En el segundo término se indica que lo contrario a las bombas son las turbinas dentro de estas figuran las hidráulicas, de gas, de aire, de vapor que también pueden ser suministradas en cualquier clase de fluido.

1.4.2.2. Métodos de Estudio para la Mecánica de Fluidos.

POLO ENCINAS Manuel, (1983) dicta que: “Existen tres métodos a seguir para estudiar el comportamiento general de las Turbomáquinas. El método analítico, el método experimental y el análisis dimensional.” (pág.13)

Método Analítico. Está basado fundamentalmente en el estudio del movimiento del fluido a través de los álabes, según los principios de la mecánica de fluidos: Análisis de diagramas vectoriales de velocidades a la entrada y salida del álabe. Estudio dinámico caracterizado por la influencia de fuerzas exteriores y de cantidades de movimiento. Relaciones entre las propiedades o variables que definen la dinámica del fluido a su paso por la máquina, como son el gasto o

caudal, la carga de presión la potencia, la velocidad de rotación, el tamaño o dimensión la masa específica, la viscosidad, la elasticidad.

Método Experimental. Fue casi el único seguido hasta principios del siglo en la construcción de las máquinas hidráulicas.

Las fórmulas empíricas de la Hidráulica eran de utilidad en aquellos procesos mejor conocidos y más fácilmente medibles, como el movimiento del agua en ductos y canales, pero en una turbomáquina la experimentación se hacía más difícil y la ponderación de variables resultaba complicada, por lo que el diseño de los elementos no podía hacerse con el debido ajuste y precisión, obteniéndose rendimientos bajos. La dinámica de fluidos ha favorecido en el diseño de formas fluido dinámicas que evitan los choques contra los álabes y la separación de los contornos, consiguiendo excelentes rendimientos. En la actualidad cualquier fabricante calificado y certificado para hacer turbinas como: Francis, Kaplan, Pelton, Turgo, etc, pueden obtener rendimientos del 90% o superiores.

Análisis Dimensional. Es el tercer método que se señala como generar el estudio de las turbomáquinas. Mediante el conocimiento de las variables que intervienen en el movimiento de un fluido en una turbomáquina, manejadas de una forma de cálculo puramente matemático.

El método aparece abstracto, pero en realidad se transforma en una herramienta eficiente en una primera aproximación, pues, con un mínimo de conocimientos se procura una guía eficaz en la investigación. Se denomina análisis dimensional a los coeficientes, conocidos como de funcionamiento de una turbomáquina como son los números de Euler, Reynolds, Froude, Mach, que califican la fluencia de las diferentes propiedades del fluido como son: la inercia, su viscosidad, acción gravitacional, elasticidad, etc.; interactuando formando movimiento a través de la máquina.

1.4.2.3. Dinámica de Fluidos.

En la bibliografía usada el marco conceptual; el método que se seguirá es el analítico, y sin el objeto de excluir a los métodos, decimos que el analítico es el óptimo para la mejor comprensión de las ideas, sin embargo el autor: POLO ENCINAS Manuel, (1983) en su libro denominado como: “Turbomáquinas hidráulicas principios fundamentales”, da a conocer conceptos importantes en el marco investigativo.

Trayectoria. Es el lugar geométrico de las sucesivas posiciones de una partícula de fluido en movimiento, si bien es cierto el fluido que pasara por la turbina tendrá una trayectoria proporcional a la tobera.

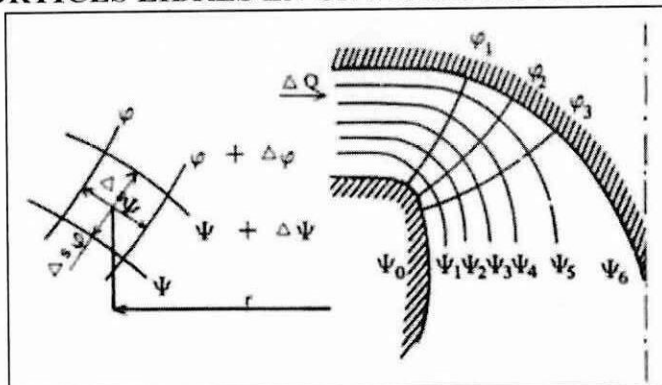
Líneas de Corriente. Son el conjunto de curvas que caracterizan el movimiento del fluido en un instante dado y están definidos por las envolventes de los vectores velocidad de las diferentes partículas de flujo. No pueden ser cortadas, si se cortaran tendrían dos velocidades en un mismo punto.

Tubos de Corriente. Están definidos por superficies formadas de líneas de corriente hipotéticas limitando venas parciales de flujo. En el caso de flujos planos, o también denominadas como trayectorias planas las líneas de corriente son las directrices de tubos de sección de longitud plana.

En el caso de flujos limitados por superficies de revolución coaxiales, en corrientes giratorias, las líneas de flujo que definen los tubos son las meridianas, llamadas así por estar contenidas en los planos meridianos.

Directrices y meridianas llamadas también líneas de escurrimiento. Un ejemplo de flujo giratorio se tiene en una turbina Kaplan, por cierto una turbina denominada axial, en la zona de vórtices libres que precede al rodete móvil.

FIGURA 1.1. RED DE FLUJO EN UN DUCTO DE REVOLUCIÓN DE VORTICES LIBRES EN UN FLUJO ROTACIONAL.



Fuente: POLO ENCINAS Manuel, (1983) (pág.15)
 Elaborado por: Pila Edisón, Franklin Toapanta.

Función de Corriente. Es una función matemática que representa la geometría de las superficies de corriente. La corriente del fluido es descompuesta para su estudio en tubos de corriente del mismo gasto, el cual se conserva constante, en flujo estable, pues por definición, la velocidad no tiene componente normal a la superficie que limita al tubo de corriente.

Potencial de Velocidad. Es conocida como una función matemática que representa la geometría de las superficies normales a las de corriente, en flujo irrotacional o movimiento potencial. Las líneas de corriente y las de potencial constituyen una red de flujo, de gran utilidad en el estudio de la dinámica de los fluidos a través de formas determinadas.

Así, por ejemplo para determinar el número de alabes del distribuidor y los del rotor de una turbina a reacción, se debe trazar una red del flujo en la zona del distribuidor, y en el espacio comprendido entre este y el rodete móvil, espacio pequeño en la turbina Francis pura, pero más grande en la Francis mixta y sobre todo muy notable en las turbinas de tipo axial, como la Kaplan, donde la zona de los vórtices libres entre el distribuidor y el rotor es de grandes dimensiones. En la Figura 1.1. Se muestra una sección de turbina Kaplan, donde se tiene un flujo giratorio que avanza según las meridianas $\psi_1, \psi_2, \psi_3, \psi_4, \dots$, con potenciales de velocidad $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4, \dots$, las cuales constituyen la red de flujo.

1.4.3. Factores de Pérdida de Energía.

El autor POLO ENCINAS Manuel, (1983), en su libro denominado Turbomáquinas Hidráulicas menciona como causas principales de pérdida de energía a las siguientes:

Pérdidas por Fricción. Se presentan en las paredes de los contornos; estas varían directamente con el cuadrado de la velocidad relativa y con la longitud del ducto o canal por donde se mueve el fluido, siendo inversamente proporcionales al radio hidráulico de la sección de dicho ducto. También intervienen la viscosidad del fluido y la rugosidad de las paredes.

Pérdidas por Separación. El fluido de los contornos de los alabes o por choques contra los mismos, producen turbulencias o vibraciones que son perjudiciales. Este efecto tiene lugar por ejemplo en la operación a carga parcial o sobrecarga en las máquinas de álabe fijo, al modificarse la incidencia con la regulación del caudal. La máquina en este caso la turbina está ligada rígidamente a otra máquina de velocidad angular constante es decir a un motor o generador; y para modificar la potencia de acuerdo con la demanda, se regula el gasto cambiando en magnitud o dirección la velocidad absoluta de entrada al rotor. Pero como la velocidad permanece constante, necesariamente la velocidad relativa se sale de la posición tangente que debe tener respecto al álabe, produciéndose la separación o choque contra el mismo. Esta separación da lugar a turbulencias que aumentan la fuerza de arrastre del álabe, disminuyendo el rendimiento, este efecto obliga a limitar el valor del cambio en las velocidades relativas del fluido y a sacrificar la energía estática transferida por este concepto.

Pérdidas por Recirculación. Estas pérdidas se dan entre el rotor y la carcasa. El rotor al girar dentro de la carcasa se llena de fluido que produce una centrifugación de las partículas que se encuentran en contacto periférico, dando lugar a una corriente circulatoria que sigue al rotor en su movimiento. En ciertas

máquinas hidráulicas se ha podido comprobar que la velocidad angular de esta corriente llega a ser la mitad del rotor.

Pérdidas por Fugas. Resulta complicado el evitar fugas por fluido entre las partes móviles y las fijas de una turbomáquina, pues si la fuerza de presión del agua aumenta sobre los sellos de ajuste, se aumenta el efecto abrasivo sobre ellos y esto acelera su deterioro.

1.4.3.1. Fenómeno de la Cavitación.

POLO ENCINAS Manuel, (1983) manifiesta que:

Si las máquinas trabajan con aire, gas, o vapor, están sujetas a fenómenos clásicos a causa de ser estos fluidos compresibles, las máquinas hidráulicas, no sufren este problema, pues el agua es un líquido prácticamente incompresible dentro de las condiciones de trabajo. Sin embargo tienen también limitada su velocidad por la cavitación. El nombre viene significando la formación de cavidades en el seno del líquido, definidas por burbujas de vapor dentro de la masa líquida y producidas por una vaporización local a causa de ciertas condiciones dinámicas, como pueden ser una alta velocidad relativa y consecuentemente una reducción de la presión local hasta el valor de la tensión del vapor a la temperatura actual del líquido. (pág.35)

Acotando el contexto del autor, la cavitación se presenta en la parte curvada de la turbina colindante con la tobera de succión o de descarga, también puede presentarse este fenómeno en la región periférica del rodete móvil donde las velocidades tangenciales producidas por el agua son altas. Dentro de los efectos de la cavitación podemos mencionar una notable disminución para el rendimiento hidráulico, es decir la turbina no trabaja a su capacidad nominal; pero el efecto más grave producido por este fenómeno es la corrosión de los álabes, muy notable para su rendimiento específico en su notable rendimiento que se

acentúa más y más una vez iniciada, obligando a revisiones periódicas de la máquina y a la reparación o reemplazo de la parte afectada. La reparación de los alabes suele hacerse con procesos de soldadura, siendo esta operación muy delicada, pues se debe evitar en lo posible tensiones internas del material que den lugar a concentraciones de esfuerzos nocivos, así como desequilibrios mecánicos por desajuste de masas que puedan producir vibraciones. La falta de masa local producto de la cavitación puede dar lugar a vibraciones del rotor, según conocimientos y experiencias de mantenimiento se recomienda emplear resinas emposica, para rellenar las partes deterioradas por la cavitación.

Al diseñar una turbomáquina y proyectar su implementación se debe procurar que la cavitación no llegue a producirse, al menos no en un grado notable. Según el texto del Autor POLO ENCINAS Manuel; una de las maneras de solucionar este efecto es reduciendo velocidades de operación y aumentar el peso y tamaño por unidad de potencia, así también menciona que hay que cuidar la posición de las turbinas respecto al nivel de agua.

1.4.4. Velocidad Sincrónica.

POLO ENCINAS Manuel, (1983) escribe que:

Generalmente las turbinas hidráulicas se emplean para mover generadores eléctricos síncronos, a los que se acoplan rigidamente sobre un mismo eje. La velocidad de giro las determinan las condiciones hidráulicas, de acuerdo con la carga y el caudal, pero es preciso hacer el reajuste final teniendo en cuenta ciertas condiciones eléctricas. El generador síncrono es una máquina de corriente alterna excitada por corriente directa, existiendo una relación constante entre la frecuencia de la corriente y la velocidad de giro de la máquina, que da el número de pares de polos de rotor. (pág. 36)



Comentando el artículo y ampliándolo se puede mencionar que si el rotor de un generador tiene (p) pares de polos (2 polos); N es el número de revoluciones por minuto a que gira el rotor y (f) es la frecuencia de la corriente en ciclos por segundo tenemos lo siguiente:

$$p = \frac{f}{\frac{N}{60}} = \text{Pares de Polos} \quad \text{ECU.1.1.}$$

Seguidamente de acuerdo a la constitución de grupos electrógenos, cada bobina será cortada $p \frac{N}{60}$ veces por segundo por el flujo de cada par de polos, produciéndose en el estator una corriente de frecuencia.; las rpm, representan revoluciones por minuto.

$$f = p \frac{N}{60} = \text{Ciclos/seg} \quad \text{ECU.1.2.}$$

Ósea:

$$N = \frac{60 \times f}{p} = \text{rpm} \quad \text{ECU.1.3.}$$

El autor POLO ENCINAS Manuel, (1983) señala que: “El número de pares de polos suele variar de 1 a 50, de 2 a 100 polos. Según esto para $f= 60$ ciclos/seg, la velocidad máxima de rotación del generador será de 3600 rpm, el número mínimo de polos que se pueden tener son dos, un par. Esta es la velocidad usual de las turbinas de vapor”. (pág.37)

Las turbinas hidráulicas giran a velocidades muy bajas, tanto más si la máquina es grande, variando entre 72 y 600rpm aproximadamente en las máquinas modernas.

Como puede observar cuando f es constante, p está en razón inversa de N , y por tal motivo la relación constructiva y constitutiva de un generador tiene que ser múltiplo de 4.

El alternador implementado, es reutilizado de una planta de combustible es decir a motor de ignición, por tal motivo relativamente se trata de un generador de baja potencia 3.5 kW.

Su motor funciona a una alta revolución debido a su combustible, como es la Nafta, o gasolina el motor fácilmente puede operar a velocidades de 3600 o más revoluciones por lo cual nuestra turbina hidráulica debe acoplarse a estas características.

1.4.5. Máquinas de Fluido.

El autor MATAIXClaudio, (1975) asume que:

Máquinas de fluido son aquellas máquinas en que el fluido o bien suministra la energía que absorbe la máquina, (así por ejemplo en una turbina hidráulica el agua proviene de un embalse suministra la energía que la turbina transformará en energía mecánica) o bien el fluido es el receptor al que la máquina restituye la energía mecánica absorbida, (así por ejemplo, en una bomba de agua, esta sale de la máquina con más presión que la que tenía a la entrada, porque la bomba a restituido al agua la energía absorbida por el eje. (pág.37)

Con este concepto se señala las turbinas más convencionales usadas en el campo de generación y conocerlas de manera particular a cada una de ellas.

1.4.5.1. Turbinas Hidráulicas.

1.4.5.1.1. Leyes de Funcionamiento de las Turbomáquinas.

El autor POLO ENCINAS Manuel, (1983) señala lo siguiente: “El concepto de similitud aplicado a las Turbomáquinas encuentra su sentido en los coeficientes de funcionamiento que tienen su origen en las leyes de funcionamiento.” (pág.25)

Entre las variables fundamentales que rigen la dinámica de fluido de una turbomáquina se establecen relaciones o leyes que vinculan las características de una unidad con otra que operan a diferente velocidad o que son de distinto tamaño, el texto escrito por el autor asume o relaciona el funcionamiento de las turbinas asociándolas con términos que varían de acuerdo a variables que si bien es cierto se pueden reducir a nueve; como a continuación se menciona:

Q = Caudal o Gasto volumétrico.

H = Carga efectiva actuando sobre la máquina, Altura.

P = Potencia Transferida.

M = Par O momento.

N = Revoluciones del rotor por unidad de tiempo.

D = Diámetro o dimensión característica, Diámetro externo del rodete.

ρ = Masa Específica del agua.

μ = Viscosidad Absoluta del fluido.

E = Elasticidad del fluido.

Las denominadas leyes de funcionamiento se establecen con las seis primeras variables, {Q, H, P, M, N, D} ya que son las más fundamentales, porque tratándose del agua { μ , ρ , E} tienen valores que podrían considerarse inmutables o de cierta forma despreciables dependiendo las condiciones del emplazamiento donde se implementará el sistema.

1.4.5.1.2. Velocidad Específica.

POLO ENCINAS Manuel, (1983) dice: “La velocidad específica sin duda es el valor que mejor caracteriza a una turbomáquina, pues la relaciona no solo al caudal y a la carga, variables fundamentales, sino también a la velocidad de giro, variable cinemática que sigue en importancia.” (pág.26)

La velocidad específica es muy importante sin duda uno de los parámetros esenciales en diseño, es mencionar que son producto de las variables Q, H, P y N, unidades que son prácticas industrialmente usadas por tal razón en el sistema métrico que a continuación se lo puede calcular basándonos en la siguiente ecuación:

$$n_s = \frac{N P^{\frac{1}{2}}}{H^{\frac{5}{4}}} = \frac{\text{rpm} (CV)^{\frac{1}{2}}}{(m)^{\frac{5}{4}}} \text{ Para turbinas en el sistema métrico} \quad \text{ECU.1.4.}$$

n_s = Velocidad Específica para turbinas en el sistema métrico.

Q = Expresado en lt/seg.

H = en metros m.

P = En CV.

N = Revoluciones por minuto rpm.

$$N_s = \frac{N P^{\frac{1}{2}}}{H^{\frac{3}{4}}} = \frac{\text{rpm} (HP)^{\frac{1}{2}}}{(\text{pies})^{\frac{5}{4}}} \text{ Para turbinas en el sistema inglés} \quad \text{ECU.1.5.}$$

N_s = Velocidad Específica para turbinas en el sistema inglés.

Q = Expresado en gpm.

H = en pies.

P = En HPÁG.

N = Revoluciones por minuto rpm.

Resulta práctico conocer las unidades de equivalencia. Para ello solo basta tener en cuenta los factores de equivalencia de unidades, resultando.

$$\frac{n_s}{N_s} = 4.44 \text{ Para turbinas} \quad \text{ECU.1.6.}$$

1.4.5.2. Bases para la Clasificación de Turbomáquinas.

En su texto el investigador POLO ENCINAS Manuel, (1983) dice que:

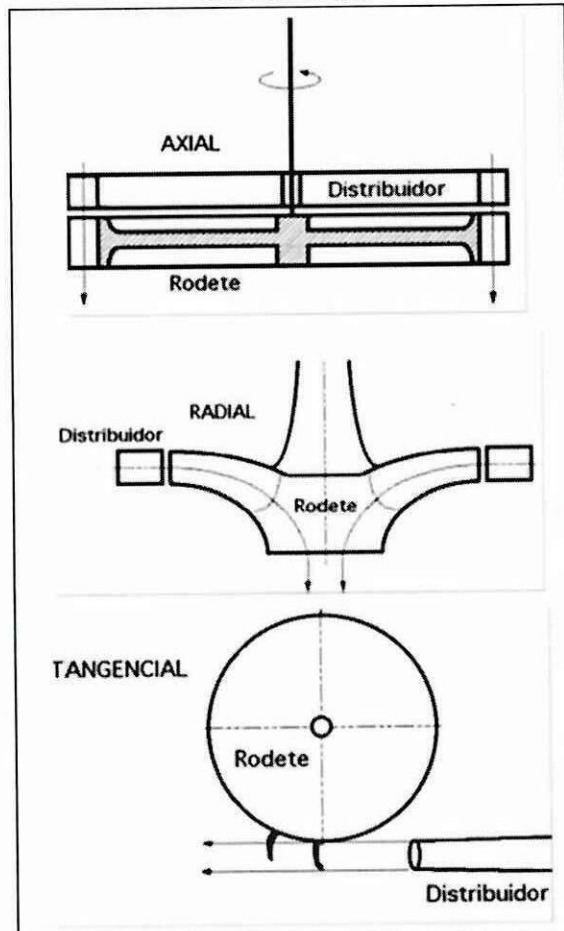
Hay muchos métodos de clasificación en grupos con factores comunes, pero no puede decirse que haya una clara división en conjuntos de funcionamiento y diseño único, que permita desarrollar estudios simples sobre las mismas bases. Sin embargo el comportamiento de fluidos reales bajo condiciones particulares, conduce a un análisis de diseño especial para un número de tipos más usuales. (pág. 45)

El autor clasifica las turbomáquinas de la siguiente manera:

Primera, gran división que puede hacerse es, en máquinas que transfieren energía de rotor a fluido, denominadas bombas y compresores, y en máquinas que transfieren energía de fluido a rotor, son denominadas turbinas hidráulicas.

Segunda, gran clasificación se basa en la dirección que tiene el flujo a su paso por el rotor, y se tienen así máquinas de flujo radial y máquinas de flujo axial; algunas tienen los dos flujos, esto es en las turbinas de flujo mixto tales como las Francis mixtas. El grupo de flujo radial puede subdividirse en flujo hacia dentro y flujo hacia afuera, lo que es muy significativo según se trate de turbinas y bombas. En las axiales, tales como son las turbinas Kaplan, hélice, Bulbo, el agua entra paralelamente al eje, tal como se muestra en la FIGURA 1.2.

FIGURA 1.2. CLASIFICACIÓN DE TURBINAS SEGÚN SU PASO POR EL ROTOR.



Fuente: FERNÁNDEZ DÍEZ Pedro, ((1987)) (pág.04)
Elaborado por: Pila Edison, Franklin Toapanta.



Las turbinas radiales se caracterizan por que el agua entra perpendicularmente al eje, FIGURA 1.2, siendo centrífugas cuando el agua vaya de dentro hacia afuera, y centrípetas, cuando el agua vaya de afuera hacia adentro, tales como las turbinas Francis. En las turbinas mixtas se tiene una combinación de las anteriores tal es así como las turbinas conocidas como Francis Mixta que son altamente eficientes.

En las turbinas de movimiento tangencial, el agua entra lateral o tangencialmente como las Pelton, Michell Banki, Turgo, contra las palas, álabes o cucharas su constitución es muy semejante a la rueda, como en la FIGURA 1.2.

Tercera, división que es más conocida como el grado de reacción, es la que contemplan las máquinas de impulso y por otro lado las de reacción.

Esta clasificación es imprecisa, para la mayor parte de los autores y constructores, pues aunque parece lógico que $Gr = 0$ Gr (Grado de Reacción) debe corresponder a impulso (Acción) y $Gr \neq 0$ a reacción, no se toma así en la práctica, sino que se llaman de impulso a muchas Turbomáquinas con bajo grado de reacción, esto es, cuando la ponderación de la carga estática es relativamente reducida con relación a la dinámica. No se define ningún porcentaje, permanece la duda si se debe llamar de impulso o de reacción. Buscando precisión para un estudio de ámbito metodológico se llamarán de impulso a máquinas con $Gr = 0$ y de reacción aquellas que $Gr \neq 0$.

En tanto FERNÁNDEZ DÍEZ Pedro, (1897) dice que: “En las turbinas de acción el agua sale del distribuidor a la presión atmosférica, y llega al rodete con la misma presión; en estas turbinas, toda la energía potencial del salto se transmite al rodete en forma de energía cinética”. (pág.04)

FIGURA 1.3. TURBINAS DE ACCIÓN.

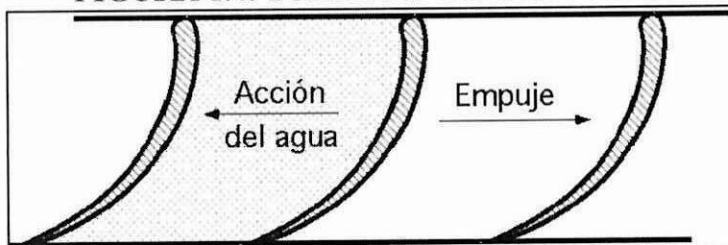


Fuente: FERNÁNDEZ DÍEZ Pedro, (1987) (pág.04)
Elaborado por: Pila Edisón, Franklin Toapanta.

FERNÁNDEZ DÍEZ Pedro, (1897) también dice que:

En las turbinas de reacción el agua sale del distribuidor con una cierta presión que va disminuyendo a medida que el agua atraviesa los álabes del rodete, de forma que, a la salida, la presión puede ser nula o incluso negativa; en estas turbinas el agua circula a presión en el distribuidor y en el rodete y, por lo tanto, la energía potencial del salto se transforma, una parte, en energía cinética, y la otra, en energía de presión. (pág.04)

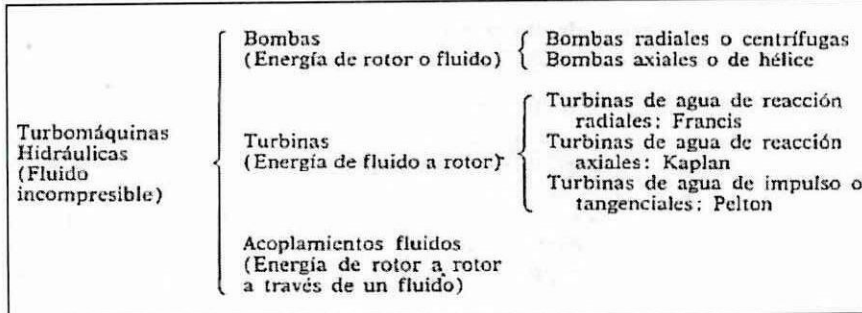
FIGURA 1.4. TURBINAS DE REACCIÓN.



Fuente: FERNÁNDEZ DÍEZ Pedro, (1987) (pág.04)
Elaborado por: Pila Edisón, Franklin Toapanta.

Concluyendo así las turbinas de acción, el empuje y la acción del agua, coinciden, mientras que en las turbinas de reacción, el empuje y la acción del agua son opuestos. Finalmente es un motivo muy importante para la clasificación la naturaleza del fluido con que trabaja la máquina, esto es si es compresible o incompresible, Entre las turbinas de agua y las de vapor o gas, hay notables diferencias; la presente tesis habla de turbinas hidráulicas es decir máquinas que trabajan con fluido incompresible y a continuación haremos un cuadro clasificatorio.

FIGURA 1.5. CLASIFICACIÓN DE LAS TURBOMÁQUINAS.

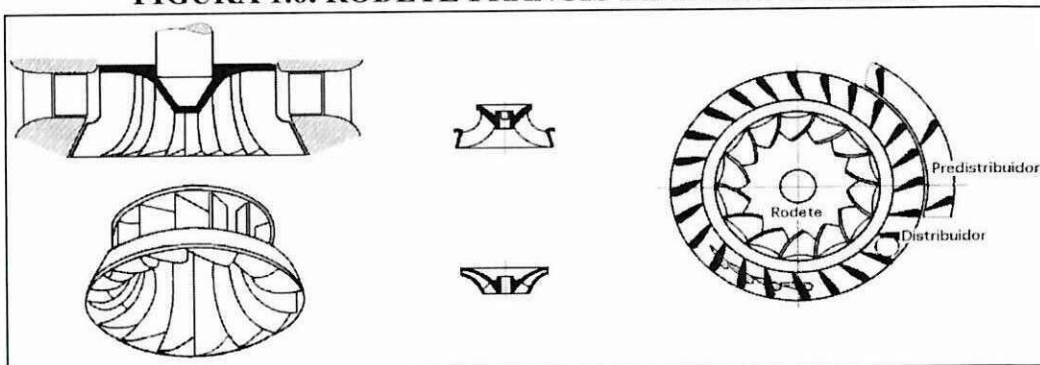


Fuente: POLO ENCINAS Manuel, (1983) (pág.38)
Elaborado por: Pila Edisón, Franklin Toapanta.

1.4.5.2.1. Turbinas Hidráulicas de reacción de flujo Radial. Turbina Francis.

FERNÁNDEZ DÍEZ Pedro, (1897) argumenta que: “Las turbinas Francis, son de tipo radial, admisión centrípeta y tubo de aspiración; siempre se construyen en condiciones de rendimiento máximo, dando lugar a tres tipos fundamentales, lentas, normales y rápidas, diferenciándose unas de otras en la forma del rodete.” (pág.53)

FIGURA 1.6. RODETE FRANCIS DE FLUJO RADIAL.



Fuente: FERNÁNDEZ DÍEZ Pedro, ((1987)) (pág.56)
Elaborado por: Pila Edisón, Franklin Toapanta.

Rodetes Lentos. Los rodetes lentos, son usados en grandes saltos; con ellos se tiende a reducir el número de revoluciones, lo cual supone un aumento del diámetro en su rodete.

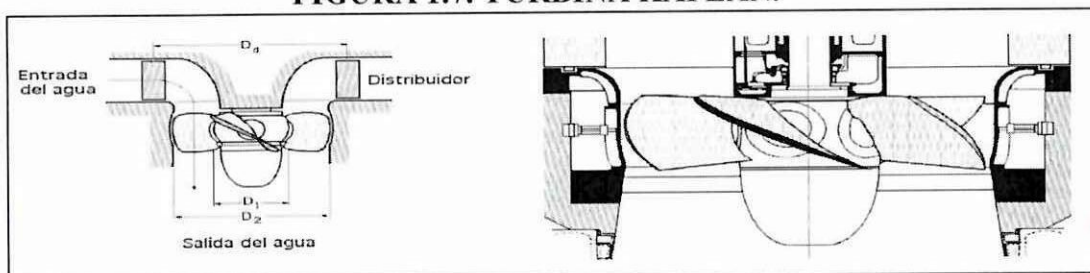
Rodetes Normales. Los rodetes normales, se caracterizan porque el diámetro es ligeramente superior al del tubo de aspiración. El agua entra en el rodete radialmente y sale de él axialmente, entrando así en el tubo de aspiración.

Rodetes Rápidos. Los rodetes rápidos, permiten obtener elevadas revoluciones por minuto; estos tendrán valores de N_s (Velocidad Específica) comprendidos entre 225 y 500 (rpm).

1.4.5.2.2. Turbinas Hidráulicas de Reacción de Flujo Axial. Turbina Kaplan.

FERNÁNDEZ DÍEZ Pedro, 1897 escribe que: “La importancia de las turbinas Hélice y Kaplan en pequeños saltos con grandes caudales, las hacen idóneas tanto en posición horizontal como vertical; por su similitud con las turbinas Bulbo, empleadas tanto en centrales mareomotrices como en algunas minicentrales hidráulicas.” (pág.87)

FIGURA 1.7. TURBINA KAPLAN.



Fuente: FERNÁNDEZ DÍEZ Pedro, ((1987)) (pág.89)

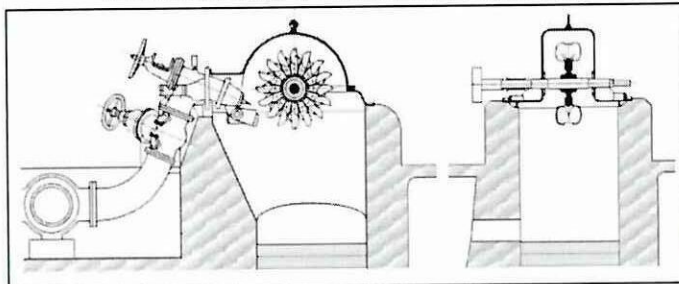
Elaborado por: Pila Edisón, Franklin Toapanta.

Se señala que la constitución de la turbina es de pocas palas lo que la hacen asemejarse a la hélice de barco; cuando las palas o álabes están fijas, toma el nombre de turbina hélice, mientras que si las palas son regulables se las llama turbinas Kaplan.

1.4.5.2.3. Turbinas Hidráulicas de Impulso (acción) Turbina Pelton.

El autor e investigador FERNÁNDEZ DÍEZ Pedro, (1897) señala que: “Las turbinas Pelton son turbinas de chorro libre que se acomodan a la utilización de saltos de agua con mucho desnivel y caudales relativamente pequeños, con márgenes de empleo entre 60 y 1500 metros, consiguiéndose rendimientos máximos del orden del 90%.” (pág.35)

FIGURA 1.8. TURBINA PELTON.



Fuente: FERNÁNDEZ DIEZ Pedro, ((1987)) (pág.36)
Elaborado por: Pila Edison, Franklin Toapanta.

1.4.5.3. Turbinas Michell Banki.

COZ Federico, (1995) dice que la turbina Michell Banki:

Fue inventada por A.G. Michell (Australia) y patentada en 1903. Posteriormente, entre 1917 y 1919, fue estudiada por DonatBanki (Hungría), en la Universidad de Budapest. Se trata de una turbina de acción, de flujo radial centrípeto-centrífugo, de flujo transversal, de doble paso y admisión parcial. Sin embargo, recientes ensayos han indicado que existe una pequeña reacción en el primer paso, a causa de una presión ligeramente superior a la atmosférica, debido a la cercanía del inyector al rodete. (pág.130)

El autor define conceptos a los principales componentes de la turbina, se toma en cuenta la más idónea para el proyecto se explica con más relevancia en el Cap. III.

1.4.5.3.1. Geometría del Distribuidor.

Consiste en una tobera o conducto de sección rectangular que abarca al rodete en un determinado ángulo de admisión parcial. Este está dotado de un álabe directriz para la regulación de paso del caudal. Este álabe puede ser operado de forma automática o de forma manual como sea diseñado.

$$B = \frac{0.96 Q}{De \sqrt{H}} \quad \text{ECU.1.7.}$$

Dónde:

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

De = diámetro exterior del rodete, expresado en metros.

De = diámetro exterior del rodete, expresado en metros.

H = altura bruta en metros.

1.4.5.3.2. Geometría del Rodete.

Tiene una forma cilíndrica o rueda y está constituida por dos discos, entre los cuales se fijan periféricamente una cierta cantidad de álabes de perfil circular y de simple curvatura. Los álabes son fijados a los discos mediante un proceso de soldadura y de acuerdo al número con los que este diseñado. La forma cilíndrica del rodete permite que la turbina pueda trabajar dentro de grandes rangos de variación de caudal con solo darle la longitud conveniente.

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

Di = Diámetro Interno

De = Diámetro externo

ECU.1.8.



De forma práctica el módulo OLADE, (1989) estandariza y propone un diámetro nominal de rodete:

TABLA N°1.1. PERFÍL DE RODETE Y DIÁMETROS INTERNOS.

Diámetro Externo mm	Diámetro Interno mm
200	22
300	38
400	50

Fuente: OLADE, 1989. (pág. 31).

Elaborado por: Pila Edisón, Franklin Toapanta.

1.4.5.3.3. Curvatura de los álabes.

$$r = \frac{De}{4 \cos \beta'_2} \left| 1 - \left| \frac{Di}{De} \right|^2 \right| \quad \text{ECU.1.9.}$$

Mediante teoremas y formulas se conoce que:

$$r = 0.163 \times De \quad \text{ECU.1.10.}$$

Para la selección del espesor de cada álabe del rotor, se determinó de acuerdo a la Tabla 1.2 en la que se detallan diámetro, espesor y peso de la tubería a utilizar en el proyecto.

TABLA N°1.2. ESPESOR DE LOS ÁLABES.

DIÁMETRO DEL ROTOR (mm)	TUBERÍA		
	DIÁMETRO (pulg)	ESPESOR (mm)	PESO (kgf/m)
200	2½	5,16	8,62
300	4	6,02	16,07
400	5	6,55	21,78

Fuente: PAZ PÉREZ, Edgar, 2007. (pág.03)

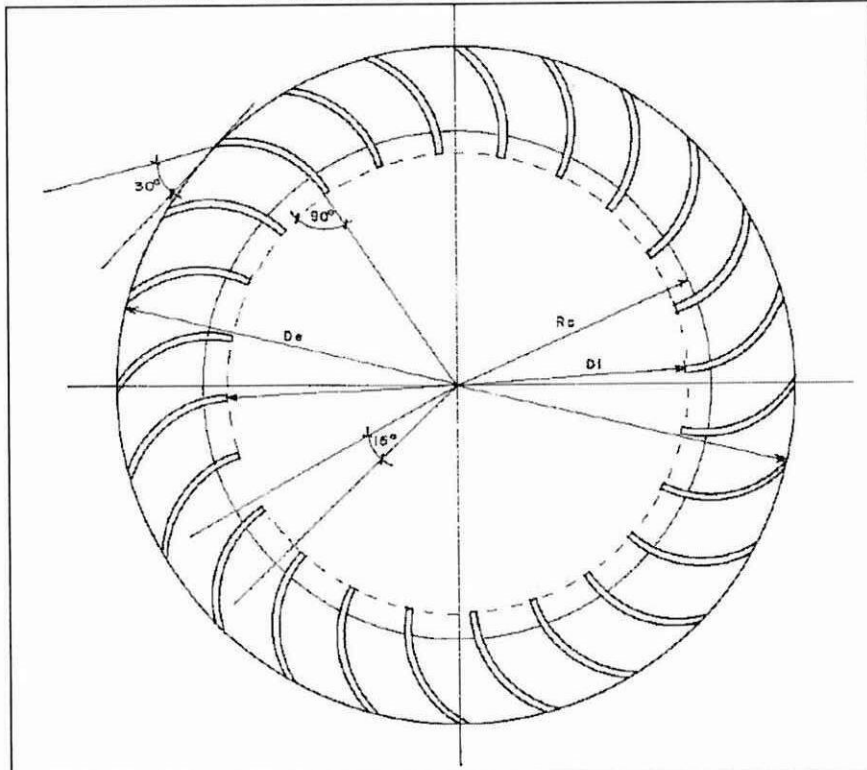
Elaborado por: Pila Edisón, Franklin Toapanta.

Diámetro máximo del eje del rotor.

$$d_{max} = 0,328 D_e$$

ECU.1.11.

FIGURA 1.9. RODETE TIPO MICHELL-BANKI.



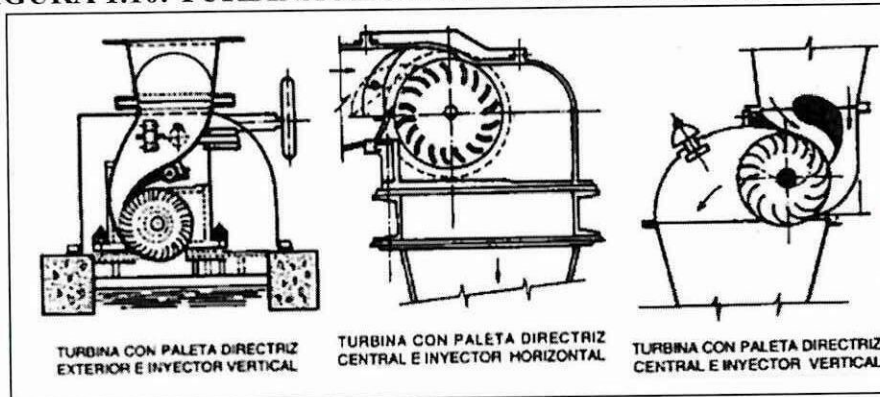
Fuente: OLADE, 1989 (pág.25)
Elaborado por: Pila Edisón, Franklin Toapanta.

Así también el escritor COZ Federico, (1995) dice que: “La característica de la turbina Michell Banki consiste en que un amplio chorro de agua de sección rectangular incide dos veces, cruzando al interior sobre los álabes del rodete.” (pág. 130)

La turbina opera por lo general a presión atmosférica. No obstante, en el caso de tener una altura baja de toma suele ser necesario el incorporar un tubo de aspiración cilíndrico para recuperar parte de la altura de montaje. Esto crea una depresión en el interior, se debe impedir que el agua inunde el rodete; para ello se utiliza una válvula automática regulada, de manera que permita la entrada de una cierta cantidad de aire al interior de la carcasa.

COZ Federico, (1995) afirma que: “La eficiencia es buena dentro de un amplio rango de caudal, aunque no muy alta si se las compara con las turbinas Pélton y Francis. Sin embargo, debido a su bajo costo y fácil construcción local, es una alternativa interesante para las pequeñas centrales.” (pág.130)

FIGURA 1.10. TURBINA MICHELL Y SUS CONFIGURACIONES.



Fuente: COZ Federico, (1995), (pág.130)
 Elaborado por: Pila Edisón, Franklin Toapanta.

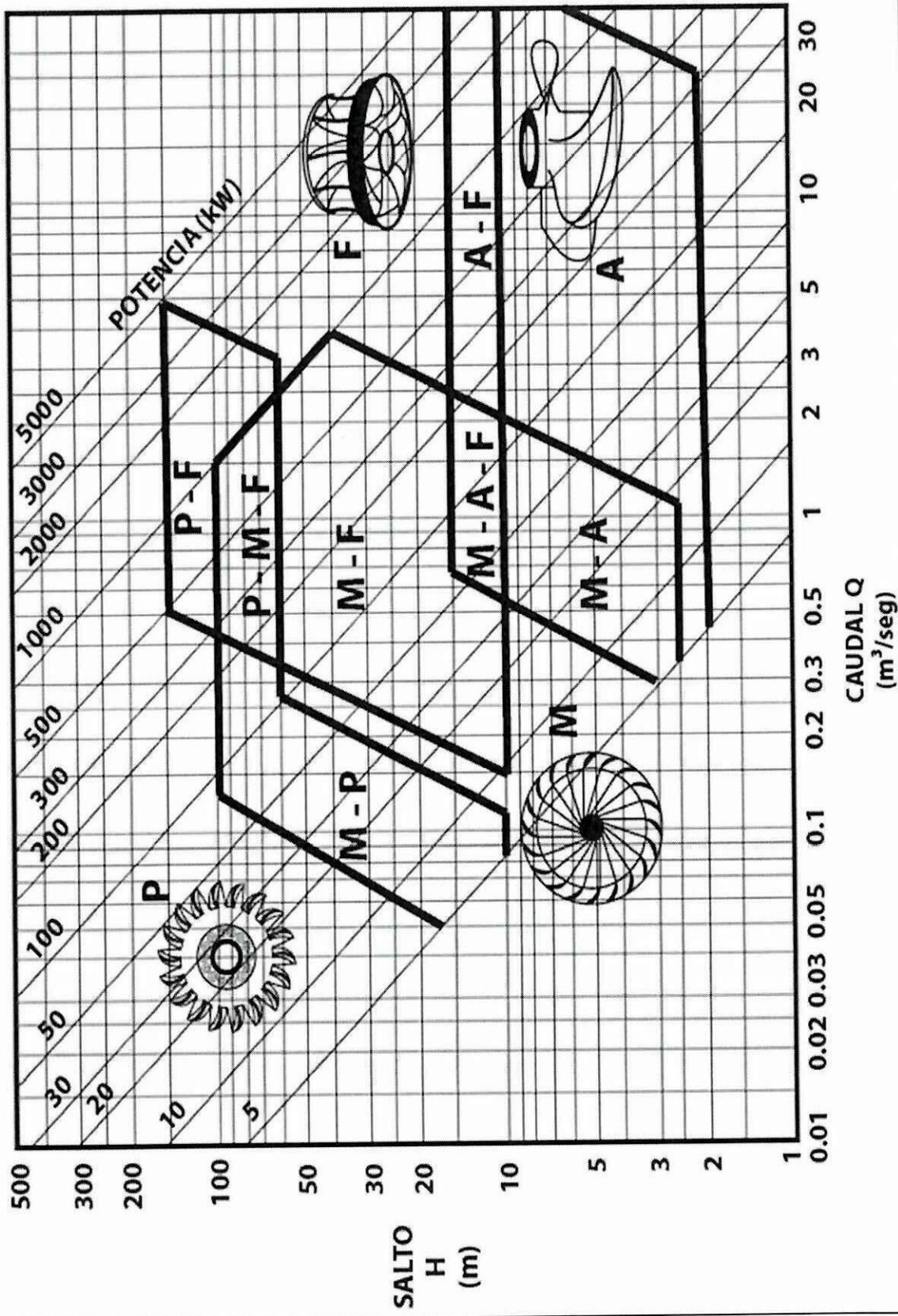
1.4.5.4. Métodos de selección de Turbinas.

1.4.5.4.1. Curvas Específicas Teóricas y Reales (Método rápido de selección de turbina).

El investigador y científico, POLO ENCINAS Manuel, (1983) indica que: “La dinámica del fluido en una turbomáquina se halla condicionada fundamentalmente por las nueve variables siguientes {Q, H, P, M, N, D, μ , ρ , E} pero también se han definido algunas relaciones importantes entre estas variables basadas en leyes de funcionamiento.” (pág.34)

Para dar interpretación a los que el autor señala con respecto a la variación que tiene una cualquiera de estas cantidades con respecto a otra, se recurre a la forma o método gráfico, que dan como resultado a las llamadas curvas características de funcionamiento.

FIGURA I.11. CURVAS ESPECÍFICAS TEÓRICAS Y REALES GRÁFICA CARGA-CAUDAL.



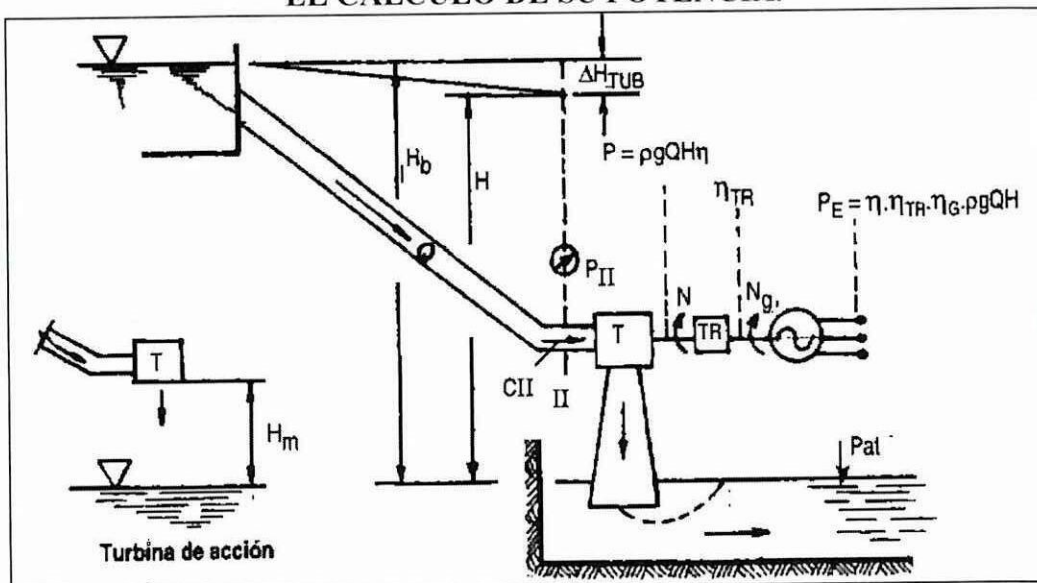
Fuente: OLADE, 1989 (pág.40)
Elaborado por: Pila Edison, Franklin Toapanta

De entre las nueve de las variables antes mencionadas se señalan las más fundamentales e utilizadas como son $H = f(Q)$ denominada gráfica Carga (Altura) – Caudal. Que es sin duda la más significativa de todas. A continuación tenemos una curva característica sacada del manual de OLADE, (1989) para dimensionamiento y estandarización de turbinas tipo Michell – Banki.

1.4.5.4.2. Método de Selección por Medio de la Potencia de la Turbina.

En el libro denominado Miniy microcentrales hidroeléctricas en el capítulo de turbinas inciso selección de turbina descrita por COZ Federico, (1995) describe el siguiente gráfico seguido de una fórmula para selección.

FIGURA 1.12. ESQUEMA DE SELECCIÓN DE TURBINA MEDIANTE EL CÁLCULO DE SU POTENCIA.



Fuente: COZ Federico, (1995), (pág.134)
Elaborado por: Pila Edisón, Franklin Toapanta.

De acuerdo al esquema de una Micro Central Hidroeléctrica mostrada en la FIGURA 1.12. La potencia generada se obtiene de las siguientes fórmulas:

$$P_E = P \times \eta_{TR} \times \eta_G \quad \text{ECU.1.12.}$$

$$P = \frac{\rho \times g \times Q \times H \times \eta}{K} = \frac{P_E}{\eta_{TR} \times \eta_G} = \frac{Q \times H \times \eta}{102} \quad \text{ECU.1.13.}$$

$$\eta_{GR} = \eta \times \eta_{TR} \times \eta_G \quad \text{ECU.1.14.}$$

Dónde:

P_E = Potencia eléctrica e los bornes del generador, kW

P = Potencia al eje de la turbina, kW.

H = Salto Neto, m

ρ = densidad del agua, 1000kg/m³

η = Eficiencia de la Turbina, adimensional.

η_{TR} = Eficiencia de la transición, adimensional.

η_G = Eficiencia del Generador; adimensional.

η_{GR} = Eficiencia del grupo de generación, adimensional.

K = Constante: $K = 1000 \text{ W/ kW}$

g = Gravedad.

En relación al salto neto de la FIGURA 1.12. Se puede proceder de la siguiente manera:

$$\text{Turbinas de Reacción: } H = H_b - \Delta H_T \quad \text{ECU.1.15.}$$

$$\text{Turbinas de Acción: } H = H_b - \Delta H_T - H_m \quad \text{ECU.1.16.}$$

Dónde:

H_b = Salto Bruto, m

ΔH_T = Altura de pérdidas en la tubería de presión, m.

H_m = Altura de montaje de la Turbina.



En el caso de no tener los datos de las eficiencias de la turbina o el generador, pueden usarse los valores de la Tabla 1.3. Para las eficiencias de la turbina, y de la Tabla 1.4. Para las eficiencias del grupo de generación.

TABLA 1.3. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE TURBINAS HIDRÁULICAS.

Turbina		Inventor / Año de Patente	Ns (Rpm, HP, m, rpm.	Q m ³ /seg	H m	P kW	η max
A C C I O N	PELTON	Leater Pelton (EEUU) 1880	1Ch: 30 2Ch: 30-50 4Ch: 30-50 6Ch:50-70	0.50-50	30-1800	2- 300000	91
	TURGO	Eric Crewdson (G. Bretaña) 1920	60-260	0.025-10	15-300	5-8000	85
	MICHELL BANKI	A.G. Michell (Australia) 1903 D. Banki (Hungria) 1917-1919	40-160	0.025-5	1-50 (200)	1-750	82
R E A C C I O N	BOMBA ROTODINÁMICA	Dionisio Papin (Francia) 1889	30-170	0.05-0.25	10-250	5-500	80
	FRANCIS	James Francis (G. Bretaña) 1848	L:60-150 N:150-250 R:250-400	1-500	2-750	2- 750000	92
	KAPLAN y de Hélice	V. Kaplan (Austria) 1912	300-800	1000	5-80	2- 200000	93

Fuente: COZ Federico, (1995), (pág.134)

Elaborado por: Pila Edisón, Franklin Toapanta.

Nota.

Ns: Velocidad Específica

Ch: Chorro, Inyector

L: Lento.

N: Normal.

R: Rápida

TABLA 1.4. EFICIENCIA DEL GRUPO GENERADOR (η_{GR}).

Potencia (kW)	TIPO DE TURBINA			
	PELTON	MICHELL-BANKI	FRANCIS	AXIAL
<50	58-65%	54-62%	59-65%	58-66%
51-500	65-69	62-65	66-70	66-70
501-5000	69-73	65	70-74	70-74

Fuente: COZ Federico, (1995), (pág.135)

Elaborado por: Pila Edisón, Franklin Toapanta.

TABLA 1.5. CLASIFICACIÓN DE UNA CENTRAL HIDROELÉCTRICA SEGÚN SU POTENCIA.

REGIÓN	INSTITUCIÓN	MICRO CENTRAL (PICO CENTRAL)	MINI CENTRAL	PEQUEÑA CENTRAL
Mundial	ONUUDI	<100kW	101-200kW	2000-1000kW
Latinoamericana	OLADE	<50kW	51-500kW	500-5000kW

Fuente: COZ Federico, (1995), (pág.135)

Elaborado por: Pila Edisón, Franklin Toapanta.

1.4.6. Evaluación del Recurso Hidroenergético.

DÁVILA, C.; VILAR, D.;& Otros, (2010) asumen que: “La capacidad de generación de energía mediante el empleo de agua está determinada por la altura o caída (energía potencial) que se pueda obtener y del caudal disponible. La altura depende a la topografía del terreno y el caudal de las características del río o arroyo que se va a utilizar.” (pág. 33)

1.4.6.1. Métodos de Mediciones Topográficas.

El texto realizado de DÁVILA, C.; VILAR, D.;& Otros, nos muestra a continuación métodos prácticos para la evaluación de la altura y del caudal. El uso de cualquiera de estos dependerá de los materiales y equipos que se pueda llevar o encontrar en el lugar y emplazamiento de evaluación, nivel de estudio (perfil, pre

factibilidad, factibilidad), así como el tamaño del proyecto (pico, micro o minicentral hidráulica). Cada uno de estos métodos serán seleccionados dependiendo las características y accesibilidad del terreno así como su eficiencia den datos de medición.

TABLA N°1.6. MÉTODOS DE TOMA DE DATOS TOPOGRÁFICOS.

Método	Ventajas y limitaciones	Precisión	Observaciones
Nivel de carpintero y tablas	No es apropiado para pendientes suaves y largas, lento	Aproximadamente 5% en pendientes pronunciadas, poca precisión en Pendientes suaves (10-20%)	Usar solo para caídas pequeñas cuando no se dispone de otro método
Altimetro	Usado en caídas altas y medianas (>40m),rápido	Propenso a grandes errores (30%)	Calibrar instrumentos, tener destreza. Tomar 2 o 3 medidas
Eclimetro y wincha	Rápido, facilita medir la longitud de la tubería de presión alavés	Buena,5%	Muy útil para terrenos despejados. Usado En todos los lugares, especialmente donde otros métodos son lentos
Nivelde ingeniero	Rápido, costo alto	Muy buena	No es adecuado en lugares donde hay muchos árboles y arbustos
Mapa	Solo para caídas altas, no se necesita viajar al lugar y tiene bajo costo	Aceptable Para perfiles y pre factibilidad	Se necesita destreza para leer planos

Fuente: DÁVILA, C.; VILAR, D.; & Otros, 2010. (pág. 34).
 Elaborado por: Pila Edisón, Franklin Toapanta.

Teniendo en cuenta los métodos de medición topográfica cabe señalar que las condiciones geográficas de nuestro terreno es demasiado accidentado, es decir casi inaccesible; por la existencia de una fauna basta y la carencia de senderos y caminos que faciliten el transporte. Para lo cual el método más recomendable es el método del altímetro el cual se describe a continuación.

1.4.6.1.1.Método del Altímetro (GPS).

DÁVILA, C.; VILAR, D.;& Otros, (2010) dice que:

El altímetro es un instrumento de medición fácil de usar pero relativamente costoso. La precisión de los resultados que se obtienen depende principalmente de la destreza de quien use la herramienta. Si se cuenta con mucha experiencia y las mediciones se realizan con cuidado, los resultados serán buenos y válidos para efectuar cálculos de ingeniería. Sin embargo, si este no fuera el caso, el método solo arrojará datos referenciales para un estudio preliminar, no para un estudio de factibilidad, y mucho menos para cálculos de diseño de ingeniería. (pág.33)

El altímetro mide la presión atmosférica, directamente relacionada con la altura sobre el nivel del mar, aunque varía ligeramente debido al clima, temperatura y humedad. En el caso de una microcentral, lo más conveniente es utilizar un solo altímetro, por lo general los GPS tienen esta opción, pero una de las desventajas del GPS que las alturas son tomadas con relación a lecturas satelitales, y si medimos en localidades aisladas las señales satelitales son nulas; es así que la opción de altímetro dentro del GPS es la opción más eficaz, la cual la operamos tomando varias medidas, tanto en el lugar de la cámara de carga y toma como en el de la casa de máquinas donde se cimentara la turbina, confeccionar una tabla donde se registre la hora y las lecturas del altímetro, luego graficar estos resultados como se muestran en la FIGURA 1.13, trazar líneas promedio y determinar la diferencia de alturas (salto).

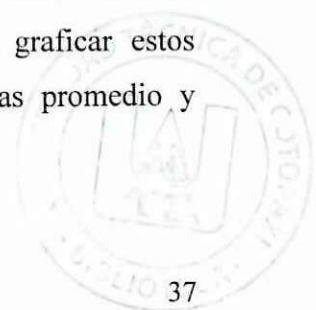


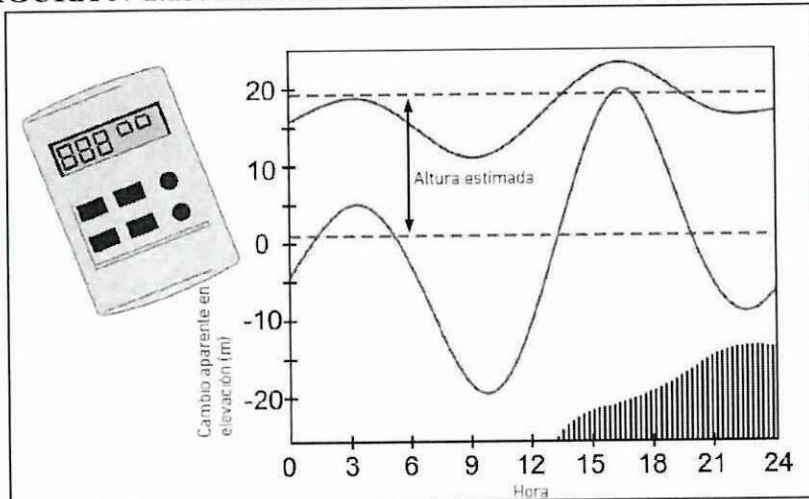
TABLA N°1.7. TABLA PARA LA ESTIMACIÓN DE LECTURA EN EL USO DE ALTÍMETRO.

LECTURAS EN CÁMARA DE CARGA Y CASA DE MÁQUINAS.						
Hora	8	10	12	14	16	18
Cámara de carga	3 220	3 235	3 200	3 240	3 210	3 225
Casa de máquinas	3 170	3 180	3 150	3 180	3 150	3 160

Fuente: DÁVILA, C.; VILAR, D.; & Otros, 2010. (pág. 40).

Elaborado por: Pila Edisón, Franklin Toapanta.

FIGURA N°1.13. ALTÍMETRO DE MEDICIÓN DE ALTURA.



Fuente: DÁVILA, C.; VILAR, D.; & Otros, 2010. (pág. 40).

Elaborado por: Pila Edisón, Franklin Toapanta.

1.4.6.2. Medición del Caudal.

SÁNCHEZ, T & VIANI, B, (1995) dicen que:

En razón de que el caudal de los ríos varía a lo largo del año, realizar una medida del caudal instantáneo resulta un registro aislado cuya utilidad, es relativamente pequeña. Es probable que muchas veces no exista la información necesaria para hacer un estudio de hidrología, entonces nos veremos forzados a recolectar nuestros propios datos a partir de mediciones instantáneas del caudal; sin embargo, de ser posible y si el proyecto lo amerita, habrá que buscar especialistas en el tema, de tal forma que se pueda obtener una estimación del caudal lo más certera posible. (pág. 33)

Los autores redactan algunos de los métodos convencionales y más utilizados para medición de caudal. Condicionalmente los ríos varían a lo largo del año, es recomendable realizar mediciones diarias, semanales, mensuales hasta anuales con el fin de obtener un dato un promedio del afluente más exacto.

Como nota importante abarca mencionar que las mediciones se realicen en temporada de sequía en el estado de verano, porque es el tiempo más crítico e ideal para el diseño de un proyecto. Entre los métodos más convencionales de medición tenemos:

- Método de la solución de la sal.
- Método del recipiente.
- Método del área y velocidad.
- Método de la sección y control de la regla graduada.
- Método del vertedero de pared delgada.

En el proyecto se puso en práctica el método del área y velocidad pues este es muy sencillo de llevarlo a cabo en lugares aislados y remotos condicionalmente no requiere el transporte de materiales que intervengan en la medición solo requiere un flotador y e instrumentos de medición de longitud y tiempo, a continuación hablaremos de este método en particular.

1.4.6.2.1. Método del Área y Velocidad.

SÁNCHEZ, T & VIANI, B, (1995) afirman que: “Este método se basa en el principio de continuidad. Para un fluido de densidad constante fluyendo a través del área de una sección conocida, el producto del área de la sección por la velocidad media será constante.” (pág.36)

$$\text{Área} \times V_{\text{media}} = Q = \text{constante (m}^3/\text{seg)}$$

ECU.1.17

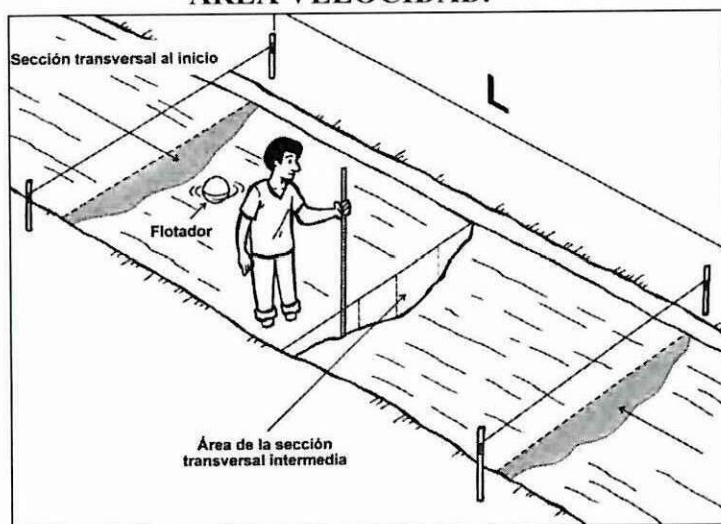
Dónde:

V_{media} = Velocidad Promedio del agua en la corriente.

Este producto es igual al valor del caudal volumétrico (Q , en m^3/seg)

El flotador. Se dibuja el perfil de la sección del lecho del río y se establece una sección promedio para una longitud conocida de corriente. Se utilizan una serie de flotadores (pedazos de madera, corchos, etc.) para medir el tiempo que se demoran en recorrer una longitud preestablecida en el río. Los resultados son promediados y se obtiene la velocidad superficial del flujo de agua.

FIGURA N°1.14. SECCIÓN TRANSVERSAL DEL AFLUENTE MÉTODO ÁREA VELOCIDAD.



Fuente: DÁVILA, C.; VILAR, D.; & Otros, 2010. (pág. 53).
Elaborado por: Pila Edisón, Franklin Toapanta.

Esta velocidad deberá ser reducida por un factor de corrección para hallar la velocidad media de la sección. Este factor depende de la profundidad de la corriente. Multiplicando el área de la sección promedio por la velocidad del caudal promediada y corregida se obtiene el volumen de agua estimado que fluye. Las imprecisiones de este método son obvias. La fórmula para el cálculo es:

$$Q = k \times A \times V$$

ECU.1.18

Dónde:

$A = \text{área de sección transversal}(m^2)$

$V = \text{velocidad del agua (m/seg)}$

$k = \text{factor de corrección de velocidad según la relación s/p}$

El factor k también se puede obtener de la Tabla 1.8, en función a la profundidad y el tipo de material del riachuelo.

TABLA N°1.8. FACTOR k SEGÚN LA RELACIÓN S/P Y MATERIAL DEL RIACHUELO.

S/p	Madera lisa o cemento	Madera áspera o ladrillo	Pared de pedruscos	Tierra
0.1	0.860	0.840	0.748	0.565
0.2	0.865	0.858	0.792	0.645
0.3	0.870	0.865	0.812	0.685
0.4	0.875	0.868	0.822	0.712
0.5	0.880	0.870	0.830	0.730
0.6	0.885	0.871	0.835	0.745
0.7	0.890	0.872	0.837	0.755
0.8	0.892	0.873	0.839	0.763
0.9	0.895	0.874	0.842	0.771

Fuente: DÁVILA, C.; VILAR, D.; & Otros, 2010. (pág. 54).

Elaborado por: Pila Edisón, Franklin Toapanta.

$S = \text{sección transversal } (m^2).$

$P = \text{perímetro mojado } (m).$

TABLA N°1.9. FACTOR k SEGÚN LA PROFUNDIDAD Y EL MATERIAL DEL FONDO DEL RIACHUELO.

Tipo de canal o río	Profundidad del agua en el centro del lecho	Factor k
Canal revestido con concreto	Mayor de 0.15 m	0.80
Canal de tierra	Mayor de 0.15 m	0.70
Río o riachuelo	Mayor de 0.15 m	0.50
Riachuelos o canales de tierra	Menor de 0.15 m	0.50 a 0.25

Fuente: DÁVILA, C.; VILAR, D.; & Otros, 2010. (pág. 54).

Elaborado por: Pila Edison, Franklin Toapanta.

1.4.7. Implementación.

1.4.7.1. Obra Civil

SEGURA, J & RODRÍGUEZ, L, (1995) indican que: La obra civil está orientado principalmente a aquellos sistemas con saltos de pequeña y mediana altura, en cuya aplicación habrá que tomar decisiones sobre las longitudes relativas de la tubería de presión y del canal, así como la mejor ruta a seguir.” (pág.53)

Como los autores lo mencionan que debemos asimilar los materiales y tratar de adaptarlos al entorno con el fin de mejorar el rendimiento y disminuir costos.

NOVILLO BARRENO, M., (1985) dice que: “Se denominan obras de toma u obras de captación a toda estructura hidráulica construida sobre el cauce de un río o canal con el fin de captar parcialmente el agua que acarrea.” (pág. 01)

Señala la organización latinoamericana de energía que existen diferentes tipos de obras de captación, pero fundamentalmente se los puede agrupar en dos: por derivación directa y por almacenamiento.

Obras de embalsamiento. Consiste en presas que cierran el cauce de un río formando un reservorio o embalsamiento hacia aguas arriba de esta estructura, este reservorio tiene como propiedad el regular caudal del afluente, almacenando al recurso hídrico en épocas de creciente para ser utilizado durante la sequía. Las presas o embalses pueden estar constituidas por tierra, piedra u hormigón y trabajar a gravedad o como arco; en todo caso son obras y construcciones muy costosas.

Obras de Captación directa. El agua es captada sin ningún embalsamiento, por tal motivo no es necesario una obra de regulación; para que esto sea posible, el caudal está circulando por el río o manantial debe ser casi constante durante todo el año y mayor que el caudal de captación, así mismo el nivel del agua en el río debe permanecer aproximadamente constante. Este tipo de obra de toma no representa el mayor costo.

1.4.7.1.1. Bocatoma.

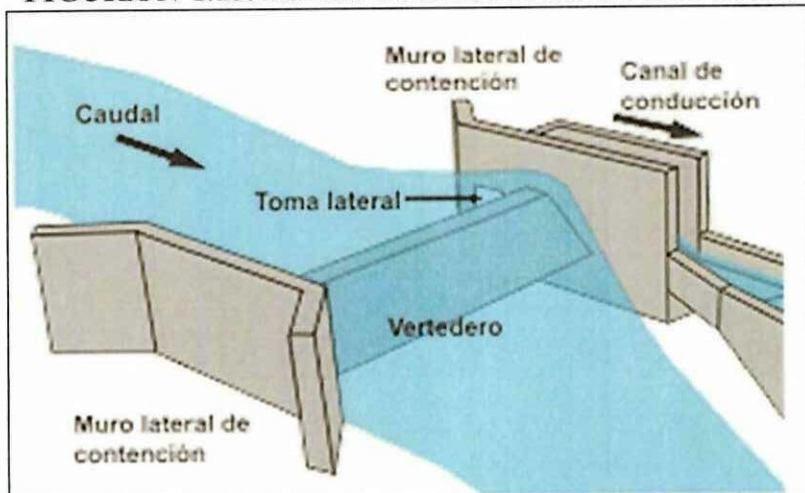
El autor NOVILLO BARRENO, M., 1985 expresa que:

Es conveniente ubicar la bocatoma en tramos rectilíneos del río, en este caso se puede localizar el eje de la misma formando un ángulo de 60 a 90 grados con la dirección de la corriente; pero en el tramo en que el río forma ondulaciones se deben hacer varias consideraciones, así por ejemplo es conveniente ubicar la bocatoma donde termina la concavidad o zona de barranco y comienza la parte convexa o zona playa. (pág.08)

Si se toma la obra de toma en el tramo convexo del cauce, se corre el riesgo que durante las avenidas entren arena y piedras ripio u otros desperdicios que ocasionen danos y molestias en sitio, realizarse mientras que después de aquellas se forma frente a la bocatoma un banco de arena que impide o hace difícil el paso del agua para la derivación. Por otro lado, si se ubica la obra de toma en el lado

cóncavo o barranco del río, durante la avenida los materiales flotantes grandes y las piedras serán impactadas directamente contra la estructura de la bocatoma ocasionando fuertes erosiones hasta fracturas.

FIGURA N°1.15. ESTRUCTURA DE LA BOCATOMA.



Fuente: APROTEC, <aprotec.com.co/pages/hidrica_micro.html>, 2010.
Elaborado por: Pila Edisón, Franklin Toapanta.

1.4.7.1.2. Canal.

Según DÁVILA, C.; VILAR, D.; & Otros, (2010) dicen que: “El canal es un componente fundamental en obra civil, su función es conducir el agua desde la toma o afluente hasta la cámara de carga, pasando por los desarenadores y otros mecanismos que pueden construirse en el trayecto para evitar el paso de objetos que podrían dañar el sistema.” (pág.61)

Sección y Ángulo del Canal. El flujo del agua en un canal hecho de un material suelto, como un suelo arenoso, hará que las paredes se desmoronen hacia dentro, a menos que los lados estén inclinados ligeramente y el ancho del canal esté en relación a su profundidad. La TABLA 1.10. Describe algunos valores del ángulo del talud recomendado para diferentes materiales.

TABLA N°1.10. TALUD RECOMENDADO PARA CANALES DE SECCIÓN TRAPEZOIDAL.

Material	Talud ($Z=\cot\Phi$)
Arena	3.00
Arena y greda	2.00
Greda	1.50
Greda y arcilla	1.00
Arcilla	0.58
Concreto	0.58

Fuente: DÁVILA, C.; VILAR, D.; & Otros, 2010. (pág. 62).

Elaborado por: Pila Edisón, Franklin Toapanta.

Se menciona algunos de los aspectos que se toma en cuenta en la selección y dimensionamiento de un canal se tiene:

Velocidad del Agua (v). Un flujo de agua excesivamente rápido erosionará las paredes de un canal, mientras que velocidades demasiado bajas permitirán el depósito de sedimento y su obstrucción. La TABLA 1.11. Contiene las velocidades recomendadas para canales de diferentes materiales.

TABLA N° 1.11. VELOCIDAD MÁXIMA RECOMENDADA.

Material	Velocidad máxima	
	Menos de 0.3m de profundidad	Menos de 1.0m de profundidad
Arena	0.3m/s	0.5m/s
Greda arenosa	0.4m/s	0.7m/s
Greda	0.5m/s	0.8m/s
Greda de arcilla	0.6m/s	0.9m/s
Arcilla	0.8m/s	2.0m/s
Mampostería	1.5m/s	2.0m/s
Concreto	1.5m/s	2.0m/s

Fuente: DÁVILA, C.; VILAR, D.; & Otros, 2010. (pág. 62).

Elaborado por: Pila Edisón, Franklin Toapanta.

Rugosidad (n). Cuando el agua pasa por el canal, pierde energía en el proceso de deslizarse por las paredes y el fondo. Mientras más rugoso es el material del canal, hay más pérdidas por fricción y mayor será pendiente o desnivel que se requerirá entre la entrada y la salida del canal.

TABLA N°1.12. COEFICIENTE DE RUGOSIDAD.

Canales de tierra	n
Arcilla	0.0130
Material sólido, suave	0.0167
Arena con algo de arcilla o roca partida	0.0200
Fondo de arena y grava, con lados empedrados	0.0213
Revestido con piedras	0.0370
Arena, greda. Grava y hierbas	0.0455
Canales en roca	n
Roca medianamente irregular	0.0370
Roca irregular	0.0455
Roca muy irregular con muchos salientes	0.0588
Mampostería de piedra con cemento	0.0200
Paredes de mampostería con base de arena y grava	0.0213
Canales de concreto	n
Buen acabado con cemento (enlucido)	0.0100
Acabado con yeso o concreto suave con alto contenido de cemento	0.0118
Concreto no enlucido	0.0149
Superficies de concreto irregular	0.0200

Fuente: DÁVILA, C.; VILAR, D.; & Otros, 2010. (pág. 64).

Elaborado por: Pila Edisón, Franklin Toapanta.

Diseño de un Canal. El diseño del canal consiste en determinar sus dimensiones hidráulicas y geométricas. Para ello se aplica la fórmula de Manning, donde la velocidad (V) está en función del radio hidráulico (R), pendiente (S) y rugosidad (n) del material de construcción:

$$V = \frac{1}{n} x \sqrt[3]{R^2 x} \sqrt{S} \quad \text{ECU.1.19.}$$

$$Q = V \times A$$

ECU.1.20.

Dónde:

V = velocidad (m/s)

N = coeficiente de rugosidad

A = área de la sección transversal

P = perímetro mojado (contacto del agua con el fondo y las paredes)

S = pendiente del fondo del canal

Adicionalmente, es necesario conocer algunas Tablas 1.13 y 1.14. Que facilitan el cálculo de las dimensiones y otras características del canal.

TABLA N°1.13. VELOCIDADES MÍNIMAS RECOMENDADAS PARA EVITAR SEDIMENTACIÓN.

Calidad del agua	Velocidad mínima
Con sedimentos finos	0.3m/s
Con arena	0.5m/s

Fuente: DÁVILA, C.; VILAR, D.; & Otros, 2010. (pág. 67).

Elaborado por: Pila Edisón, Franklin Toapanta.

TABLA N°1.14. CARACTERÍSTICAS DE LAS SECCIONES TRANSVERSALES.

Tipo de sección transversal	Perímetro mojado (P)	Área transversal (A)
Rectangular	$b+2y$	$b \cdot y$
Trapezoidal	$b+2y$	$y(b+yz)$
Triangular	$2y$	y^2z

Fuente: DÁVILA, C.; VILAR, D.; & Otros, 2010. (pág. 67).

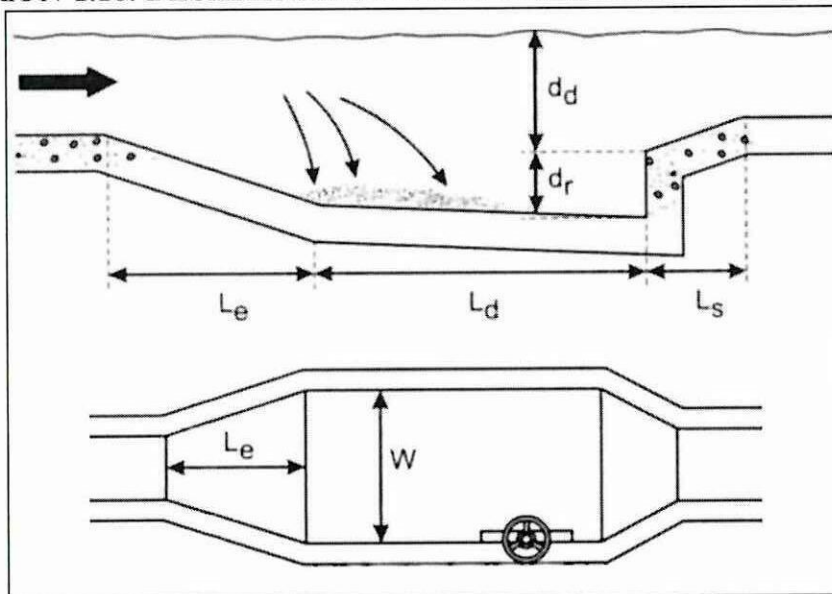
Elaborado por: Pila Edisón, Franklin Toapanta.

$$Z = \cot\Phi.$$

1.4.7.1.3. Desarenador y Cámara de Carga.

Es necesario que el sedimento se asiente tanto al inicio del canal como en la entrada del agua a la tubería o cámara de carga. El desarenador cumple la función de sedimentar las partículas que lleva el agua para ello debemos tomar en cuenta los siguientes parámetros de diseño:

FIGURA N°1.16. DESARENADOR Y SUS COMPONENTES DE DISEÑO.



Fuente: DÁVILA, C.; VILAR, D.; & Otros, 2010. (pág. 81).

Elaborado por: Pila Edisón, Franklin Toapanta.

- d_r = Zona de Recolección
- A = Sección Transversal
- Es recomendable para desarenar una velocidad entre 0.2 m/seg, y 0.5 m/seg como valores superlativos.
- No sobrepasar la longitud de 1m entre el espejo del agua y el piso del desarenador condicionalmente el drenaje de sedimentación puede ser muy difícil de realizar si este se encuentra muy profundo. Así que en lugar de hacerlo profundo se puede hacer más ancho.
- L_e = Entrada.
- L_s = Salida.



- *El desarenador es eficiente si se consigue eliminar partículas que no pasen de los 0.3 mm de diámetro.*
- *D_d = Profundidad de Decantación.*
- *W = Ancho del desarenador.*
- *D_r = Área de sedimentación.*

La longitud de decantación conocida como la dimensión en que la arena será sedimentada que se lo puede obtener bajo el término:

$$L_d = \frac{V_h}{V_d} \times d_d \times f \text{ [m]} \quad \text{ECU.1.21.}$$

L_d = Decantación (la parte central es el área de decantación) W .

V_h = Velocidad Horizontal.

V_d = Velocidad de Decantación. (Vertical).

d_d = Valor de profundidad de purga .

f = Factor de seguridad, 2 a 3.

El desarenador debe ser dimensionado según el tamaño del sedimento que se encuentre en el afluente. Entre más pequeño sea el tamaño de la partícula menor deberá ser la velocidad de purga del sedimento.

$$W = \frac{Q}{V_h \times d_d} \text{ [m]} \quad \text{ECU.1.22.}$$

Q = Caudal.

V_h = Velocidad Horizontal del Agua según el cálculo es 0.8527 m/seg.

d_d = Valor de profundidad de purga.

**TABLA N°1.15. VELOCIDAD DE
DECANTACIÓN DE PARTÍCULAS DE ARENA.**

Tamaño de partículas (mm)	Vd(m/s)
0.1	0.01
0.3	0.03
0.5	0.05
1.0	0.10

Fuente: DÁVILA, C.; VILAR, D.; & Otros, 2010. (pág. 84).

Elaborado por: Pila Edisón, Franklin Toapanta.

1.4.7.1.3.1. Capacidad del Desarenador y Frecuencia de Vaciado del Depósito.

Para determinar este parámetro, de capacidades y frecuencia es decir el área de sedimentación, el manual de recurso Hidroenergético debe ser calculado bajo la expresión:

$$\text{Cubicaje de Sedimento} = Q \times T \times S \text{ [kg]} \quad \text{ECU.1.23.}$$

Dónde:

$Q = \text{Caudal en } m^3/\text{seg}$

$T = \text{Tiempo en horas.}$

$S = \text{Sedimento transportado en una semana } kg/m^3.$

Para determinar el dato del sedimento se conoce la densidad de la arena graficada e la Tabla 1.16.

TABLA N°1.16.PESO ESPECÍFICO DE MATERIALES.

Material	Densidad en kg/dm ³	Densidad en kg/m ³
Arena fina y seca	1.5	1500
Arena Fina y húmeda	1.99	1990
Arena Gruesa	1.45	1450
Arenisca natural	2.65	2650
Arenisca artificial	2.8	2800
Escombros	1.4	1400
Gabro	2.95	2950
Granito	2.7	2700
Tierras (Arcilla)	1.98	1980

Fuente: EUROIMPORTADORA, <Peso_Especifico_de_Materiales.pdf>, 2013.
Elaborado por: Pila Edisón, Franklin Toapanta.

1.4.7.1.4. Tubería Forzada.

SEGURA, J. & RODRÍGUEZ L., (1995), expresan que: “Son tuberías que transportan agua bajo presión hasta la turbina. Debido a que el costo de esta Tubería puede representar gran parte del presupuesto de toda la micro central, es prioritario, pues, optimizar su diseño para reducir no solo sus costos de mantenimiento si no la inversión inicial.” (pág.90)

Para tener un bajo costo de mantenimiento se deberá poner soportes, anclajes y en caso de pendientes se deberá encontrar buenos cimientos. En el diseño se debe considerar que no haya peligro de erosión por desprendimiento y precipitación de laderas.

Los autores SEGURA, J. & RODRÍGUEZ L., (1995), nos recomiendan pasos a seguir para la selección de tuberías de presión y son las siguientes:

1. Considerar las diferentes clases de material disponible, tipos de uniones, comparar formas y costos de mantenimiento. Anotar también los diámetros de tubería y los espesores de pared disponibles.
2. Calcular la pérdida de altura por fricción del 4-10% para una serie de materiales y diámetros. Tabular los resultados.
3. Calcular la probable presión adicional por golpe de ariete en caso de un cierre brusco del paso de agua a la tubería. Calcular espesores de pared adecuados para los tamaños de tubería que prefieran tabular.
4. Seleccionar soportes, anclajes y/o uniones para la tubería de presión.
5. Preparar una tabla de opciones calculando el costo total de cada una y ver si los componentes están disponibles en el mercado.
6. La selección del diámetro se hará tratando de obtener el menor costo y las menores pérdidas de energía.

Al decidir el material que se empleara para un proyecto tienen que ser considerados los siguientes factores.

- Presión de Diseño.
- Tipo de Unión.
- Diámetro y pérdida por fricción.
- Peso y grado de dificultad de la instalación.

- Accesibilidad del Sitio.
- Mantenimiento y vida esperada de la instalación.
- Disponibilidad.

Los materiales frecuentemente más utilizados en tuberías de presión son:

- Acero comercial
- Policloruro de Vinilo (PVC)
- Polietileno de Alta densidad
- Asbesto-Cemento.

En nuestro proyecto más adelante se hará el cálculo en el CAP III, a la selección de material y por condiciones geográficas accidentadas usaremos el material de Polietileno de alta densidad es de fácil transporte, tiene una alta dureza, flexibilidad y su costo a diferencia de otras es relativamente bajo. Para obtener mayor información y poner las tuberías más idóneas conceptualizaremos los materiales de tuberías a continuación.

1.4.7.1.4.1. Materiales de Tubería.

Polietileno. SEGURA, J. & RODRÍGUEZ L., (1995), indican que:

Las tuberías fabricadas con este material son una buena alternativa frente a las de PVC. Son particularmente útiles para pequeños sistemas debido a su fácil instalación. Tienen un coeficiente de pérdida de fricción bajo, son resistentes a la corrosión y no se deterioran cuando están expuestas a la luz solar. Estas tuberías con frecuencia se unen calentando los extremos y fusionándolos a presión utilizando un equipo especial, lo cual es una desventaja. (pág.91)

Acotando al comentario de los autores en el capítulo de obras civiles cabe indicar que la fricción y la pérdida de carga en las tuberías; se presenta en largos tramos es decir algunos autores consideran que la pérdida es considerable desde los 100m de longitud.

Cloruro de Polivinilo (PVC). SEGURA, J. & RODRÍGUEZ L., (1995) dicen que:

La tubería de PVC es una de las más empleadas en las microcentrales hidráulicas. Es relativamente económica, se producen en diámetros que van hasta cerca de los 400mm, y es adecuada para presiones elevadas (100 a 150 m). Al variar el espesor de la pared de la tubería se puede obtener diferentes niveles de presión. Es liviana y fácil de transportar, tiene un factor bajo de pérdidas por fricción y es resistente a la corrosión. No obstante, es relativamente frágil y puede ser dañada por golpes o impactos de elementos contundentes, especialmente a bajas temperaturas, la principal desventaja es que el PVC se deteriora al exponerlo a luz ultravioleta, la cual raja la superficie afectando seriamente la resistencia de la tubería. (pág. 92)

Asumiendo los conceptos de los autores denotamos una desventaja en estas tuberías que son sensibles o pueden deformarse al contacto directo de la luz solar.

Para lo cual se deberá enterrar la tubería para que no exista tal contacto para evitar daños y molestias, debemos hacer estas prevenciones para con el tiempo evitar inconvenientes, aunque por otra parte se dice que la tubería es sensible a golpes, lo que nos expone a enterrarla pero en lugares donde no haya el paso de los pobladores para evitar fugas por ruptura. A continuación la Tabla N°1.17, de las características constitutivas de las tuberías.



TABLA N°1.17. CARACTERÍSTICAS EN TUBERÍAS FORZADAS.

Material	Módulo de Young	Coefficiente de expansión	Carga de tracción	n
	(N/m ²)·109	(mm/°C)·106	(N/m ²)·106	
Acero soldado	206	12	400	0.012
Polietileno PE	0.55	140	5	0.009
PVC	2.75	54	13	0.009
Fundición	78.5	10	140	0.014
Hierro dúctil	16.7	11	340	0.015
Metal corrugado	206	-	400	0.024

Fuente: DÁVILA, C.; VILAR, D.; & Otros, 2010. (pág. 107).

Elaborado por: Pila Edisón, Franklin Toapanta.

1.4.7.1.4.2. Diseño Hidráulico de la Tubería.

Para diseñar la tubería debemos tomar en cuenta los siguientes aspectos:

Velocidad Promedio (velocidad media). En muchos problemas de flujo de fluidos, en vez de determinar velocidades exactas en posiciones diferentes en el mismo corte transversal de flujo, es suficiente con permitir que una velocidad media represente la velocidad de todo el fluido en ese punto en el tubo.

Caudal Volumétrico. El caudal volumétrico (Q) de un sistema es una medida del volumen de fluido que pasa un punto del sistema por tiempo de unidad. El caudal volumétrico puede ser calculado como el producto del área transversal (A) al flujo y la velocidad media del flujo (v).

Viscosidad. Propiedad de un fluido que tiende a oponerse a su flujo cuando se le aplica una fuerza. Los fluidos de alta viscosidad presentan una cierta resistencia a fluir; los fluidos de baja viscosidad fluyen con facilidad.

Número de Reynolds. El régimen de flujo (laminar o turbulento) es determinado evaluando el número de Reynolds del flujo FIGURA 1.17. (pág. 40), El número de Reynolds, resultado de estudios hechos por Osborn Reynolds, es un número adimensional que combina las características físicas del flujo. La ecuación presentada a continuación se utiliza para calcular el número de Reynolds para un flujo fluido.

$$Re = \frac{\rho \times v \times D}{\mu} = \frac{v \times D}{\nu} \quad \text{ECU.1.24.}$$

Dónde:

Re = número de Reynolds

v = velocidad media (m/s)

D = diámetro de tubo (m)

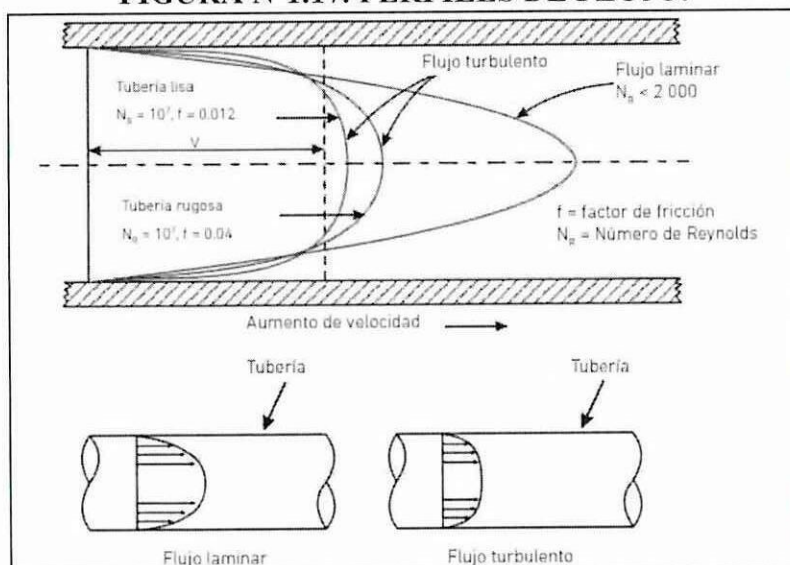
μ = viscosidad absoluta del fluido (kgf – seg/m²)

ρ = densidad de masas fluida (kg/m³)

ν = viscosidad cinemática del fluido (m²/s)

Para objetivos prácticos, si el número de Reynolds es menor a 2 000, el flujo es laminar. Si es mayor a 3 500, el flujo es turbulento. Los flujos con número de Reynolds entre 2 000 y 3 500 corresponden a flujos de transición.

FIGURA N°1.17. PERFILES DE FLUJO.



Fuente: DÁVILA, C.; VILAR, D.; & Otros, 2010. (pág. 108).

Elaborado por: Pila Edisón, Franklin Toapanta.

Los números de Reynolds se pueden determinar fácilmente usando un diagrama de Moody como se lo representa a continuación en la FIGURA N° 1.17.

A partir de ensayos realizados con tubos comerciales, Moody a través de su diagrama halló algunos de los valores típicos de rugosidad, los cuales se representan a continuación, Tabla N° 1.18.

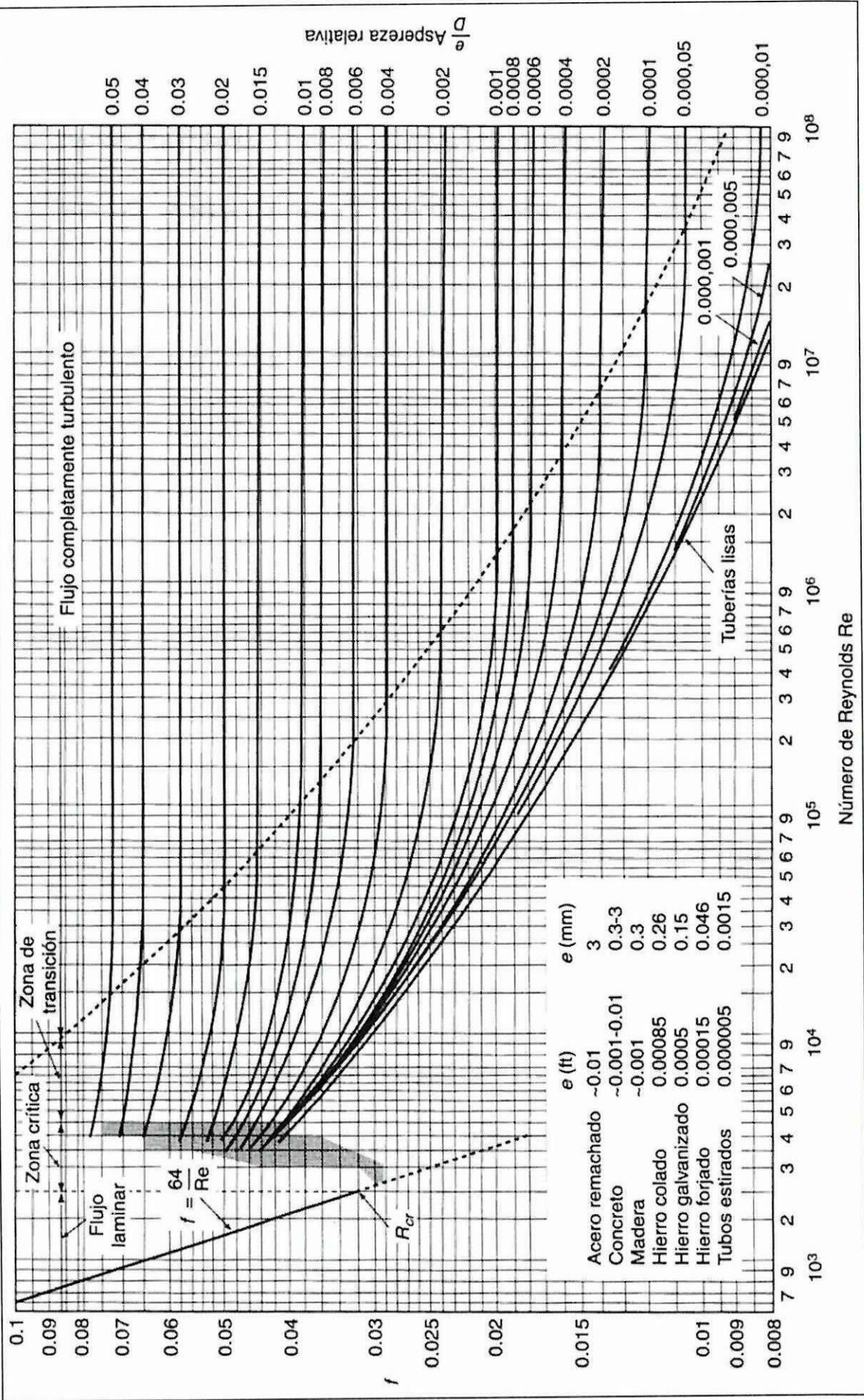
TABLA N°1.18 RUGOSIDAD (e) PARA DIVERSOS TUBOS COMERCIALES.

Clase de tubo	e(mm)
Tubería de polietileno	0.003
Tubería de fibra de vidrio con resina epóxica	0.003
Tubería de acero estirado sin costura	0.025
Tubería de acero soldado	0.6
Tubería de hierro fundido con barniz centrifugado	0.12
Tubería de duelas de madera	0.3
Tubería de hormigón colado in situ/encofrado metálico	0.36
Tubería de hormigón prefabricado	0.3-3.0

Fuente: DÁVILA, C.; VILAR, D.; & Otros, 2010. (pág. 133).

Elaborado por: Pila Edisón, Franklin Toapanta.

FIGURA N°1.18. DIAGRAMA DE MOODY.



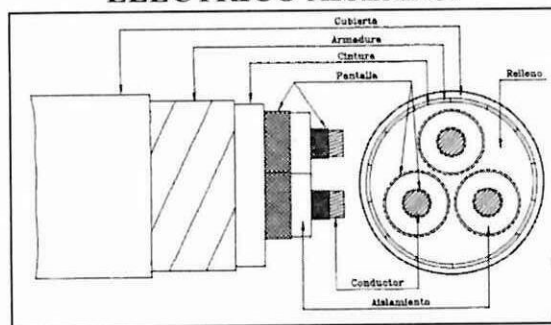
Fuente: Diagrama de Moody. De L.F. Moody, *Trans. ASME*, vol.66, 1944.
Elaborado por: Pila Edison, Franklin Toapanta.

1.4.7.2. Implementación de Líneas de Transmisión en Baja Tensión.

Los Autores CASTEJÓN. O. & SANTAMARÍA. G, (1993), expresan que: “Para transportar energía eléctrica necesitamos un elemento conductor; el elemento conductor más empleado es el cable aislado o desnudo.” (pág. 422)

Cada cable tiene diversos componentes, cada uno con una misión específica, un cable no tiene por qué tener todos los componentes indicados en la FIGURA 1.19, aunque el conductor y el aislante que lo recubre son imprescindibles para hablar de un cable eléctrico aislado.

FIGURA N°1.19. COMPONENTES DE UN CABLE ELÉCTRICO AISLADO.



Fuente: CASTEJÓN. O. & SANTAMARÍA. G, 1993. (pág.443)
Elaborado por: Pila Edison, Franklin Toapanta.

Enunciaremos algunos de los elementos según el libro de Tecnología eléctrica proporcionada por los Autores, CASTEJÓN. O. & SANTAMARÍA. G, (1993), en su Capítulo 26, denominado Cables Eléctricos. Calculo de secciones de conductores. (pág.422).

Conductor: Es un elemento metálico que cumple la función de conducir la corriente. Normalmente es de cobre recocido o aluminio. Puede ser de un hilo, o un conjunto de hilos que sin son suficientemente finos, dan lugar a un conductor flexible. La resistividad de los diversos materiales conductores que se emplean en la industria se indica en la Tabla N°1.19, respectivamente

DE DIVERSOS MATERIALES Y ALEACIONES.

Material	Composición	Resistividad ρ a 20°C ($\Omega\text{mm}^2/\text{m}$)	Coefficiente de temperatura α	Punto de Fusión aprox. (°C)	Densidad (kg/dm^3)
Plata recocida.		0.0146	0.0038	960	10.5
Plata martillada.		0.0159	0.0038	960	10.5
Cobre electrolítico.		0.01754	0.00393	1.083	8.97
Cobre recocido patrón.		0.0195	0.00393	1.083	8.97
Cobre recocido industrial.		0.0207	0.00393	1.083	8.97
Oro recocido		0.0233	0.0034	1.063	19.3
Oro martillado		0.0236	0.0034	1.063	19.3
Aluminio puro.		0.0261	0.00446	660	2.7
Aluminio recocido.		0.028	0.00446	660	2.7
Molibdeno.		0.0557	0.0033	2.625	10.2
Cinc.		0.057	0.0007	419.4	7.15
Tungsteno		0.06	0.0045	3.410±20	19.3
Hierro fundido.		0.098	0.0050	1.535	7.86
Hierro Puro.		0.13	0.0050	1.535	7.86
Hierro galvanizado duro.		0.196	0.0050	1.535	7.86
Hierro galvanizado extraduro.		0.205	0.0050	1.535	7.86
Niquel.		0.11	0.0048	1.455	8.9
Platino.		0.12	0.0037	1.769	21.45
Estaño.		0.13	0.0037	232	7.29
Plomo.		0.205	0.0039	327.4	11.342
Antimonio.		0.36	0.0039	630.5	6.618
Mercurio.		0.95	0.0007	-38.87	13.6

Fuente: CASTEJÓN, O. & SANTAMARÍA, G, 1993. (pág.529)

Elaborado por: Pila Edición, Franklin Toapanta.

Aislamiento: Es una envuelta aislante aplicada sobre el conductor. Se fabrican con materiales plásticos o con derivados del caucho.

Cable: Es el conjunto formado por una o varias almas reunidas junto con el material de relleno, la cintura y la cubierta. Los cables con alma son unipolares, bipolares, tripolares, etc.

1.4.7.2.1. Calentamiento y Caída de Tensión.

CASTEJÓN. O. & SANTAMARÍA. G, (1993), señalan que: “La sección de conductor necesario para una línea eléctrica viene determinada por las limitaciones de calentamiento y caída de tensión que se pueden dar en dicho conductor.” (pág.425)

Por tanto si queremos limitar la potencia perdida (cuando limitamos la potencia perdida, lo que realmente tratamos de evitar es un calentamiento excesivo del conductor) y la caída de tensión en un conductor, tendremos que disminuir su resistencia, puesto que el otro factor que aparece en las dos expresiones obtenidas, que es la intensidad, depende del receptor, por lo tanto, una vez fijado no se puede cambiar. Para disminuir la resistencia la única posibilidad que tenemos es aumentar la sección S del conductor puesto que la longitud l depende de la distancia entre el receptor y la fuente de energía eléctrica, la resistividad específica será la del cobre o la del aluminio, que son los metales más empleados como conductores en el mercado para instalaciones eléctricas. El cálculo de la sección de un conductor es necesario para limitar el calentamiento y la caída de tensión en el mismo.

$$S = \frac{2 \times \rho \times l \times P}{u \times U} \quad \text{ECU.1.25.}$$

Dónde:

S = Sección del Cable (en mm^2)

ρ = Resistividad del conductor empleado ($\Omega \times \text{mm}^2/\text{m}$)

l = Longitud en (m)

P = Potencia del Receptor.

u = Caída de tensión máxima permitida (%)

U = Tensión del Receptor.

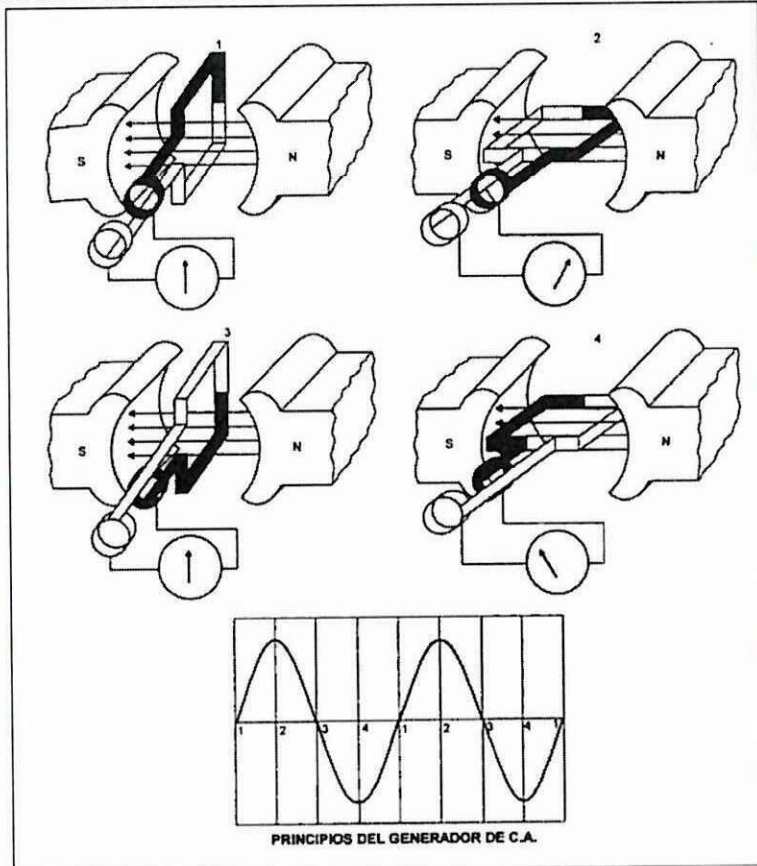
1.4.8. Generador Eléctrico

El autor ENRÍQUEZ HARPER, G, (2004), introduce lo siguiente: “Los generadores cambian la energía mecánica en energía eléctrica en tanto que los motores cambian la energía eléctrica en mecánica, los generadores y motores eléctrico son parecidos ambos dependen de los principios electromagnéticos para su operación”.(pág. 01).

El primer principio se llama acción del generador se conoce también como inducción, el voltaje también se puede inducir en un conductor que se encuentra dentro de un campo magnético esto sucede cuando el flujo magnético se corta por el conductor este principio toma energía mecánica para producir movimiento, este produce la electricidad por ser generada.

El segundo principio se llama la Acción del motor, este es simplemente las fuerzas mecánicas entre imanes. Cuando dos imanes se aproximan uno a otro, uno es atraído o repelido con respecto al otro de cualquier manera, la energía eléctrica creas algunos de los campos magnéticos, entonces, las fuerzas entre dos campos magnéticos producen el movimiento.

FIGURA N°1.20. GENERADOR ELÉCTRICO DE AC.



Fuente: ENRÍQUEZ HARPER, G, 2004 (pág.10)
 Elaborado por: Pila Edison, Franklin Toapanta..

1.4.8.1. La Potencia Mecánica.

ENRÍQUEZ HARPER, G,(2004) dice:

La potencia es la capacidad de usar energía, es decir, que la potencia mecánica depende de la velocidad y el par. Suponiendo que el primomotor se acopla al rotor de un generador, si la fuerza de giro no es suficientemente grande, no gira el rotor, es decir, aun cuando se aplica un par, no hay potencia mecánica, para obtenerla se debe tener movimiento.” (pág. 07)

En el sistema métrico de unidades, la potencia mecánica se mide en watts (W) y la velocidad del rotor generalmente se mide en revoluciones por minuto (r.p.m.),

esta es la velocidad que resulta del par, la ecuación para el cálculo de la potencia es:

$$Pm = \frac{N \times T}{9.55} \quad \text{ECU.1.26.}$$

Dónde:

Pm = Potencia mecánica en Watts.

N = Velocidad en revoluciones por minuto.

T = Par en Newton–Metro.

9.55 = constante del sistema métrico de medición.

En el sistema ingles de unidades, la potencia mecánica se mide en caballos de fuerza (HP) y se calcula con la expresión:

$$Pm = \frac{N \times T}{5252} \quad \text{ECU.1.27.}$$

1HP = 746 watts, 1 watt = 0.00134 HP.

Pm = Potencia mecánica en HP

N = Velocidad en revoluciones por minuto.

T = Par en libras-pie

5252 = constante del sistema inglés.

1.4.8.2. Velocidad de Sincronismo.

Se mide en Rpm, (revoluciones por minuto), permanece invariable y origina corriente alterna, existen frecuencias sincrónicas normalizadas las cuales son, 50 y

60Hz (según cual indique su tabla de características); así también son proporcionales al número de polos que tiene el alternador. Para definir la velocidad de una maquina sincrónica tenemos la siguiente formula:

$$rpm = \frac{120 \times f}{p} \quad \text{ECU.1.28.}$$

Dónde:

f=Frecuencia.

p =Número de Polos.

Así también existe una tabla donde los factores ya están dados y normalizados:

TABLA N°1.20. VELOCIDADES NORMALIZADAS DE GENERADORES SÍNCRONOS.

Frecuencia	Polos	Velocidad de Sincronismo
50	2	3000
	4	1500
	6	1000
	8	750
	10	600
60	2	3600
	4	1800
	6	1200
	8	900
	10	720

Fuente: GUERRA, J & QUIROZ L., (1995). (pág. 197).

Elaborado por: Pila Edisón, Franklin Toapanta.

CAPITULO II

2. Análisis e Interpretación de Resultados.

2.1 Introducción.

El análisis e interpretación de resultados se orienta al proceso de las encuestas dirigidas a la población total de la Finca “Marielitas”, cuyos habitantes se les proporciono preguntas cerradas, suscritas de forma clara y entendible.

Los resultados aquí obtenidos producto de las encuestas realizadas, son una herramienta usada como la fuente sobre la cual se fomenta las necesidades energéticas y su estimación.

Mediante la recolección de datos se procede a realizar la elaboración correspondiente para el análisis e interpretación de los resultados, debido a la información que se obtuvo fue la encargada de indicar las conclusiones y recomendaciones. De tal forma también es mostrada la hipótesis general, que se valida por las encuestas realizadas a 10 personas que son nativas de este sector, dando al termino la aceptación de la hipótesis de trabajo. Los datos de localización geográfica de la propiedad habitacional ha sido tomada del Gobierno parroquial del El Tingo – La Esperanza, administración 2009, 2014 a cargo del Ing. CANDO, Jaime – Presidente.

2.2. Localización del Proyecto.

El Pico hidroeléctrico está localizado, entre el Tingo y San José colindante también al Sur con Tahualo a aproximadamente 30 minutos del Cantón la Maná. El proyecto abastecerá de suministro eléctrico a la Finca “Marielitas”, de la Parroquia Rural denominada “El tingo – La Esperanza” de la Provincia de Cotopaxi.

En la parroquia El Tingo - La Esperanza tiene los siguientes recintos: Siete Ríos, Macuchi, La Esperanza, El Huerto, Negrillo, Oriente 1, Oriente 2, Oriente 3, El Palmar, California, Guayacán, Recta de Vélez, El Progreso, Puembo Grande, Puembo Chico, Tundupamba, Tahualo, Fátima, Aso. Jesús del Gran Poder, Aso. Simón Bolívar.

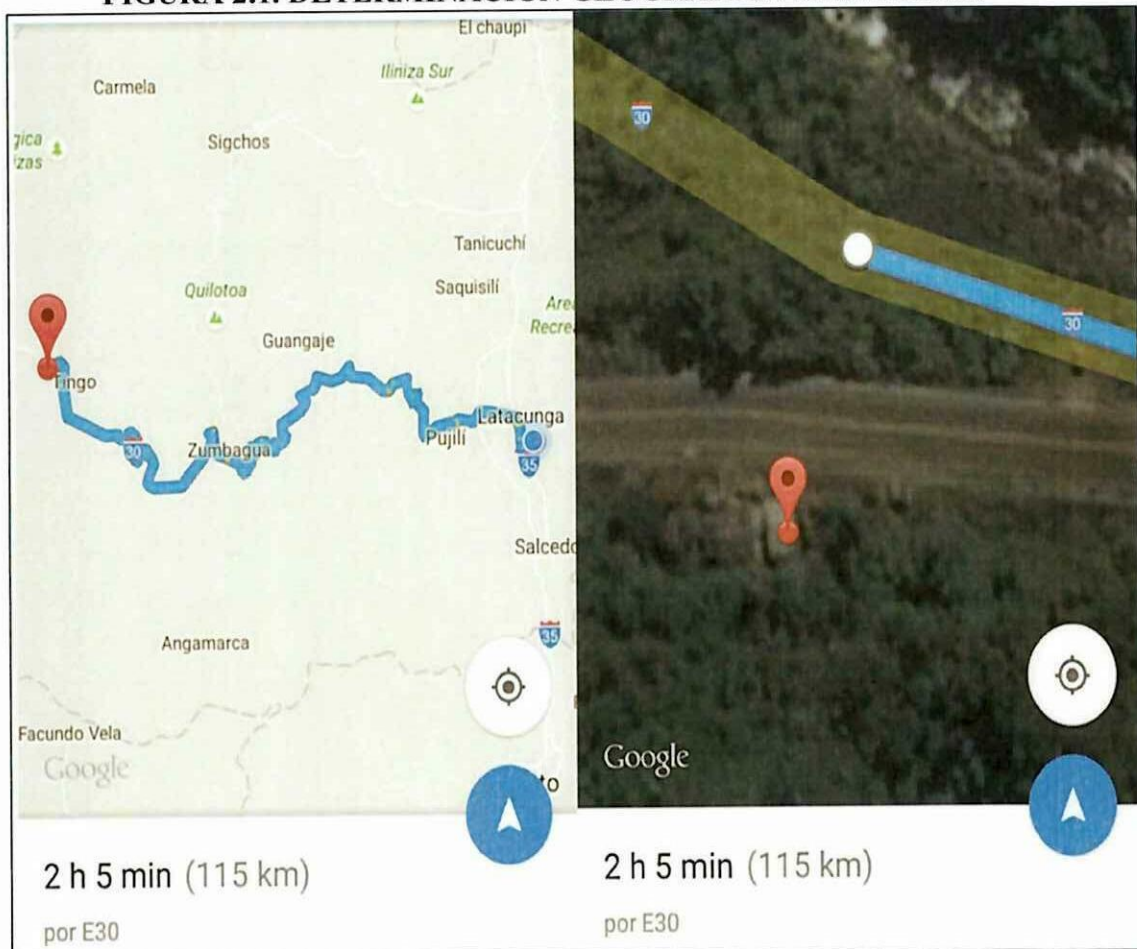
Superficie. El territorio de la Parroquia El Tingo - La Esperanza presenta una topografía muy irregular y montañosa, esto permite que exista un crecimiento poblacional horizontal. Es lamentable esta situación, la vegetación no puede desarrollarse a su plenitud como en una superficie plana, por esta situación agricultores innatos han tenido que emigrar hacia el Cantón La Mana.

Población. La parroquia El Tingo La Esperanza cuenta con una población total de 3.424 habitantes, de los cuales 1737 pertenecen a la población masculina que representa el 50,7% y 1687 a la población femenina que representa el 49,3%, supera a la población femenina con apenas el 1.4% la masculina. La Tasa de crecimiento demográfico a nivel provincial es 2,14 mientras que la tasa de crecimiento cantonal es de 2,86 y la tasa de crecimiento parroquial es de 0,45 con estos datos se concluye que la tasa de crecimiento cantonal es mayor que la provincial y la tasa de crecimiento parroquial se encuentra dentro de los parámetros normales.

2.2.1. Situación Geográfica De La Parroquia “El Tingo- La Esperanza”

Geográficamente la parroquia se encuentra situada en las estribaciones de la cordillera Occidental de los Andes, abarcando varios pisos climáticos desde la llamada ceja andina (inmediatamente inferior al páramo) hasta el inicio de las llanuras tropicales de la Costa.

FIGURA 2.1. DETERMINACIÓN GEOGRÁFICA DEL LUGAR.

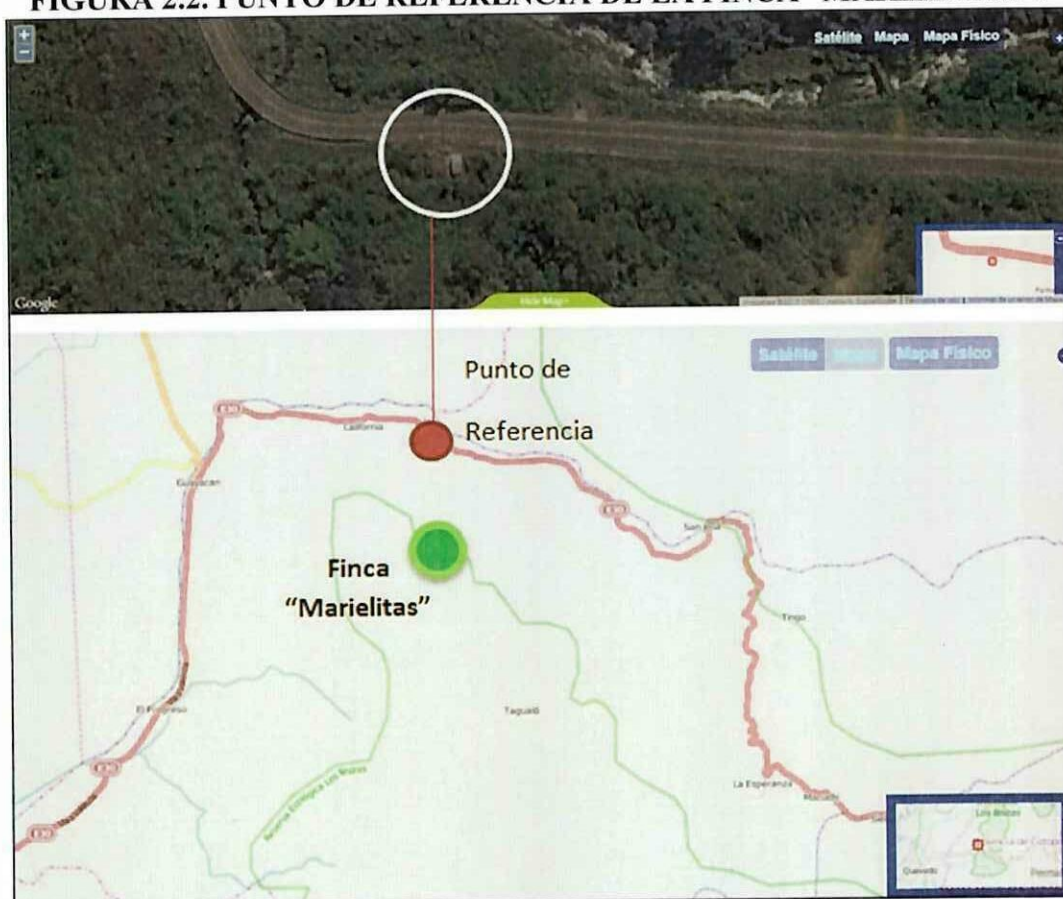


Fuente: Grupo Investigador.
Elaborado por: Pila Edisón, Franklin Toapanta.

Aproximadamente el emplazamiento se encuentra a 2 horas y 5 minutos; el punto esta a 115km tomando como referencia a la ciudad de Latacunga, parámetro calculado por el Google Maps, el punto responde a las siguientes corrdenadas.

Longitud y Latitud: 00°56'42.77"S,78°59'35.17".

FIGURA 2.2. PUNTO DE REFERENCIA DE LA FINCA "MARIELITAS".



Fuente: Grupo Investigador.

Elaborado por: Pila Edisón, Franklin Toapanta.

Es una zona montañosa en cuyo centro está la cordillera de Yungañán y a cuyo pie se forma el sistema hidrográfico del Río Pívalo, llamado también San Pablo y que luego

al unirse con el río Quindigua forman el río Quevedo; junto a su cauce va la carretera que va pavimentada en todo el trecho parroquial de Latacunga hasta Quevedo, en cuyo trayecto se han asentado las poblaciones dedicadas fundamentalmente al cultivo y procesamiento de la caña de azúcar, los pastos para ganadería de vacunos y en menor medida la mora en las partes medias y altas.

Dentro de esta Situación Geográfica de la Parroquia El Tingo “La Esperanza” tenemos los principales núcleos poblacionales establecidos en metros sobre nivel del mar:

- Siete Ríos: 1800 msnm. (metros sobre el nivel del mar)
- Macuchi: 1.690 msnm.
- El Tingo – Tilipulo: 1.530 msnm.
- El Palmar: 800 msnm.
- El Guayacán: 520 msnm.

La Parroquia de El Tingo - La Esperanza se encuentra ubicada en la parte occidental de la provincia de Cotopaxi.

2.2.2. Límites Cantonales.

Norte con el Cantón La Mana.

Sur con las Parroquias de Zumbahua y Pilaló.

Este con la Parroquia Chugchilan del Cantón Sigchos.

2.2.3. Escenario Actual.

La extensión de la finca al que pertenece el emplazamiento donde se realizara el proyecto generador es de aproximadamente 5 hectáreas; esta área responde al nombre de Finca “Marielitas”.

La capa vegetativa arbolea llega a una altura de 20 metros; su clima es templado, su temperatura oscila entre los 8 a 20 grados centígrados; los habitantes beneficiarios se dedican a la agricultura; siembra de caña de azúcar, cacao, pasto para el alimento del ganado, entre otros, de igual forma su medio de sobrevivencia es la crianza de ganado Vacuno y Porcino, aunque su principal fuente de producción es la elaboración artesanal de panela y de licor.

Los habitantes carecen del servicio de energía eléctrica debido a su geografía y su absceso muy accidentado, el déficit económico y su avanzada edad, ha conllevado a no existir ningún tipo de interés por parte de la Empresa Pública de Energía Eléctrica a su vez el alto costo de las líneas de transmisión han hecho imposible tener este recurso; lo cual no permite el desarrollo de las personas que aquí residen; ventajosamente en la propiedad existe un rico recurso hídrico con accidentaciones geográficas favorables para la implementación de un sistema hidroeléctrico que mediante un estudio de caudal señalado en el CAP III, se lo establece en una capacidad de 432 lts/seg que nos da un valor de $0.43\text{m}^3/\text{seg}$ con una caída aprovechable de 30 metros. Según estos datos tomados tenemos un vasto nivel de generación adelantándonos a los estudios y aprovechando el afluente podríamos llegar a los niveles de generación de hasta 60 kW lo cual requerirá de una alta inversión, la capacidad podría suministrar de luz aproximadamente 50 viviendas

comunes; por tal motivo y rigiéndonos a las necesidades solo de la finca debemos acoplarnos a sus requerimientos.

En este capítulo elaboramos la estimación de la demanda energética aplicando encuestas e interpretándolas.

2.3. Diseño de la Investigación.

2.3.1. Investigación Exploratoria.

NAMAKFOROOSH M., (2000) señala que “El objetivo principal de la investigación exploratoria es captar una perspectiva general del problema. Se puede aplicar para generar el criterio y dar prioridad algunos problemas”. (pág.89).

Esta investigación se encarga de recoger e identificar antecedentes generales, números y cuantificaciones, temas respecto del problema investigado, sugerencias de aspectos relacionados que deberían examinarse en profundidad en futuras investigaciones.

Su objetivo es documentar ciertas experiencias, examinar temas o problemas poco estudiados que no han sido abordadas antes de conocer la situación actual en la que se encuentra la finca “Marielitas” su déficit energético, su posible solución. Analizaremos otros proyectos similares, los cuales permitirán viabilizar de mejor manera los resultados obtenidos.

2.3.2. Investigación de Campo.

MORENO BAYARDO M., (1987) publica que: “La investigación de campo reúne la información necesaria recurriendo fundamentalmente al contacto directo con los hechos o fenómenos que se encuentran en el estudio”. (pág.42)

La utilización de este tipo de investigación, permitirá analizar y solucionar el problema planteado en un contexto determinado. Radica principalmente en valorar en el entorno de la Finca “Marielitas”, la situación actual, las condiciones en las que se encuentran los residentes, las características geográficas del sector; así también las condiciones que se necesitan para implementar de forma óptima el Pico Central Hidroeléctrico.

2.3.3. Investigación Experimental.

NIÑO R. Víctor M., (2000) asume que: “Esta modalidad tradicional de estudio se orienta más dentro de la investigación cuantitativa, aunque esta no se excluye. Su propósito es validar o comprobar una hipótesis. La experimentación establece relación de causa, efecto y se ocupa de descubrir, comprobar, confrontar, negar o confirmar teorías, y eventualmente, como consecuencia, formular leyes”. (pág.033).

De acuerdo con el autor podemos destacar la utilización de este tipo de investigación a la comprobación o validación de la hipótesis estableciendo una relación de causa, efecto, confrontando o afirmando teóricas con el propósito de comprobar la información receptada para su aplicación.

2.3.4. Técnicas.

La técnica de la Observación, según RODRÍGUEZ MOGUEL E., (2005). Asume que el: “Observar supone una conducta deliberada del observador, cuyos objetivos van en la línea de recoger datos en base a los cuales poder formular o verificar hipótesis”. (pág.98)

Acotando a la publicación del autor se menciona que la observación es una técnica de investigación que consiste en percibir elementos, sistemas, hechos, casos, objetos, acciones, situaciones, con el fin de obtener una determinada información, que más adelante será utilizada para una investigación.

2.3.4.1. La Encuesta.

Según ALVIRA MARTÍN Francisco, (2011) en su libro La encuesta una perspectiva general metodológica: la encuesta es “el método de encuesta incluye un cuestionario estructurado que se da a los encuestados y que está diseñado para obtener información específica”. (pág.05)

La encuesta es una técnica destinada a obtener datos de varias personas, en su mayoría con un bajo nivel de estudio como es nuestro caso, cuyas opiniones impersonales interesan al investigador. La encuesta deberá tener un lenguaje claro y conciso, evitando terminología abstracta difícil de entender.



2.3.4.1.1. Etapas en una investigación mediante encuesta.

El texto del autor VIDAL DÍAZ de Rada, (2005), dentro de sus contextos: que:

La exposición sobre los fundamentos operativos de la técnica dan paso a la explicación del proceso de investigación, centrándonos especialmente en la descripción de las etapas que lo componen y las diversas tareas a efectuar en cada una. El objeto de este apartado es contextualizar el trabajo de campo dentro del proceso de investigación, con el fin de que los entrevistadores tengan una imagen precisa del trabajo que llevan a cabo antes y después de la información recogida. (pág.20)

El autor nos describe contexto de más investigadores y define etapas en las que se divide el proceso de investigación: Así ALVIRA, (1988) divide este proceso en cuatro etapas: “Planteamiento del problema, diseño de la investigación, recogida de datos y análisis de los mismos.” (pág.62)

2.4. Hipótesis de Trabajo.

Nuestro modelo investigativo se busca estudiar las causas o los efectos de un determinado hecho por medio de la prueba de hipótesis. Se busca explicar el significado de un aspecto de la realidad a partir de teorías que se toman como referentes, la mención hipotética es:

¿La energía potencial de un caudal de agua constante, ayudara a la generación de energía eléctrica en la Finca “Marielitas” del cantón la Maná?

2.5. Operacionalización de Variables.

La operacionalización de variables se la define como un proceso que se forma con la definición de las variables en función de componentes rigurosamente medibles, también conocidos con el nombre de indicadores.

La operacionalización está directamente vinculada al tipo de técnica o metodología empleadas para la recolección de datos. Estas imprescindiblemente deben ser compatibles con el objeto de la investigación, a la vez que responden al enfoque empleado, y al tipo de investigación que se realiza.

El proceso obliga a realizar una definición conceptual de la variables para romper el concepto difuso que ella engloba y así darle sentido concreto dentro de la investigación, luego en función de ello se procese a realizar la definición operacional de la misma para identificar los indicadores que permitirán realizar su medición de forma empírica y cuantitativa, al igual que cualitativamente llegado el caso; para nuestro proyecto investigativo hemos visto concerniente el optar por dos variables las cuales se citan y se componen en variable dependiente e independiente respectivamente.

Variable Independiente. La energía potencial de un caudal de agua constante.

Variable Dependiente. Generación de energía eléctrica en la Finca “Marielitas” del cantón la Maná.

A continuación procedemos a realizar la operacionalización, en las siguientes matrices de referencia.

2.5.1 Variable Independiente: La energía potencial de un caudal de agua constante.

TABLA N°2.1 “OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES, VARIABLE INDEPENDIENTE”

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍAS	INDICADORES	ÍTEMS BÁSICOS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p>El potencial Hídrico. Hace referencia a la energía potencial del agua, la energía libre que poseen las moléculas de agua para realizar trabajo. Cuantifica la tendencia del agua de fluir desde un área hacia otra debido a, gravedad, u otros efectos físicos.</p> <p>El potencial hídrico está constituido por varios potenciales que influyen sobre el movimiento del agua, que pueden actuar en las mismas o diferentes direcciones.</p>	<p>Gravedad.</p> <p>Presión</p> <p>Mecánica.</p>	<p>Altura o desnivel donde estará ubicada la bocatoma.</p> <p>Caudal del afluente Hídrico.</p> <p>Velocidad a la que se desplaza el fluido hacia la turbina.</p> <p>Área y sección de la tubería y tobera de entrada.</p> <p>Fuerza Normal con la que se empuja cada uno de los álabes de la turbina</p>	<p>Existe caudal necesario para realizar diseño, e implementación de un pico generador eléctrico en el sector?</p> <p>¿Cuáles son los materiales necesarios para medir el caudal del agua?</p> <p>¿Cuáles son los parámetros que se deben tomar en cuenta para dimensionar el sistema hidráulico?</p> <p>¿Cuánto potencial hídrico se requiere para cubrir la demanda energética?</p>	<p>Observación.</p> <p>Toma de Datos.</p> <p>Medidores de Altura.</p> <p>Métodos de medición de caudal, Área velocidad.</p>

Fuente: Grupo Investigador.
Elaborado por: Pila Edison, Franklin Toapanta

2.5.2 Variable Dependiente: Generación de energía eléctrica en la Finca “Marielitas” del cantón la Maná.

TABLA N°2.2 “OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES, VARIABLE DEPENDIENTE”

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍAS	INDICADORES	ÍTEMS BÁSICOS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p>Generación de Energía. Consiste en transformar alguna clase de energía (química, cinética, térmica o lumínica, nuclear, solar entre otras), en energía eléctrica. Para la generación de energía eléctrica mediante el aprovechamiento de la energía potencial del agua embalsada en una presa situada a más alto nivel que la central. El agua se lleva por una tubería de descarga a la sala de máquinas de la central, donde mediante turbinas hidráulicas se produce la electricidad en los alternadores.</p>	<p>La Potencia.</p>	<p>Característica del desnivel existente. Caudal máximo aprovechable. Características de la turbina. Características del generador. Suministro de carga. Capacidad del grupo electrógeno en kW</p>	<p>¿Cuál será la capacidad máxima de generación? ¿En qué estación del año abra más racionio de agua? ¿Cuál será la turbina más eficiente para la capacidad a suministrarse? ¿Cuál será la capacidad para satisfacer la demanda de los pobladores del sector?</p>	<p>Observación. Evaluación anual del caudal. Recolección de Datos. Tabulación de datos. Encuesta.</p>

Fuente: Grupo Investigador.
Elaborado por: Pila Edison, Franklin Toupanta.



2.6. Población y Aplicación de Encuestas.

La encuesta es un procedimiento Investigativo, que se encuentra dentro de los diseños de investigación descriptivos, los tesisistas investigadores buscan compendiar datos por medio de un cuestionario previamente diseñado, sin modificar el entorno ni el fenómeno donde se recoge la información. Para conocer la situación actual de la Finca denominada con el nombre de “Marielitas” se realizaron las correspondientes encuestas a los moradores. El análisis y los resultados se obtienen realizando un conjunto de preguntas dirigidas a una muestra representativa o grupo de los habitantes en este caso los beneficiarios directos del proyecto que son 10 personas los cuales conforman todo nuestro objeto investigativo, a los cuales se les dará un cuestionario con el fin de conocer su opinión, las características del problema y necesidades a las que están sometidos. Los tesisistas debemos seleccionar las preguntas más convenientes, tomando en cuenta que la población tiene un nivel básico de educación es decir corresponde a una población analfabeta y no pueden entender un vocabulario complejo. Las preguntas están realizadas de manera cerrada, y mediante ellas determinar responder una de las opciones que se presentan en un listado que formularon los investigadores con dos posibilidades SI y NO. Esta manera de encuestar da como resultado respuestas sencillas de cuantificar. Se ha formulado una serie de preguntas cerradas y directas emitidas con un lenguaje claro y comprensivo, que están tabuladas y constan con su respectivo análisis; para posteriormente realizar la evaluación energética. En la investigación se trabajara con todo un universo de estudio que a continuación se detalla en el Tabla N° 2.3.

TABLA N°2.3 “POBLACIÓN Y MUESTRA”

ÍTEM	CANTIDAD
Beneficiarios	2
Jornaleros y peones	4
Habitantes Ocasionales, Familiares	4
TOTAL	10

Fuente: Grupo Investigador.

Elaborado por: Pila Edison, Franklin Toapanta

1. ¿Su vivienda cuenta con Energía Eléctrica?

TABLA N°2.4. ENERGÍA ELÉCTRICA.

OPCIÓN	FRECUENCIA	PORCENTAJE %
SI	0	0
NO	10	100
TOTAL	10	100

Fuente: Grupo Investigador.
Elaborado por: Pila Edisón, Franklin Toapanta.

GRÁFICO N°2.1. PORCENTAJE ENERGÍA ELÉCTRICA.



Fuente: Grupo Investigador.
Elaborado por: Pila Edisón, Franklin Toapanta.

Análisis e Interpretación de Resultados.

Los resultados arrojan que los habitantes de la Finca respondieron contundentemente ante la pregunta dando un porcentaje del 100%, afirmando que no cuentan con energía eléctrica. Este resultado indica que las personas que ahí residen no tienen ningún absceso al servicio básico como es la electricidad, lo cual perjudica al desarrollo de los quehaceres diarios de los habitantes.

2. ¿Piensa usted que es indispensable el servicio de Energía Eléctrica?

TABLA N°2.5. LA ENERGÍA ELÉCTRICA ES INDISPENSABLE.

OPCIÓN	FRECUENCIA	PORCENTAJE %
SI	9	90
NO	1	10
TOTAL	10	100

Fuente: Grupo Investigador.

Elaborado por: Pila Edisón, Franklin Toapanta.

GRÁFICO N°2.2. LA ENERGÍA ELÉCTRICA ES INDISPENSABLE.



Fuente: Grupo Investigador.

Elaborado por: Pila Edisón, Franklin Toapanta.

Análisis e Interpretación de Resultados.

La deducción de esta pregunta proyecta que el 10% de los encuestados en este caso una persona afirma no depender de la energía lo cual considera no indispensable, así mismo el 90% de las personas dicen que es necesario el contar con el servicio de energía eléctrica para elaborar sus actividades cotidianas. Esta pregunta arroja un resultado favorable al proyecto de pico generación.

3. ¿Usted piensa que es necesaria la conservación medio ambiental del entorno en el que vive?

TABLA N°2.6. CONSERVACIÓN MEDIO AMBIENTAL.

OPCIÓN	FRECUENCIA	PORCENTAJE %
SI	10	100
NO	0	0
TOTAL	10	100

Fuente: Grupo Investigador.

Elaborado por: Pila Edison, Franklin Toapanta.

GRÁFICO N°2.3. CONSERVACIÓN MEDIO AMBIENTAL.



Fuente: Grupo Investigador.

Elaborado por: Pila Edison, Franklin Toapanta.

Análisis e Interpretación de Resultados.

La pregunta arrojó un porcentaje del 100% a favor de la conservación del ecosistema y del medio ambiente, las personas que aquí residen dan un alto valor a la naturaleza ya que esta proporciona su fuente de alimento y de ingreso. Aseguran también que el entorno en el que viven ha sido la herencia de sus familiares y que el valor del entorno es invaluable.

4. ¿Usted considera como una buena alternativa el generar Electricidad sin destruir el ecosistema?

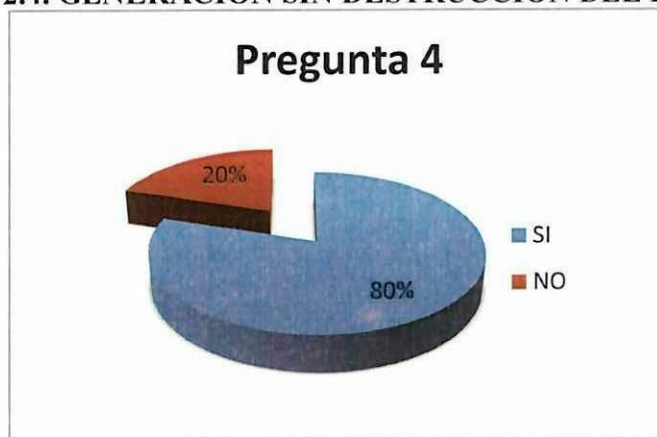
TABLA N°2.7. GENERACIÓN SIN DESTRUCCIÓN DEL ECOSISTEMA.

OPCIÓN	FRECUENCIA	PORCENTAJE %
SI	8	80
NO	2	20
TOTAL	10	100

Fuente: Grupo Investigador.

Elaborado por: Pila Edisón, Franklin Toapanta.

GRÁFICO N°2.4. GENERACIÓN SIN DESTRUCCIÓN DEL ECOSISTEMA.



Fuente: Grupo Investigador.

Elaborado por: Pila Edisón, Franklin Toapanta.

Análisis e Interpretación de Resultados.

El 20% de los encuestados dicen que no hay manera de generar electricidad sin dañar o modificar el ecosistema; mientras que con la mayor ponencia de resultado en un 80% las personas apuestan al proyecto de hidrogenación es amigable con el medio ambiente. Del mismo modo manifestaron que es una gran iniciativa el generar energía sin necesidad de contaminar o destruir la flora y fauna existente en el lugar.

5. ¿Usted está de acuerdo el utilizar un recurso inagotable y renovable como en este caso es el agua para la generación eléctrica?

TABLA N°2.8. RECURSO INAGOTABLE Y RENOVABLE.

OPCIÓN	FRECUENCIA	PORCENTAJE %
SI	9	90
NO	1	10
TOTAL	10	100

Fuente: Grupo Investigador.

Elaborado por: Pila Edisón, Franklin Toapanta.

GRÁFICO N°2.5. RECURSO INAGOTABLE Y RENOVABLE.

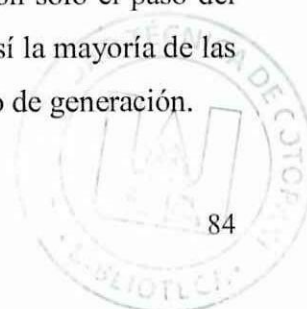


Fuente: Grupo Investigador.

Elaborado por: Pila Edisón, Franklin Toapanta.

Análisis e Interpretación de Resultados.

El resultado arroja que el 20% de los encuestados dicen no estar de acuerdo en generar electricidad mediante el uso del agua. Mientras que con mayor incidencia el 80% aseguran que es una gran iniciativa el generar electricidad con solo el paso del agua porque este recurso es considerado inagotable y renovable. Así la mayoría de las personas dan fe y están de acuerdo en el desarrollo de este proyecto de generación.



6. ¿Usted conoce de los sistemas de generación Hidroeléctrica?

TABLA N°2.9. SISTEMAS DE GENERACIÓN HIDROELÉCTRICA.

OPCIÓN	FRECUENCIA	PORCENTAJE %
SI	1	10
NO	9	90
TOTAL	10	100

Fuente: Grupo Investigador.
Elaborado por: Pila Edisón, Franklin Toapanta.

GRÁFICO N°2.6. SISTEMAS DE GENERACIÓN HIDROELÉCTRICA.



Fuente: Grupo Investigador.
Elaborado por: Pila Edisón, Franklin Toapanta.

Análisis e Interpretación de Resultados.

De acuerdo con la encuesta realizada a los moradores aseguran conocer los sistemas renovables de generación o sistemas afines, mientras que el 90% de los encuestados afirman desconocer este término, lo que le da a este proyecto un alto nivel de innovación y su novedad es alta dentro de la comunidad. Es así que el proyecto se convierte en atractivo que aparte de brindarles a los moradores el servicio básico de la energía eléctrica su implementación tendrá un impacto ambiental mínimo.

7. En el siguiente cuadro marque e indique el número de los elementos que usted cree indispensable para usarlo diariamente en su residencia.

TABLA N°2.10. ELEMENTOS INDISPENSABLES DE USO.

Equipo	Uso Indispensable	Número de elementos
Bombillos/Focos	X	3
Ventilador		
Radio Grabadora	X	1
Refrigerador	X	1
Televisor	X	1
Licuada		
Cocina Eléctrica		

Fuente: Grupo Investigador.

Elaborado por: Pila Edisón, Franklin Toapanta.

Análisis e Interpretación de Resultados.

En el cuadro se observa varios casilleros en los cuales se encuentra el nombre del equipo, su afinidad en el uso, es decir su clasificación como indispensable y el número de unidades que cubrirán con la necesidad de la Finca.

Este cuadro es imprescindible para la evaluación energética, por medio de este conocemos directamente la cantidad y la magnitud de uso dentro de la vivienda lo que nos proyecta a definir la capacidad de generación del Pico generador Hidroeléctrico.

8. En el siguiente cuadro indique el número de horas que usara cada elemento por horas.

TABLA N°2.11. INCIDENCIA DE USO DE EQUIPOS ELÉCTRICOS.

Equipo	Horario de Uso en Horas							
	0-5	5-7	7-11	11-13	13-17	17-19	19-21	21-24
Bombillos / Focos		X						
Ventilador								
Radio Grabadora	X							
Refrigerador	X							
Televisor	X							
Licuadora								
Cocina Eléctrica								

Fuente: Grupo Investigador.

Elaborado por: Pila Edison, Franklin Toapanta.

Análisis e Interpretación de Resultados.

Con esta tabla dimensionamos las horas de uso de cada equipo poniendo escalas de frecuencia de accionamiento, es así que los encuestados seleccionan y estiman el número de horas que usan los dispositivos dándonos un dato igual de importante para la estimación de la potencia por horas y por día, mediante este dato dimensionamos la capacidad nominal de generación de nuestro sistema.

2.7. Tabulación de Encuestas Realizadas a los Beneficiarios, Jornaleros, Peones Habitantes Ocasionales y Familiares.

De las encuestas realizadas los beneficiarios y personas afines a la Finca “Marielitas” tabulamos el porcentaje y la frecuencia de aceptación de cada una de las preguntas expuestas y las representamos en la siguiente Tabla N° 2.11:

TABLA N°2.12. “TABULACIÓN DE ENCUESTAS”

Número de Pregunta	Frecuencia				Porcentajes de Tabulación			
	SI	NO	Blancos	Total %	SI	NO	Blancos	Total%
1	0	10	0	100	40%	60%	0%	100
2	9	1	0	100	30%	70%	0%	100
3	10	0	0	100	70%	30%	0%	100
4	8	2	0	100	20%	80%	0%	100
5	9	1	0	100	60%	40%	0%	100
6	1	9	0	100	80%	20%	0%	100

Fuente: Grupo Investigador.

Elaborado por: Pila Edison, Franklin Toapanta.

Nota: En la tabla 2.11 no constan las preguntas 7 y 8, estas están dirigidas a conocer la demanda y el número de horas de duración de las cargas eléctricas; ya que no tienen un método convencional de discusión como las preguntas cerradas, las obviamos y evaluamos las preguntas concernientes al programa de investigación.

Haciendo una evaluación sintética por porcentaje se verifica que la pregunta número cuatro (4) contiene mayor incertidumbre que las demás preguntas, ya que la proporción de aceptación y desaprobación no son tan amplias como las demás y aunque la aceptación es del 80% a 20% se analiza la incertidumbre citando cada una

2.9.1. Información Básica.

Con el fin de identificar la demanda actual del emplazamiento área poblado al que se planea suministrar energía, se debe conocer información que refleje el consumo energético:

- Población
- Tasa de crecimiento
- Número de viviendas o usuarios
- Capacidad instalada.

Población. Con este dato estimaremos una potencia requerida, la Finca “Marielitas” cuenta con alrededor de 3 habitantes habituales y al menos 7 habitantes que viven en torno al sector.

Tasa de Crecimiento. El crecimiento por habitante se estima que será de uno cada 7 años, en estos sectores se evidencia la migración a las zonas urbanas de tal manera se deduce que habrá en porcentaje un estimado de crecimiento de 0.9% cada 7 años.

Número de Viviendas o Usuarios. El número de viviendas es de una que abastecerá a los 3 moradores habituales.

Capacidad Instalada. Para este punto hacemos uso de los datos tomados producto de las encuestas realizando un cuadro de estimación de energética, asumiendo que no todas las cargas se producen simultáneamente. Para ello haremos un cuadro donde estimamos la potencia de cada equipo y dispositivo seleccionado.

Mediante las encuestas emitidas, la mayoría de personas están de acuerdo en implementar un sistema de generación eléctrica, y más si es un sistema renovable que no contamine el medio y sea amigable con la flora y fauna del sector, mientras una gran minoría de personas tiene afirmaciones negativas con respecto al proyecto pero en su mayor parte es por su desconocimiento y por su confiabilidad en otros sistemas no convencionales o normalmente usados como son los equipos de generación por motores de ignición que a la final son contaminantes y no renovables. De esta manera la Hipótesis se confirma condicionalmente la mayoría de residentes aprueban la implementación de este pico generador hidroeléctrico. Es así que la hipótesis también se puede verificar en la Tabla N° 2.14; así también en cálculos, tablas y parámetros obtenidos en la propuesta, en el Capítulo III, en temas como el caudal, caída y potencia.

2.9. Estimación de la Demanda Energética.

DÁVILA C & Otros, (2010) afirman que: “El análisis de la demanda es un aspecto importante para el diseño o estudio de una micro o minicentral hidroeléctrica. Sus resultados deben aportar el consumo actual de la población a la que se desea suministrar energía, y con estos, proyectar la demanda durante un periodo de tiempo según necesidad.” (p. 19)

Para un análisis en zonas rurales de difícil acceso, se debe hacer un análisis personalizado buscando los mejores métodos y herramientas, tienen sus propias características de densidad, crecimiento poblacional, infraestructura, servicios existentes, recursos naturales y potenciales de producción. Por lo tanto, cada región aislada prevista para la electrificación necesita una evaluación particular de su potencial de desarrollo y su futura demanda de energía eléctrica.

de las preguntas: Pregunta 4 -¿Usted considera como una buena alternativa el generar Electricidad sin destruir el ecosistema? – Verificando la pregunta se menciona que los habitantes debido a su condición alfabética aseveran que no hay ninguna forma de generar electricidad sin destruir el medio ambiente condicionalmente estos no conocen de las nuevas alternativas de generación, salvaguardando los entornos y ecosistemas; la mayor parte coincide en un 80% que si existe formas de generación sin la destrucción del medio ambiente, es así que la pregunta nos presenta un dato favorable y da paso al fenómeno de estudio.

2.8. Verificación de la Hipótesis.

Mediante la investigación realizada por medio de la herramienta de la encuesta se puede afirmar que la mayoría de personas están de acuerdo en realizar el estudio e implementación de un pico generador hidroeléctrico en la Finca “Marielitas” ubicada en el cantón la Maná. Por otro lado una minoría de personas tiene afirmaciones negativas con respecto al proyecto, sin embargo las preguntas directas que inciden en el tema de investigación son la 1 y 2 de las encuestas dan fe a la realización del análisis ya que contundentemente tuvieron una aceptación del 100% y del 90%, como a continuación se presenta en la Tabla N° 2.12.

TABLA N°2.13. “ÍNDICE DE ACEPTACIÓN EN LAS ENCUESTAS”

Enunciado		A favor		En contra	
		Fr.	%	Fr.	%
1	¿Su vivienda cuenta con Energía Eléctrica?	10	100	0	0
2	¿Piensa usted que es indispensable el servicio de Energía Eléctrica?	9	90	0	0

Fuente: Grupo Investigador.

Elaborado por: Pila Edison, Franklin Toapanta.

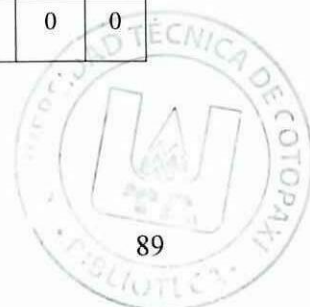


TABLA N°2.14. POTENCIA DE CONSUMO.

Tipo Residencial	Potencia (W)
Bombillos/Focos	100
Refrigerador	375
Televisor	180
Radiograbadora	60
Licuadaora	200
Ventilador	100
Cocina eléctrica	2000

Fuente: Grupo Investigador.
Elaborado por: Pila Edisón, Franklin Toapanta.

Conociendo estos datos ahora estimaremos el periodo de uso y la frecuencia con que las personas accionan estos elementos para lo cual efectuaremos la siguiente tabla:

TABLA N°2.15. HORARIO DE DEMANDA DIARIA ESTIMADA.

Demanda Diaria Estimada										
Utilidad Residencial	Potencia (W)	N°	Horario de uso en Horas							
			0-5	5-7	7-11	11-13	13-17	17-19	19-21	21-24
Bombillos /Focos	40	3		840						
Refrigerador	375	1	1875							
Radio Grabadora	20	1	100							
Televisor	100	1	500							
Total Potencia en Horas.	535W	6	2475W	840W						
Total requerido por Día.	3315W redondeando 3500W, 3.5kW									

Fuente: Grupo Investigador.
Elaborado por: Pila Edisón, Franklin Toapanta.

El cuadro se lo elabora con las siguientes ecuaciones matemáticas:

$$\text{Potencia Por horas} = P \times N^{\circ} \text{ de componentes} \times N^{\circ} \text{ de horas usadas [Wh]} \quad \text{ECU.2.1.}$$

$$P_{horas} = 40 \times 3 \times 7 = 840 \text{ Wh}$$

$$\text{Potencia Por Día} = \sum \text{de Potencias en horas [Wh]} \quad \text{ECU.2.2.}$$

$$P_{Diaria} 2475 + 840 = 3315 \text{ W redondeando} = 3.5 \text{ kWh}$$

A partir de este cuadro, este cálculo se ha percibido la demanda requerida por los habitantes, y proyectamos la potencia del generador.

Características del Proyecto. Conociendo los datos que se han tomado en las visitas técnicas realizadas tenemos que la altura bruta utilizable es de 30 metros y el caudal tiene 432lts/seg, dados que nos adelantamos al sistema, tener un generador cuya eficiencia es del 80% la transmisión de potencia será con bandas y poleas de doble canal la cual por textos se dice que tiene una eficiencia máxima del 95% de igual forma se conoce que la línea será rendida alrededor de unos 600 metros con una eficiencia del 90% así mismo la obra civil se estima que tendrá un 85% de eficiencia.

El Autor HARVEY A., (1995) indica que:

Un hidrosistema requiere de un caudal de agua y una diferencia de altura (conocida como salto) para producir potencia útil. Se trata de un sistema de conversión de energía en la forma de caudal y salto y se entrega energía en forma de electricidad o energía mecánica en el eje. Ningún sistema de conversión puede entregar la misma cantidad de energía útil como la que absorbe. (pág. 04).

El autor expone las siguientes ecuaciones:

$$P_{disp} = \rho \times Q \times g \times h_{disp} \quad \text{ECU.2.3.}$$

Tenemos como datos:

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3 \text{ Factor de densidad del Agua}$$

$$Q = 0.43 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$g = 9.8 \text{ m/seg}^2. \text{ Aceleración de la Gravedad}$$

$$h_{neta.} = 30 \text{ m.}$$

Desarrollando la fórmula del autor tenemos que la Potencia que disponemos es:

$$P_{disponible} = 1000 \text{ kg/m}^3 \times 0.43 \text{ m}^3/\text{seg} \times 9.8 \text{ m/seg}^2 \times 30 \text{ m}$$

$$P_{disponible} = 126420 \text{ W}; 126 \text{ kW}$$

Dado que el autor dice que nuestra potencia disponible se somete a pérdidas nos extiende otra ecuación que desarrollando tenemos

$$P_{necesaria} = E_{obra\ civil} \times E_{transmisión\ de\ potencia} \times E_{turbina} \times E_{generador} \times E_{línea} \times P.$$

$$P_{necesaria} = E_{eficiencias} \times P_{disponible} \quad \text{ECU.2.4.}$$

Se desarrolla la ecuación teniendo como resultado:

$$P_{necesaria} = 80\% \times 95\% \times 82\% \times 80\% \times 90\% \times P_{disponible}$$

$$P_{necesaria} = 0.44 \times P \text{ (126 kW)}$$

$$P_{util} = 56,53 \text{ kW}$$

Se tiene como resultado, con pérdidas y con los datos obtenidos una capacidad de generación de 56.53kW, una potencia demasiado elevada que podría suministrar de luz aproximadamente 50 residencias local implicaría un presupuesto demasiado alto.

Por tal motivo y dado que solo se va a suministrar de luz a una residencia cuyo valor de potencia fue estimado en 3.5 kW por lo que se toma una sección de caudal con el fin de generar la potencia requerida por el usuario.

De acuerdo a análisis de índole hidroenergético se propuso que con 30 metros de altura aprovechables se necesita solamente el valor de un caudal de 0.08 m³/seg es decir 80lts/seg, y así garantizamos el óptimo funcionamiento del grupo generador, ya que así no se variara la frecuencia y no existirán fluctuaciones en las cargas residenciales.

Para todo aquello se obtuvo un generador capaz de desempeñar las condiciones de requerimiento; las características del grupo electrógeno para satisfacer las necesidades de los usuarios es de 3.3 kW, este valor por lo menos se debería sobredimensionar al 15% ya que el índice de población o a medida de que haya una retribución económica el suministro de carga aumentara, en un porcentaje mensual, o

anual. Si se realiza el dimensionamiento muy justo sin un índice de flexibilidad se corre el riesgo que al momento de montar un equipo adicional o simplemente una carga el generador; no se debería sobrecargar el generador una vez que esté funcionando, aunque están diseñados para soportar condiciones de sobrecarga por un tiempo breve durante el arranque.

Si un generador funciona durante mucho tiempo en condiciones de sobrecarga es decir, a un régimen por encima del régimen máximo del generador podrán ocurrir varias cosas. Entre lo que puede ocurrir se incluye al recalentamiento de las bobinas del alternador, reducción de la vida útil del generador; la línea también si tiene una sobrecarga puede perder sus condiciones de operación en aislante y resistencia; el cuadro de control se abre dejando sin suministro a la vivienda.

CAPÍTULO III

3. Diseño y Aplicación de la Propuesta.

3.1 Introducción.

En este capítulo se elabora el desarrollo de la Implementación, teniendo dentro de sus líneas los parámetros y cálculo de la construcción mecánica de la Turbina tipo Michell-Banki; también se constituye la selección del grupo electrógeno encargado de proporcionar la potencia y el voltaje necesario; la obra civil y cada uno de sus componentes son seleccionados de acuerdo a las características hidrológicas con las que cuenta la Finca “Marielitas”. El proyecto investigativo refleja la necesidad de un sistema que suministre energía eléctrica satisfactoriamente a las personas que habitan en dicha Finca.

El capítulo tiene como propósito fundamental establecer una metodología de diseño para componentes hidráulicos, mecánicos y eléctricos, de aquellas partes que conforman un pico sistema generador. La turbina Michell-Banki es considerada idónea para este proyecto, dada su fácil constitución, y fácil mantenimiento. Se planea la selección de tubería y elementos que forman parte de la obra civil optimizando el sistema, disminuyendo pérdidas por fricción y fenómeno de cavitación existentes en temas de dinámica de fluidos.

3.2 Justificación.

Su factibilidad se enmarca en que el proyecto es en beneficio de la electrificación rural con factores que impiden su implementación tales como: la lejanía, poca accesibilidad de sus localidades, la carencia de senderos, el consumo unitario reducido, bajo poder adquisitivo de los habitantes; por todo ello la elaboración del proyecto se hace indispensable y realizable. Los mini sistemas de generación aporta con electrificación rural, tienen como propósito principal el concentrar la igualdad de los derechos ciudadanos, en particular el de acceso al servicio básico de electricidad a la vivienda o emplazamiento, resolviendo así las enormes brechas existentes en infraestructura entre las zonas urbanas y las áreas rurales, incorporando a sus beneficiarios al consumo y al desarrollo. Los proyectos de micro generación son validados como vinculantes con los sectores más desfavorecidos; las razones mencionadas y muchas otras justifican el proyecto de implementación en la Finca "Marielitas". La implementación, se lo hizo en base a los requerimientos y actividades desarrolladas en la finca; cuyos pilares de producción son, las tareas ganaderas y la elaboración de productos derivados de la caña.

La potencia neta de generación tiene una potencia de 3.5kw. La realización del presente proyecto investigativo es factible, condicionalmente el caudal de agua se mantiene sin variar considerablemente en el verano, para el estudio se cuenta con los debidos materiales, tecnológicos y humanos, los autores poseen la capacidad para el desarrollo; pues cuenta con el apoyo de una amplia bibliografía de fácil acceso; y con el soporte incondicional de los propietarios, con el fin de concebir proyectos que conlleven a utilizar energías renovables. El proyecto es aplicable, existen lugares aislados principalmente sectores rurales, donde tienen una alta incidencia de manantiales, riachuelos y ríos, que asimilados e intervenidos correctamente generaran energía eléctrica.

3.3. Objetivos.

3.3.1 Objetivo General.

- Implementar una Pico Central Hidroeléctrica, mediante el aprovechamiento de la energía potencial del agua, para suministrar energía eléctrica en la Finca “Marielitas”, Cantón La Mana de la Provincia de Cotopaxi periodo 2014-2015; con el fin de satisfacer la demanda energética de los pobladores que ahí residen.

3.3.2 Objetivos Específicos.

- Aplicar modelos matemáticos, metodología y fórmulas establecidas en capítulos anteriores, para el diseño y la implementación de los elementos, estructuras y sistemas que conforman el pico central hidroeléctrico.
- Ejecutar los procesos de selección, construcción, y montaje de un pico generador, establecidas en tablas, gráficos, hojas de cálculo con el fin de optimizar la eficiencia energética del equipo a implementar.
- Integrar a los pobladores en la realización del tema, para forjar una vinculación, a su vez garantizar su requerimiento energético.

3.4. Datos de Diseño.

En el Capítulo II cabe mencionar que se seleccionaron los equipos con sus respectivas horas de uso; información obtenida mediante la herramienta de la entrevista, a los habitantes. Estos datos fueron analizados y transcritos en la Tabla N° 2.14 (pág.92) denominada “POTENCIA DE CONSUMO”, obteniendo así la demanda diaria estimada, la potencia, y la potencia que se requiere según el número de horas, estas desarrolladas bajo términos de cálculo establecido por las ecuaciones; ECU.2.1; ECU.2.2; ECU.2.3; ECU.2.4, que se encuentra en la (pág. 93, 94), expresiones necesarias para el diseño de la turbina y del recurso Hidroenergético, desarrollado en el CAP II, (pág. 97, 98).

$$\begin{aligned}E_{necesaria} &= 3.3kWh \\Energia\ Requerida\ P_{Diaria} &= 3.5kWh \\P_{util} &= 126\ kW\end{aligned}$$

3.4.1. Potencial e Hidrología de Generación.

El Capítulo I es fuente de diferentes métodos para la obtención de datos de caudal de nuestro afluente a utilizar, unos más precisos que otros. La capacidad de generación de energía mediante el agua está determinada por la altura que se pueda obtener y del caudal disponible. La altura depende a la topografía del terreno y el caudal de las características del río que se va a utilizar. Para el desarrollo hemos seleccionado en tanto a medición de altura y dadas las características accidentadas existentes en nuestro afluente el método del “GPS”, para la medición del Caudal, usamos el método del área y la velocidad.

3.4.1.1. Caudal Disponible.

Escogimos el método de área velocidad ya que se basa en el principio de continuidad. Para un fluido de densidad constante fluyendo a través del área de una sección conocida, el producto del área de la sección por la velocidad media será constante.

FIGURA N°3.1. MEDICIÓN DEL CAUDAL, AREA-VELOCIDAD.



Fuente: Grupo Investigador.

Elaborado por: Pila Edición, Franklin Toapanta.

Procedimiento:

- Se selecciono un tramo de sección recta y homogénea del curso del riachuelo.
- Se midió una longitud $L= 3\text{m}$.
- Determinar la sección transversal del riachuelo que es de 2m y el espejo de agua que circula por el riachuelo es $h= 0.54\text{m}$.



Con los datos medidos a través de los componentes de medida como son el fluxómetro, se realizó la ecuación de la velocidad y calculamos:

$$A = b \times h \quad [m^2] \qquad \text{ECU.3.1}$$

Dónde:

$$b = \text{Base } [m].$$

$$h = \text{Altura } [m].$$

$$A = 2 \times 0.54m$$

$$A = 1.08 \text{ m}^2$$

- Se seleccionó una sección de papel como flotador.
- Se situó unos metros antes de la distancia seleccionada.
- Se cronometro el tiempo en recorrer la longitud $L= 3m$.

Los datos cronometrados se escribió en una tabla para hacer los promedios correspondientes:

$$T_{promedio} = \frac{\sum t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, \dots \dots t_n}{n_{tiempo}} \qquad \text{ECU.3.2}$$

N_{tiempo} = Valor de números de tiempos expresado en la Tabla 3.1.

$$T_{promedio} = \frac{3.42 + 3.41 + 3.39 + 3.43 + 3.43 + 3.38 + 3.40}{7}$$

$$T_{promedio} = 3.40 \text{ seg}$$

TABLA N°3.1. TIEMPO PROMEDIO.

Numero de Parámetro.	Tiempo (seg)
T1	3.42
T2	3.41
T3	3.39
T4	3.43
T5	3.43
T6	3.38
T7	3.40
T. promedio	3.40

Fuente: Grupo Investigador.

Elaborado por: Pila Edison, Franklin Toapanta.

La velocidad del agua se la obtiene con la siguiente formula:

$$V = \frac{l}{t} \text{ [m/seg]}$$

ECU.3.3

V = Velocidad m/seg.

l = longitud

t = tiempo

$$V = \frac{3m}{3.40seg}$$

$$V = 0.8 \text{ m/seg}$$

Como dato adicional el factor de corrección (*k*) es estipulado en el CAP I, Tabla N°1.9. (pág.42). Que tiene el valor de factor $k= 0.50$ ya que el lecho del afluente proviene de un riachuelo de tierra. Con estos datos, calculamos el caudal mediante la fórmula del área y velocidad, ECU.1.18 (pág. 41) y la desarrollamos:

$$Q = k \times V \times A \left[\frac{m^3}{seg} \right]$$

k = factor de corrección = 0.50

V = Velocidad m/seg

$$A = \text{Área } m^2$$

$$Q = 0.50 \times \frac{0.8m}{seg} \times 1.08 m^2$$

$$Q = 0.43m^3/seg ; Q = 432 l/seg$$

Elafluente nos arroja un caudal estimado de 432lts/seg, datos obtenidos, en verano (meses de Julio y a principios de Agosto); para el diseño es conveniente tomar las mediciones más bajas de caudal con el objeto de garantizar su funcionamiento óptimo, para satisfacer la demanda energética requerida que necesitan los habitantes del lugar. Por el motivo durante todos los meses del año se ha realizado mediciones específicas, hidrológicas cuyos valores se describe a continuación en la tabla N° 3.2

TABLA N°3.2. DATOS DE RECURSO HIDROENERGÉTICO.

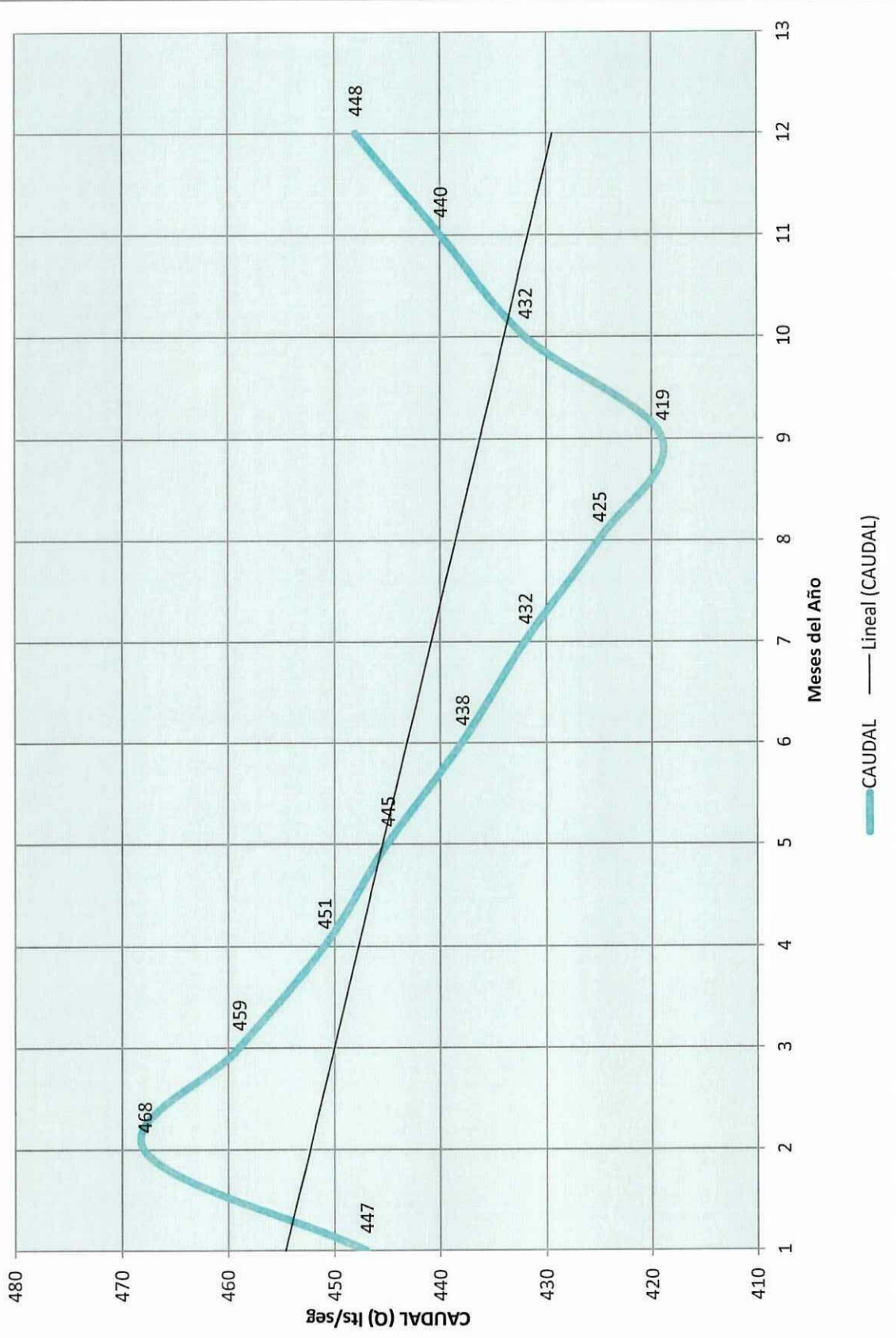
MESES DEL AÑO	CAUDAL
1	447
2	468
3	459
4	451
5	445
6	438
7	432
8	425
9	419
10	432
11	440
12	448

Fuente: Grupo Investigador.

Elaborado por: Pila Edison, Franklin Toapanta.

Teniendo en cuenta estos datos obtenidos durante la trayectoria de un año siguiendo sistemáticamente las mediciones mes a mes, se ha podido realizar un diagrama de dispersión que muestre el comportamiento del caudal y su variación según el mes; ver el Gráfico N° 3.1.

GRÁFICO N°3.1. DIAGRAMA DE CARGA EN RECURSO HIDROENERGÉTICO.



Fuente: Grupo Investigador.
Elaborado por: Pila Edisón, Franklin Toapantia

3.4.1.2. Cálculo de Altura.

Para ello se utilizó un GPS de geolocalización de procedencia Americana de Marca GARMIN. Dado que el emplazamiento donde se hizo las mediciones es remoto el geolocalizador no emitía datos, por lo que se utilizó un proceso de medición directa, con una cuerda, fluxómetros para la comprobación; mediante la herramienta de altura por el método de altímetro opción también provista por el equipo.

FIGURA N°3.2 DETERMINACIÓN DE ALTURA.



Fuente: Grupo Investigador.
Elaborado por: Pila Edisón, Franklin Toapanta.

Los datos se tomaron colocándonos primeramente en la cota donde se encuentra la cámara de carga dándonos un apunte de 2883 msnm (metros sobre el nivel del mar), como paso siguiente ascendemos a la cresta de la cascada, es decir donde será ubicado el bocatoma y hacemos la medición, dándonos como resultado 2918 msnm. Observando los resultados se tiene una altura de 35 metros.

$$H_{bruta} = 35 \text{ m}$$
$$H_{aprovechable} = 30 \text{ m}$$



3.5. Dimensionamiento de Obra Civil.

Una obra civil o una obra de toma hidráulica es toda estructura construida sobre el cruce de un río o canal con el fin de captar parcialmente el agua. Existen varios tipos de esquemas de microcentrales hidráulicas, se limita a analizar aquellos con saltos de pequeña y mediana altura, en cuya captación se toma decisiones sobre las longitudes relativas o las más óptimas con respecto al canal, cámara de carga, desarenador, tubería forzada entre otros elementos implementados.

Según nuestro diagrama de carga situado en el Gráfico N°3.1 (pág.102) y bajo datos tomados a través de todo el año, se emplea una obra de captación directa pues el recurso hídrico es captado sin ningún almacenamiento, a más del desarenador que precipita partículas. Por otro lado cabe señalar que en una captación directa no es necesaria ninguna obra de regulación; siempre y cuando, el caudal que está circulando por el río tendrá que ser constante o mayor al dato de dimensionamiento, durante todo el año, así mismo el nivel del agua del río debe permanecer aproximadamente constante. Por tal motivo la obra directa de captación constituye los siguientes elementos civiles:

3.5.1. Toma de Agua, Bocatoma.

La toma está colocada en la cresta de la cascada, justamente en un terreno de bajas incidencia de precipitación geológica en la capa de una roca que ha permanecido allí desde el origen de la precipitación es decir la roca está soterrada algunos metros bajo el nivel del lecho de agua como se puede visualizar en la siguiente figura:

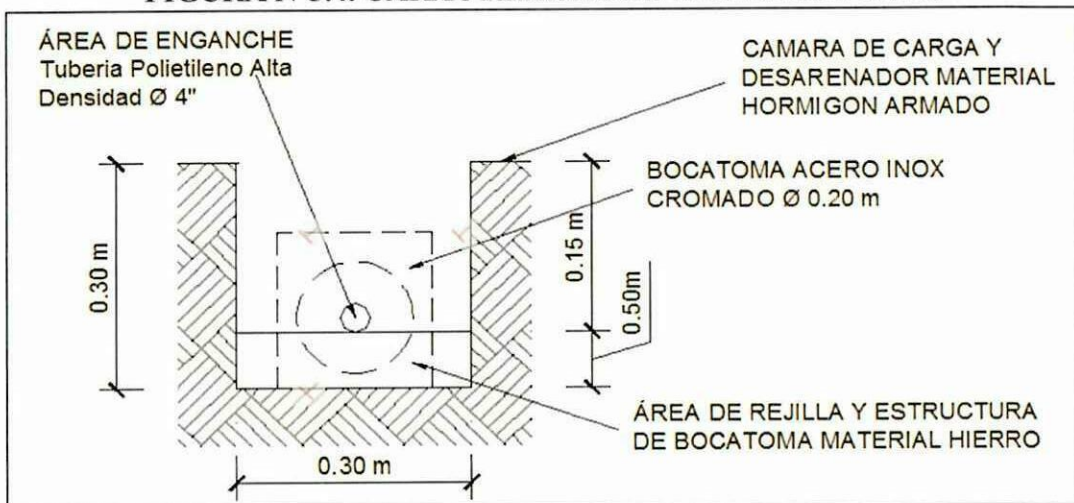
FIGURA N°3.3. ÁREA DE BOCATOMA.



Fuente: Grupo Investigador.
Elaborado por: Pila Edisón, Franklin Toapanta.

Al tomar el agua en el borde del salto nos proporciona una capacidad de carga alta ya que la sección del afluente nos da caudal y la altura velocidad por teoría de energía potencial y cinética. Lo ubicamos de una forma en que la recolección del agua sea constante, especialmente en las épocas donde hay sequía, y en las épocas lluviosas evitar la inundación del resto de componentes de la obra civil.

FIGURA N°3.4. CARACTERÍSTICAS DEL BOCATOMA.



Fuente: Grupo Investigador.
Elaborado por: Pila Edisón, Franklin Toapanta.

3.5.2. Canal.

La dimensión del canal se toma siguiendo los modelos, cálculo dados por la ECU.1.19 (pág.46). La Tabla 1.11 (pág. 45), nos designa la velocidad máxima recomendada, con valores de 2.0 m/seg para menos de 1.00m de profundidad, teniendo estos datos realizamos los siguientes pasos designados por el manual para la evaluación de recursos hídricos.

Procedimiento:

- Tomamos como dato el literal que es el espejo del agua, en este caso la altura que es 0.54 m.
- Definir la pendiente (S) del canal, para microcentrales hidráulicas recomendamos pendientes no mayores a 2 o 3 por mil, para el caso del tubo-canal, las pendientes más adecuadas son 5 o 6 por mil, este valor también se lo selecciona tomando datos de la Tabla 1.12 (pág. 46) para roca medianamente irregular $s_n = 0.0370$.
- Hallamos el Talud Z Tabla 1.10, opción concreta cuyo coeficiente es de 0.58.
- Damos valores al literal b como esta es la base y dado que vamos a estimar una sección del afluente, este será de 0.85 longitud necesaria de base.
- Calculamos la sección (A), el perímetro (P) y el radio hidráulico (R), ayudados con las siguientes ecuaciones:

$$A = y(b + yz) \quad \text{ECU.3.4.}$$

$$A = 0.54(0.85 + 0.54(0.58))$$

$$A = 0.626$$

$$P = b + 2y\sqrt{1 + z^2} \quad \text{ECU.3.5.}$$

$$P = 0.85 + 2(0.54)\sqrt{1 + (0.58)^2}$$

$$P = 0.85 + 1.08 \times 1.15$$

$$P = 2.092$$

$$R = \frac{A}{P} \quad \text{ECU.3.6.}$$

$$R = \frac{0.626}{2.092}$$

$$R = 0.299$$

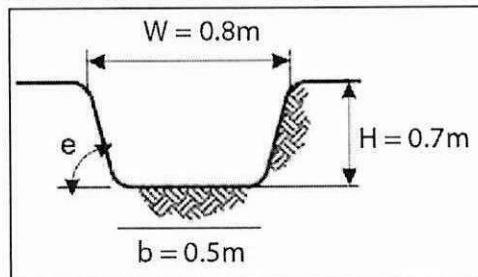
Reemplazando valores en ECU 1.19 (pág. 46)

$$V = \frac{1}{0.0370} x \sqrt[3]{(0.299)^2} x \sqrt{0.005}$$

$$V = 27.02 x 0.4464 x 0.0707$$

$$V = 0.8527 \frac{m}{seg}$$

FIGURA N°3.5 DIMENSIONES DE CANAL.



Fuente: DÁVILA, C.; VILAR, D.; & Otros, 2010. (p. 65).
 Elaborado por: Pila Edisón, Franklin Toapanta.

La Tabla 1.11 (pág.45) se conoce que para canales menores a 1.00 m la velocidad no deberá exceder los 2.0 m/seg. Mientras que la Tabla 1.13, señala que la velocidad mínima con arena no será menos a 0.5 m/seg y bajo el parámetro de diseño y construcción nuestro canal tiene 0.8 m/seg podemos concluir que cumplimos y estamos dentro de las medidas óptimas de implementación. Las longitudes, son concebidas una vez encontrados los parámetros de sección, factor de rugosidad, velocidad y demás datos que los aplicaremos a fórmulas omitidas en el Capítulo I y que son expuestas en este Capítulo para seguir un orden sistemático de cálculo.

$$H = \sqrt{\frac{A}{2\sqrt{(1+Z^2)} - Z}} [m] \quad \text{ECU.3.7.}$$

Dónde:

$H =$ Altura, (m)

$B =$ Ancho de la plantilla del canal.

$W =$ Ancho de la Lámina de agua

$Z =$ Talud del canal.

$$H = \sqrt{\frac{0.626}{2\sqrt{(1+(0.58)^2)} - 0.58}}$$

$$H = \sqrt{\frac{0.626}{1.146}}$$

$$H = 0.73 \text{ m}$$

$$b = H (2\sqrt{1+Z^2} - 2xZ) \quad \text{ECU.3.8.}$$

$$b = 0.73 (2\sqrt{1+(0.58)^2} - 2(0.58))$$

$$b = 0.519 \text{ m}$$

$$W = B + 2HxZ \quad \text{ECU.3.9.}$$

$$W = 0.519 + 2(0.25)(0.58)$$

$$W = 0.809 \text{ m}$$

Datos usados para la construcción y dimensionamiento del canal, como observación podemos mencionar que si disminuye el ancho de la plantilla del canal (b) debemos aumentar W y H, de no será sí nuestra velocidad aumentara y erosionara el canal, como algo adicional cabe la pena resaltar que hablamos de un canal trapezoidal cuyo ángulo será resultante de las dimensiones calculadas.

3.5.3. Desarenador y Cámara de Carga.

Calculamos el ancho y la longitud de un desarenador para partículas de 1.0mm de diámetro, teniendo los siguientes datos y aplicando ECU 1.22; CAP I (pág.49).

$$Q_{req} = 0.08 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

$$f = 2$$

$$d_d = 0.50 \text{ m}$$

$$V_h = 0.8527 \text{ m/seg.}$$

$$W = \frac{Q}{V_h \times d_d} \text{ [m]}$$

$$W = \frac{0.08}{0.8527 \times 0.50}$$

$$\mathbf{W = 0.187 \text{ m}}$$

Reemplazando en ECU.1.21; CAP I (pág. 49).

$$Ld = \frac{V_h}{V_d} \times d_d \times f \text{ [m]}$$

$$Ld = \frac{0.8}{0.10} \times 0.20 \times 2$$

$$\mathbf{Ld = 3.2 \text{ m}}$$



El manual de recursos hidroenergéticos nos sugiere tomar a consideración el tanque colector y frecuencia de depósito, mediante evaluaciones periódicas tomadas durante el año se dice que las partículas van a razón de 0.02 kg/m³ verano y 0.09 kg/m³ hasta 0.35kg/m³ en la estación invernal. Desarrollando el término matemático de la ECU.1.23 y parámetros de material de la tabla 1.16 del CAP I, (pág.50).

$$\text{Cubicaje de Sedimento} = Q \times T \times S \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$$

$$C_{S_{\text{verano}}} = 0.08 \times 3600 \times 24 \times 7 \times 0.02$$

$$C_S = 968 \text{ [kg] x mes en verano.}$$

$$C_{S_{\text{invierno}}} = 0.08 \times 3600 \times 24 \times 7 \times 0.35$$

$$C_S = 16934 \text{ [kg] x mes}$$

$$\text{Volumen del sedimento} = 0.40 \text{ m}^3.$$

$$\text{Densidad de la Arena en verano} = 2420 \text{ kg/ m}^3.$$

$$\text{Densidad de la Arena en invierno} = 42335 \text{ kg/ m}^3.$$

$$\text{Capacidad requerida por el desarenador} 1.5 \text{ m}^3$$

$$d_r = \frac{\text{Capacidad del Tanque}}{W \times L_d} \text{ [m]}$$

ECU.3.10.

d_r = Zona de Recolección.

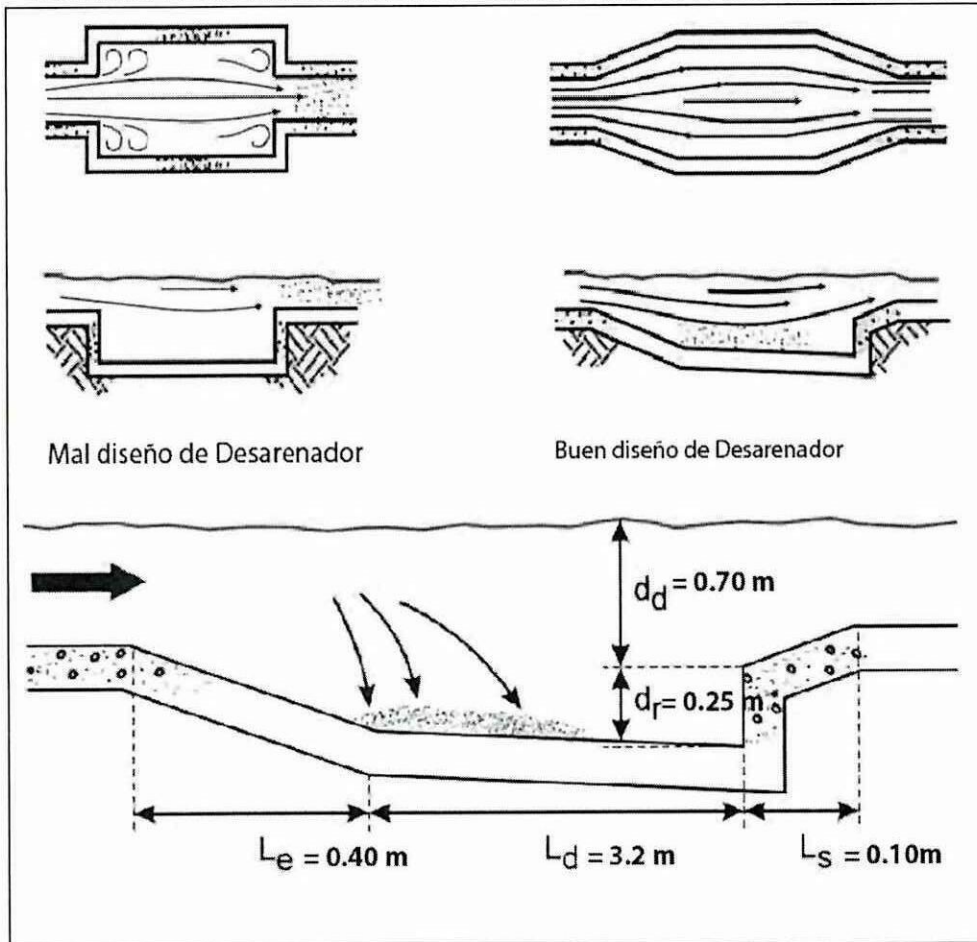
W = Ancho del desarenador.

L_d = Decantación.

$$d_r = \frac{1.5}{1.87 \times 3.2}$$

$$d_r = 0.25 \text{ m}$$

FIGURA N°3.6. CRITERIOS DE DISEÑO DE UN DESARENADOR.



Fuente: DÁVILA, C.; VILAR, D.; & Otros, 2010. (p. 84)
 Elaborado por: Pila Edison, Franklin Toapanta.

3.5.4. Tubería de Presión.

En el CAP I se hablan de las propiedades de tubería mencionando algunos materiales y constituciones que se deberán elegir de acuerdo a sus condiciones geográficas, sus ventajas y desventajas, las mismas que están graficadas en la tabla 1.18 (pág. 57). Uno de los factores mencionados como es la cavitación pérdidas por fuga entre otras es motivo de estudio. Como motivo para el cálculo de pérdidas por fricción tenemos los siguientes datos:

Caída bruta = 35 m.

Caudal (Q) = 0.08 m³/seg.

Tubería Usada =Polietileno de Alta densidad.

Diámetro de tubería =4 pulg (75 mm)

WARD Smith & Otros, 2011, dicen La viscosidad es la oposición de un fluido a las deformaciones tangenciales, es debida a las fuerzas de cohesión moleculares. Todos los fluidos conocidos presentan algo de viscosidad. Un fluido que no tiene viscosidad se llama fluido ideal. La viscosidad solo se manifiesta en líquidos en movimiento, se ha definido la viscosidad como la relación existente entre el esfuerzo cortante y el gradiente de velocidad. Esta viscosidad recibe el nombre de viscosidad absoluta o viscosidad dinámica. Generalmente se representa por la letra griega μ . Se conoce también otra viscosidad, denominada viscosidad cinemática, y se representa por ν . (pág.158)

Tomando conceptos de los investigadores, con respecto al fenómeno denominado viscosidad, efecto que produce deformaciones tangenciales, es decir el desplazamiento del agua en la tubería se verá sujeta a oposición de acuerdo a parámetros viscosos del líquido que por ella circula; dicho parámetro se deriva en la siguiente expresión.

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} = \left[\frac{Nxs}{m^2} \right] \quad \text{ECU.3.11.}$$

Dónde:

ν = Viscosidad.

μ = Viscosidad dinámica.

ρ = Densidad del Agua 1.000kg/m³.

TABLA N°3.3. PROPIEDADES DEL AGUA DE ACUERDO A LA TEMPERATURA.

Temperatura (°C)	Peso específico (kN/m ³)	Densidad (kg/m ³)	Módulo de elasticidad (kN/m ²)	Viscosidad dinámica (N·s/m ²)	Viscosidad cinemática (m ² /s)	Tensión superficial (N/m)	Presión de vapor (kN/m ²)
0	9,805	999,8	1,98 · 10 ⁶	1,781 · 10 ⁻³	1,785 · 10 ⁻⁶	0,0765	0,61
5	9,807	1000,0	2,05 · 10 ⁶	1,518 · 10 ⁻³	1,519 · 10 ⁻⁶	0,0749	0,87
10	9,804	999,7	2,10 · 10 ⁶	1,307 · 10 ⁻³	1,306 · 10 ⁻⁶	0,0742	1,23
15	9,798	999,1	2,15 · 10 ⁶	1,139 · 10 ⁻³	1,139 · 10 ⁻⁶	0,0735	1,70
20	9,789	998,2	2,17 · 10 ⁶	1,102 · 10 ⁻³	1,003 · 10 ⁻⁶	0,0728	2,34
25	9,777	997,0	2,22 · 10 ⁶	0,890 · 10 ⁻³	0,893 · 10 ⁻⁶	0,0720	3,17
30	9,764	995,7	2,25 · 10 ⁶	0,708 · 10 ⁻³	0,800 · 10 ⁻⁶	0,0712	4,24
40	9,730	992,2	2,28 · 10 ⁶	0,653 · 10 ⁻³	0,658 · 10 ⁻⁶	0,0696	7,38
50	9,689	988,0	2,29 · 10 ⁶	0,547 · 10 ⁻³	0,553 · 10 ⁻⁶	0,0679	12,33
60	9,642	983,2	2,28 · 10 ⁶	0,466 · 10 ⁻³	0,474 · 10 ⁻⁶	0,0662	19,92
70	9,589	977,8	2,25 · 10 ⁶	0,404 · 10 ⁻³	0,413 · 10 ⁻⁶	0,0644	31,16
80	9,530	971,8	2,20 · 10 ⁶	0,354 · 10 ⁻³	0,364 · 10 ⁻⁶	0,0626	47,34
90	9,466	965,3	2,14 · 10 ⁶	0,315 · 10 ⁻³	0,326 · 10 ⁻⁶	0,0608	70,10
100	9,399	958,4	2,07 · 10 ⁶	0,282 · 10 ⁻³	0,294 · 10 ⁻⁶	0,0589	101,33

Fuente: METCALF & EDDY, INC., 1995
 Elaborado por: Pila Edición, Franklin Toapanta.

Tomando datos de la Tabla 3.3 con una temperatura de 5°C y reemplazando en ECU 3.11, tenemos:

$$v = \frac{1.518 \times 10^{-3}}{1.000}$$

$$v = 1.518^{-5}$$

Se aplicó teorema de Reynolds propiedad y fórmula que se encuentran en el CAP I, ECU.1.24., (pág.0.56).

$$Re = \frac{\rho \times v \times D}{\mu} = \frac{v \times D}{\nu}$$

$$Re = \frac{18.20m/seg \times 0.101m}{1.518^{-5}}$$

$$Re = 1.210 \times 10^{-4}$$

Se determinó la rugosidad (e), Tabla 1.18 (pág.57), y tomamos como dato tubería de polietileno, después nos ubicamos en el Diagrama de Moody Figura 1.19 (pág. 59) y tabulamos valores Re que está en la parte inferior de la tabla y Rr denominada Aspereza relativa al lado derecho.

$$\text{Aspereza Relativa } [R_r] = \frac{e}{D [mm]} \quad \text{ECU.3.12.}$$

$$R_r = \frac{0.003}{101.60}$$

$$R_r = 2.9527 \times 10^{-5}$$

Conseguimos el factor (f) haciendo la relación entre fricción de 0.06 que quiere decir que estamos en la curva de tuberías lisas en flujo laminar.

$$\text{Moody factor } (f) = 0.06 \text{ Flujo Laminar.}$$



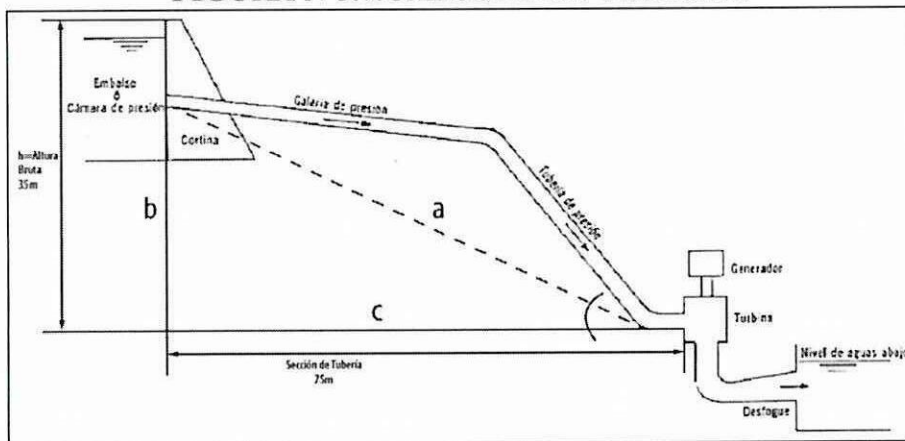
El análisis de fricción es baja, los textos dicen que la fricción es alta en paredes irregulares y en longitudes pasadas de los 100m; en nuestro proyecto se implementara una tubería lisa de polietileno reforzado con longitud de 75m sin uniones ni codos que produzcan turbulencia, dando como resultado un flujo laminar disminuyendo a los fenómenos cavitatorios.

3.5.4.1. Longitud, Caída Libre.

Longitud de Tubería = 75 m. 4" (101.60mm)

Densidad específica del Agua= 1000 kg/m³

FIGURA N°3.7. CÁLCULO DE TUBERÍA.



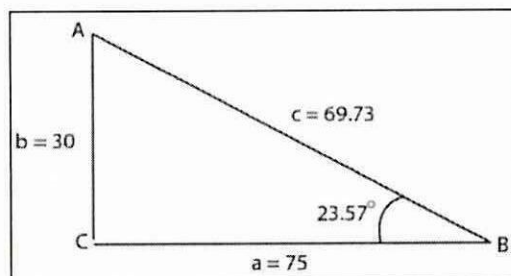
Fuente: Los Autores.

Elaborado por: Pila Edison, Franklin Toapanta.

$$\text{Teorema de Pitagoras} = a^2 + b^2 = c^2$$

ECU.3.13.

$$c^2 = a^2 - b^2$$



$$c = \sqrt{(75)^2 - (30)^2}$$

$$c = 68.73$$

$$\text{Sen } B = \frac{b}{a}$$

$$\text{Sen } B = \frac{30}{75}$$

$$B = \sin^{-1}(0.33)$$

$$B = 23.57^\circ$$

3.5.4.1.1. Masa y Volumen del Fluido.

$$\rho = \frac{m}{v}$$

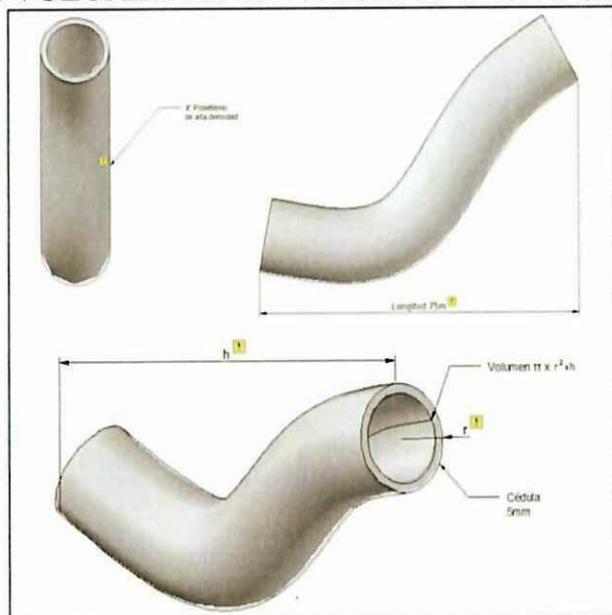
ECU.3.14.

$\rho = \text{Densidad kg/m}^3$

$m = \text{Masa kg.}$

$v = \text{volumen m}^3$

FIGURA N°3.8 VOLUMEN DE UN CILINDRO PARA TUBERÍA 4 PULG.



Fuente: Los Autores.

Elaborado por: Pila Edición, Franklin Toapanta.

$$\text{Volumen de un cilindro } [v] = \pi \times r^2(\text{metros}) \times h(\text{metros}) [m^3] \quad \text{ECU.3.15.}$$

$$v = 3.1416 \times (0.0508)^2 \times 35$$

$$v = 0.283 \text{ m}^3$$

Reemplazando en ECU 3.15 en ECU 3.14 tenemos.

$$m = \rho \times v$$

$$m = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 0.283 \text{ m}^3$$

$$m = 283 \text{ kg}$$

Dado que la fuerza potencial y cinética actúa dentro de nuestro sistema de tubería forzada las desarrollamos:

$$\text{Energía Potencial } [Ep] = m \times g \times h \quad \text{ECU.3.16.}$$

$$Ep = 283 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m/seg} \times 35\text{m}$$

$$Ep = 97069 \text{ [N.m]}$$

$$\text{Energía Cinética } [Ec] = \frac{1}{2} m \times v^2 \quad \text{ECU.3.17.}$$

$$Ec = \frac{m \times v^2}{2}$$

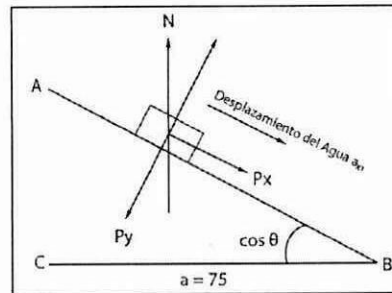
$$v^2 = \frac{Ec \times 2}{m}$$

$$v = \sqrt{\frac{2Ec}{m}}$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \times 97069 \text{ [N.m]}}{283 \text{ kg}}}$$

$$v = 26.19 \text{ m/seg}$$

3.5.4.1.2. Cálculo de Caída Libre.



$$\text{Sumatoria de Fuerzas } [\sum f_x] = m \times a_1$$

ECU.3.18.

$$\cos \theta = \frac{P_{x1}}{m \times g}$$

$$\cos B = 0.9165$$

$$P_{x1} = 0.9165 \times m \times g$$

$$P_{x1} = m \times a_1$$

$$a_{x1} = \frac{P_{x1}}{m}$$

$$a_{x1} = \frac{0.9165 \times m \times g}{m}$$

$$a_{x1} = 0.9165 \times 9.8 \text{ m/seg}$$

$$a_{x1} = 8.89 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

$$\text{Velocidad Final } [V_f^2] = V_{0x}^2 + 2a_{x1} \times \Delta x$$

ECU.3.19.

$$V_f^2 = 2a_{x1} \times \Delta x$$

$$V_f^2 = 2(8.89) \times 35$$

$$V_f^2 = 17.78 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

$$V_f^2 = 65 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

En la cota de la tobera bajo los parámetros calculados tendremos esta velocidad en el punto final de la tubería y en el punto inicial de los álabes de la turbina.

3.6. Turbina.

3.6.1. Velocidad Específica.

Obtenida de la ECU 1.5 (pág.20) para el sistema métrico de unidades bajo las variables de velocidad potencia y altura, desarrollamos:

$$n_s = \frac{N P^{\frac{1}{2}}}{H^{\frac{5}{4}}} = \frac{\text{rpm} (CV)^{\frac{1}{2}}}{(m)^{\frac{5}{4}}} \text{ Para turbinas en el sistema métrico}$$

$$n_s = \frac{900 \text{ rpm} \times (2.46 \text{ CV})^{\frac{1}{2}}}{(35)^{\frac{5}{4}}}$$

$$n_s = \frac{900 \text{ rpm} \times \sqrt[2]{2.46}}{\sqrt[4]{35^3}}$$

$$n_s = \frac{900 \text{ rpm} \times 1.568}{14.39}$$

$$n_s = 98$$

3.6.2. Turbinas Michell Banki.

3.6.2.1. Distribuidor.

Tomamos como referencia la ECU 1.8. (pág. 27), y desarrollamos tomando las longitudes de diámetro exterior y altura.

$$B = \frac{0.96 Q}{De \sqrt{H}}$$

$$B = \frac{0.96 \times 0.08}{0.200 \sqrt{35}}$$

$$B = \frac{0.077}{1.182}$$

$$B = 0.07 \text{ m} \approx 70 \text{ mm}$$

3.6.2.2. Rodete.

El diámetro del rodete ya viene estandarizado, según sea el caso de caudal y de altura; a medida que se requiera mayor velocidad pero menor fuerza el rodete disminuye su diámetro pero el número de álabes se mantiene; no obstante si se requiere fuerza mas no velocidad el rodete aumenta su ancho y diámetro profundizando los alabes y disminuyendo su número.

Para definir la geometría del rodete aplicamos las ECU 1.18. (pág. 41) fórmula proporcionada por el manual de estandarización OLADE.

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

Para desarrollarla es necesario conocer los siguientes parámetros de estandarización:

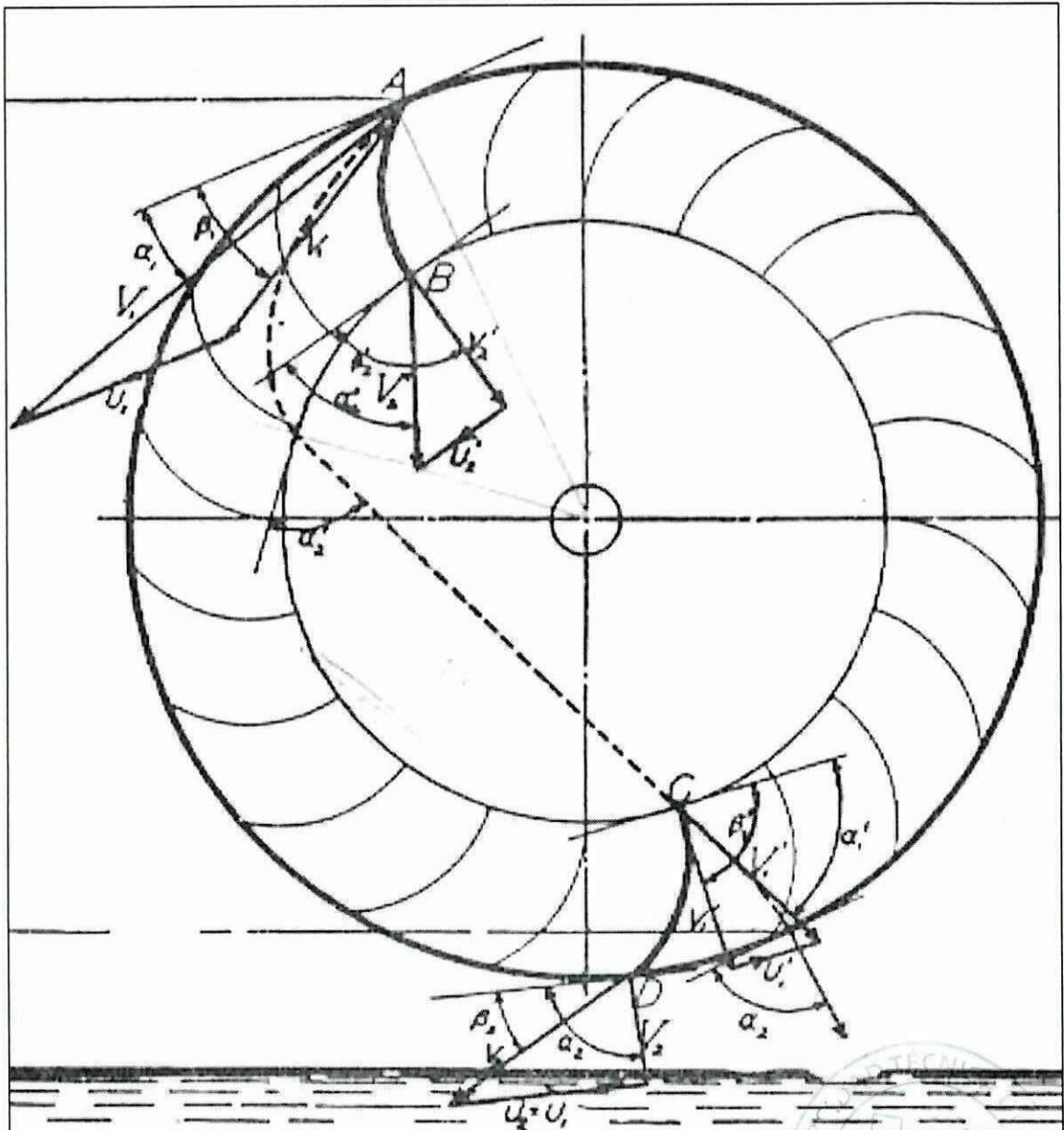
La Velocidad a la Salida del Inyector. Expresada considerando que el factor posee valores comprendidos entre 0.97 y 0.98.

Velocidad de salida del agua del Inyector $[C_i] = K_c \sqrt{2 g H}$ ECU.3.20.

$$C_i = 0.97 \sqrt{2 \times (9.8) \times 35}$$

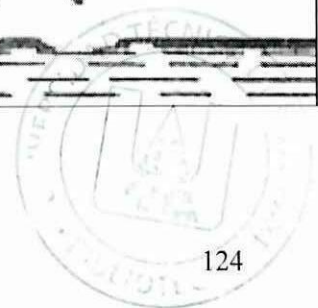
$$C_i = 25.4 \text{ m/seg}$$

FIGURA N°3.9. VECTORES DE VELOCIDAD DE UNA TURBINA TIPO MICHELL – BANKI.



Fuente: MOCKMORE C.A., & MERRYFIELD F., 1949 (p.6)

Elaborado por: Pila Edisón, Franklin Toapanta.



La velocidad de diseño calculada anteriormente mediante caída libre:

$$\text{Velocidad de salida del agua del Inyector } [Ci] = Vf = 17.78 \frac{m}{seg}$$

La Velocidad del Agua a la Salida del Inyector. Es igual a la velocidad de ingreso del agua al rodete. Esta sección del chorro de agua se orienta hacia el rodete con un ángulo α_1 de 15° a 16° , por lo que se concreta que la velocidad de la partícula del agua:

$$Ci = C2$$

Fórmula de la velocidad en turbinas de acción

$$U_2 = Ku \times C2 \times \cos \alpha_1$$

ECU.3.21.

Dónde:

Ku es un coeficiente de velocidad tangencial y tiene un valor de 0.5, reemplazando en ECU.3.21.

C₂ = Velocidad Final expresada en la ECU. 3.19.

$$U_2 = 0.5 \times 17.78 \times \cos 15^\circ$$

$$U_2 = 8.58 \text{ m/seg}$$

Velocidad Relativa. Expresada por la letra W_2 se desarrolla con la siguiente ecuación:

$$\text{Velocidad Relativa } [W_2] = C_2 \sqrt{1 - Ku(2 - Ku)\cos^2 \alpha_1}$$

ECU.3.22.

$$W_2 = 17.78 \sqrt{1 - 0.5(2 - 0.5)\cos^2 \alpha_1}$$

$$W_2 = 17.78 \sqrt{2.5}$$

$$W_2 = 28.09 \text{ m/seg}$$

Y con el Ángulo β_2 . Condicionalmente se trata de una turbina de dos etapas es decir que el agua choca al entrar y al salir se concluye las etapas intermedias serán iguales a la etapa de entrada y salida.

$$U_1 = U_2$$

$U_1 =$ Vector de desplazamiento del agua en su etapa 1

$U_2 =$ Vector de desplazamiento del agua en su etapa 2

$$C_1 = C_2$$

$C_1 =$ Velocidad con la que sale el agua del rodete

$C_2 =$ Velocidad con la que entra el agua al rodete.

$$\alpha_1 = \alpha_2$$

$\alpha_1 =$ Angulo de las palas en la primera etapa 16° .

$\alpha_2 =$ Angulo de las palas en la segunda etapa 16° .

$$\beta_1 = 180 - \beta_2$$

$$\beta_1 = \beta_2 = 90^\circ$$

Reemplazando valores:

$$U_1 = U_2 = 0.5 \times 17.78 \frac{m}{s^2} \times \cos 15^\circ$$

$$U_2 = 8.58 \text{ m/s}$$

$$\beta_1 = 180 - \beta_2$$

$$\beta_2 = \text{arc Sen} \left[\frac{\text{Sen } \alpha_1}{(1 - Ku (2 - Ku) \text{Cos}^2 \alpha_2)^{1/2}} \right] \quad \text{ECU.3.23.}$$

$$\beta_2 = \text{arc Sen} \left[\frac{\text{Sen } \alpha_1}{\sqrt{1 - Ku(2 - Ku)\text{Cos}^2 \alpha_2}} \right]$$

$$\beta_2 = \text{arc Sen} \left[\frac{\text{Sen } 15^\circ}{(1 - 0.5(2 - 0.5)\text{Cos}^2 16)^{1/2}} \right]$$

$$\beta_2 = \text{arc Sen} \left[\frac{0.25}{0.69} \right]$$

$$\beta_2 = 21.24^\circ$$

Velocidad Relativa. Bajo estudios de Michell y constantes atribuidas a Banki el valor del coeficiente Kf es el coeficiente de velocidad relativa que expresa la perdida de fricción del agua con los álabes del rodete, y su valor puede aproximarse a 0.98.:

$$W_3 = Kf W_2$$

ECU.3.24.

$W_3 =$ Velocidad Relativa en la segunda etapa de la turbina

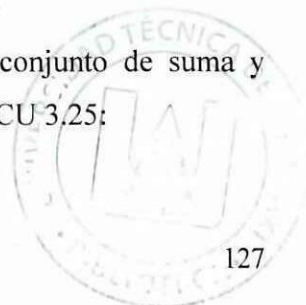
$Kf =$ coeficiente de velocidad relativa 0.98.

$W_2 =$ Velocidad Relativa en la primera etapa de la turbina

$$W_3 = 0.98 \times 28.09$$

$$W_3 = 27.52 \frac{m}{seg}$$

Velocidad Absoluta. El agua a la salida del rodete, es un conjunto de suma y multiplicación de las ecuaciones antes calculadas, así tenemos ECU 3.25:



$$C_A = C_2 \sqrt{Kf^2(1 - Ku(2 - Ku)\cos^2\alpha_2) + Ku^2\cos^2\alpha_2 - 2Kf\cos^2\alpha_2(1 - Ku)Ku} \quad \text{ECU.3.25.}$$

Reemplazando valores:

$$C_A = 17.78 \sqrt{(0.98)^2(1 - 0.5(2 - 0.5)\cos^2 15^\circ) + (0.5)^2\cos^2 15^\circ - 2 \cdot 0.98 \cos^2 15^\circ(1 - 0.5)0.5}$$

$$C_A = 17.78 \frac{m}{s} \sqrt{0.51}$$

$$C_A = 12.69 \text{ m/s}$$

De esta forma reemplazamos valores en ECU 1.18 (pág. 41) para obtener a manera de cálculo el diámetro externo e interno y sustentar las tablas de cálculo:

$$\frac{Di}{De} = \sqrt{\frac{(2 \times 0.5 \cos^2 16 - 1) + (1 - 4 \cos^2 16 (1 - 0.5) \times 0.5)}{2 (0.5)^2 \cos^2 16}}$$

$$\frac{Di}{De} = \sqrt{\frac{(2 \times 0.5 \times (2 \cos 16)^{2-1} - 1) + (1 - 4 \times (2 \cos 16)^{2-1} (1 - 0.5) \times 0.5)}{2 (0.5)^2 \times (2 \cos 16)^{2-1}}}$$

$$\frac{Di}{De} = \sqrt{\frac{(0.92) + (-0.69)}{0.46}}$$

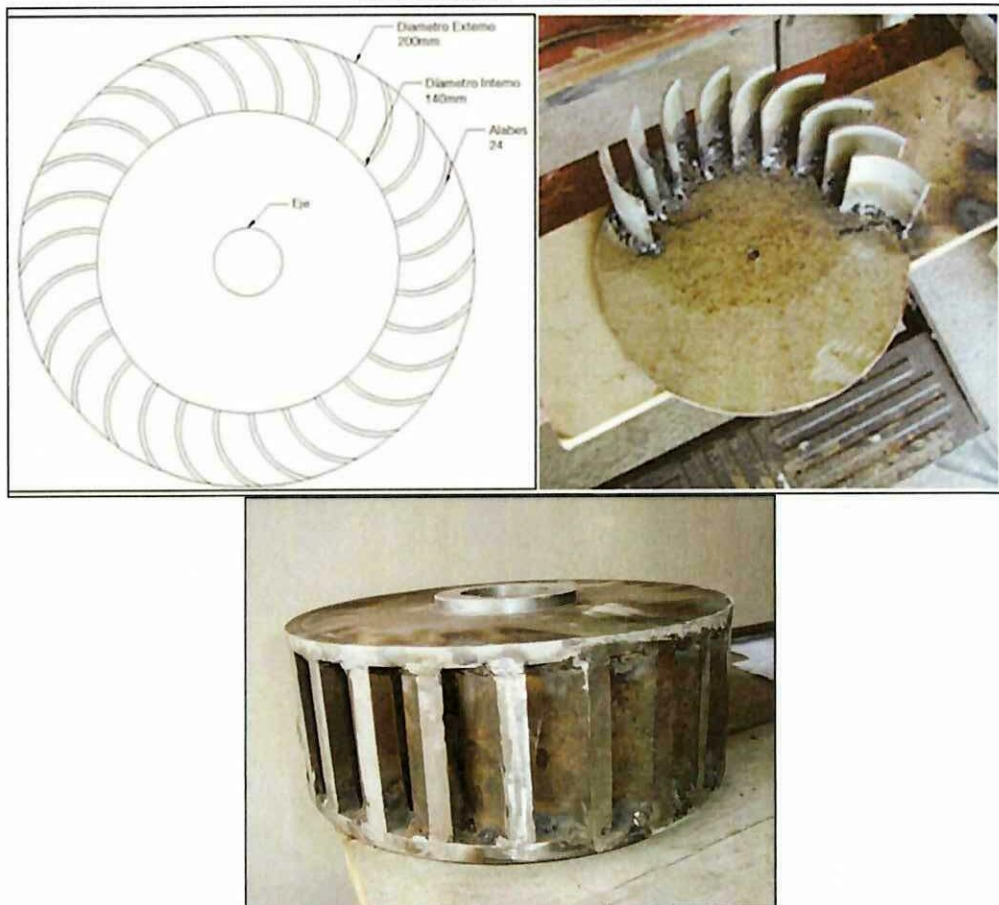
$$\frac{Di}{De} = 0.0707m$$

$$Di = 0.200 \times 0.0707m$$

$$Di = 0.014 \text{ m} \approx 14\text{mm}$$

Es así que el diámetro interno es decir el límite inferior del alabe debe tener un diámetro de 14mm, que hay que tomar en cuenta al momento de seccionar, soldar y montar cada uno de los 24 álabes.

FIGURA N°3.10. DIAGRAMA ESTRUCTURAL DE TURBINA TIPO MICHELL – BANKI.



Fuente: Grupo Investigador
Elaborado por: Pila Edisón, Franklin Toapanta.

En nuestro caso condicionalmente contamos con un vasto caudal y una altura considerable, podemos obtener fuerza y velocidad, pero cabe comentar que dadas las circunstancias vamos a utilizar un generador síncrono de 3600 rpm (revoluciones por minuto) a una potencia de 3.5Kw, lo cual es una alta revolución con una mediana

potencia; es decir el rodete altamente veloz y medianamente fuerte, es así que este se constituirá de un diámetro obtenido de la Tabla 1.1. (pág.28), y su ancho lo vamos a tomar de acuerdo al distribuidor sabiendo q su entrada será de 4"; los textos dicen que una manera de estimar el ancho de rodete es sobredimensionar el 50% más del ancho del inyector así tenemos ECU 1.7. (pág.27).

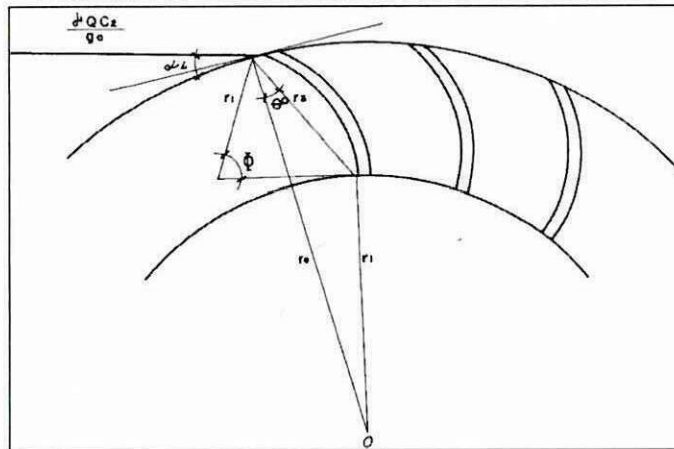
$$B = 70 \text{ mm} + 0.50$$

$$B = 105 \text{ mm}$$

3.6.2.3. Curvatura de los Álabes.

Desarrollamos en ECU 1.9; ECU 1.10:

FIGURA N°3.11. PARÁMETROS DE ÁLABE.



Fuente: OLADE, 1989. (p. 56).

Elaborado por: Pila Edisón, Franklin Toapanta

$$r = \frac{De}{4 \cos \beta'_2} \left| 1 - \left| \frac{Di}{De} \right|^2 \right|$$

$$r = \frac{0.200}{4 \cos 21.24} \left| 1 - \left| \frac{0.1414}{0.200} \right|^2 \right|$$

$$r = 0.0537|1 - |0.707|^2|$$

$$r = 0.0268 \text{ m} \approx 27\text{mm}$$

La curvatura y el espesor de los álabes ira dependiendo la sección de la tubería Tabla N° 1.2. (pág. 28), nos recomienda una sección de tubería de 2"o 2 ½" que se tomara en cuenta para el corte, según estándares los alabes entre punto y punto, deben estar entre los 73 a 75° para obtener la máxima eficiencia.

3.6.2.4. Eje del Rotor.

$$d_{max} = 0,328 D_e$$

$$d_{max} = 0,328 \times 0.200$$

$$d_{max} = 65\text{mm}$$

El texto de estandarización nos da una estimación; ECU 1.11, (29) del diámetro máximo que puede tener el eje.

3.7. Parámetros del Generador.

Disponemos de la velocidad de sincronismo aplicando la ECU. 1.25 (pág.61) desarrollamos:

3.7.1. Velocidad de Sincronismo.

$$rpm = \frac{120 \times f}{p}$$

$$rpm = \frac{120 \times 60}{2}$$

$$rpm = 3600$$

3.7.2. Relación de Transmisión Generador Turbina.

$$Pm = \frac{N \times T}{5252}$$

$$n = \frac{\omega_1}{\omega_2} = D_1/2$$

ECU.3.26.

$$n = \frac{3600}{900} = D_2/D_1$$

$$n = 4$$

La relación de transmisión es de aumento como claramente se lo ve en el resultado es de 1/4 es decir mientras que la conductora da una vuelta la conducida dará cuatro respectivamente.

CASTROMONTE Eustebio, (1995), indica en su artículo de “Criterios para el dimensionamiento de sistemas de transmisión” que el diámetro mínimo debe ser de 3 pulg, para una polea de sección A, montada en motores y generadores, en este caso utilizaremos un diámetro dicho diámetro para la polea conducida, dado que tenemos los parámetros deducimos la siguiente igualación de términos para suprimir la incertidumbre.

$$\omega_1 \times D_1 = \omega_2 \times D_2$$

ECU.3.27.

D_1 = *Díámetro de polea Conductora, Turbina*

v_1 = *Velocidad Angular de la Conductora Turbina 900rpm*

D_2 = *Díámetro de polea Conducida, Generador.*

v_2 = *Velocidad Angular de la Conducida 3600rpm*

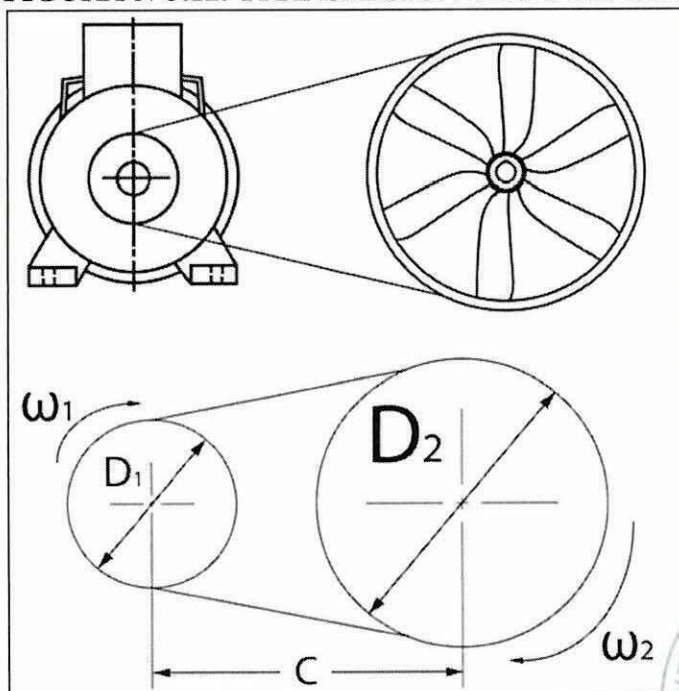
Reemplazamos para en D_1 .

$$D_1 = \frac{\omega_2 \times \phi_2}{\omega_1}$$

$$D_1 = \frac{3600 \times 3 \text{ pulg}}{900}$$

$$D_1 = 12 \text{ pulg}$$

FIGURA N°3.12. TRANSMISIÓN DE POTENCIA.



Fuente: Grupo Investigador.

Elaborado por: Pila Edison, Franklin Toapanta.



Comprobando mediante ecuación de relación de transmisión.

$$n = \frac{12}{3}$$

$$n = 4$$

Distancia entre centros:

$$C = \frac{(D_1 + 3D_2)}{2} \quad \text{ECU.3.28.}$$
$$C = \frac{(12 + 3(3))}{2}$$

$$C = 11 \text{ pulg.}$$

La Longitud de banda viene expresada por:

$$L = \frac{2C + \pi(D + d)}{2} + \frac{(D - d)^2}{4C} \quad \text{ECU.3.29.}$$

$$L = \frac{2(11) + \pi(12 + 3)}{2} + \frac{(12 - 3)^2}{4(11)}$$

$$L = \frac{22 + 47}{2} + 1.84$$

$$L = 36.34 \text{ pulg}$$

La Tabla. 3.4. (pág.135), estandariza numeraciones de bandas tomando en cuenta que el sistema de transmisión se lo acopla con una longitud variable conocida como longitud de temple, para lo cual tabulamos valores de tabla y los que más se asemejan son A35 y A38 respectivamente; aunque para el diseño se selecciona el inmediato superior es decir A38 respectivamente:

Distancia entre centros corregida:

$$C_{\text{corregida}} = C + \frac{(A38 - L)}{2} \quad \text{ECU.3.30.}$$

$$C_{\text{corregida}} = 11 + \frac{39.3 - 36.34}{2}$$

$$C_{\text{corregida}} = 11 + 1.48$$

$$C_{\text{corregida}} = 12.5$$

TABLA N°3.4. LONGITUDES ESTANDARIZADAS PARA BANDAS DE SECCIÓN TRAPEZOIDAL.

Longitudes normalizadas de correas trapezoidales norteamericanas. Constantes de potencia							
SECCIÓN A		SECCIÓN B		SECCIÓN C		SECCIÓN D	
D min = 3 pulg (7,62 cm)		D min = 5,4 pulg (13,71 cm)		D min = 9 pulg (22,86 cm)		D min = 13 pulg (33 cm)	
Correa núm.	Longitud primitiva pulg (cm)	Correa núm.	Longitud primitiva pulg (cm)	Correa núm.	Longitud primitiva pulg (cm)	Correa núm.	Longitud primitiva pulg (cm)
A26	27,3 (69,3)	B35	36,8 (93,4)	C51	53,9 (136,9)	D120	123,3 (313,1)
A31	32,3 (82,0)	B38	39,8 (101,1)	C60	62,9 (159)	D128	131,3 (333,5)
A35	36,3 (92,2)	B42	43,8 (111,2)	C68	70,9 (180)	D144	147,3 (374,1)
A38	39,3 (99,8)	B46	47,8 (121,4)	C75	77,9 (197,8)	D158	161,3 (409,7)
A42	43,3 (109,9)	B51	52,8 (134,1)	C81	83,9 (213,1)	D173	176,3 (447,8)
A46	47,3 (120,1)	B55	56,8 (144,2)	C85	87,9 (223,2)	D180	183,3 (465,5)
A51	52,3 (132,8)	B60	61,8 (156,9)	C90	92,9 (235,9)	D195	198,3 (503,6)
A55	56,3 (143,0)	B68	69,8 (177,2)	C96	98,9 (251,2)	D210	213,3 (541,7)
A60	61,3 (155,7)	B75	76,8 (195,0)	C105	107,9 (274,0)	D240	240,8 (611,6)
A68	69,3 (176,0)	B81	82,8 (210,3)	C112	114,9 (291)	D270	270,8 (687,8)
A75	76,3 (193,0)	B85	86,8 (220,4)	C120	122,9 (312,1)	D300	300,8 (764,0)
A80	81,3 (206,5)	B90	91,8 (233,1)	C128	130,9 (332,4)	D330	330,8 (840,2)
A85	86,3 (219,2)	B97	98,8 (250,9)	C144	146,9 (373,1)	D360	360,8 (916,4)
A90	91,3 (231,9)	B105	106,8 (271,2)	C158	160,9 (408,6)	D390	390,8 (992,6)
A96	97,3 (247,1)	B112	113,8 (289,0)	C173	175,9 (446,7)	D420	420,8 (1068,8)
A105	106,3 (270,0)	B120	121,8 (308,3)	C180	182,9 (464,5)	D480	480,8 (1221,2)
A112	113,3 (287,7)	B128	129,8 (329,6)	C195	197,9 (502,6)	D540	540,8 (1373,6)
A120	121,3 (308,1)	B144	145,8 (370,3)	C210	212,9 (540,7)	D600	600,8 (1526,0)
A128	129,3 (328,4)	B158	159,8 (405,8)	C240	240,9 (611,8)	D660	660,8 (1672,4)
		B173	174,8 (444,0)	C270	270,9 (688,0)		

Fuente: CASTROMONTE Eusebio, 1995, (p.173)

Elaborado por: Pila Edisón, Franklin Toapanta.

3.7.3. Potencia Mecánica.

Para determinar la potencia mecánica que el eje de la turbina entrega al sistema debemos tomar como referencia el dato del motor de combustión del generador a ignición y de la misma forma debemos asumir la velocidad de rotación de la turbina en rpm (revoluciones por minuto) reemplazamos en ECU.1.27. (pág. 64)

Datos:

Potencia del Motor de combustión = 6.5 Hp.

Velocidad de la Turbina= 900rpm.

Velocidad del Generador=3600rpm

$$P_m = \frac{N \times T}{5252}$$
$$T = \frac{6.5 \times 5252}{900}$$
$$\mathbf{T_{turbina} = 38 \text{ kg.m}}$$

Con este resultado podemos decir que nuestro sistema de transmisión de potencia será por medio de bandas trapezoidales con una eficiencia del 96%, según textos, la relación de transmisión es de ¼ (aumento); el torque del eje conductor es de 35kg.m y para determinar el torque de la conducida o del eje del generador se tiene:

$$T_2 = T_1 \times i \times \eta$$

Dónde:

$T_2 =$ Torque de la polea conducida (generador).

$T_1 =$ Torque de la polea conductora (turbina)

$i =$ relación de transmisión.

$\eta =$ Eficiencia del sistema de transmisión de potencia.

Remplazando:

$$T_2 = 38 \text{ kg. m} \times 0.25 \times 0.96$$

$$T_{\text{generador}} = 9.12 \text{ kg. m}$$

Con los resultados arrojados se realiza a determinar si el torque junto a la velocidad de la turbina es capaz de garantizar la potencia necesaria en cuanto a potencia conllevando parámetros de voltaje, corriente y velocidad y sobredimensionándolo al 25% más de su capacidad nominal, ya que el generador al rotar bajo carga produce una FEM fuerza electromotriz que se deriva en un frenado dinámico por tal motivo decimos que:

$$Pm = \frac{N_2 \times T_2}{5252}$$

$$Pm = \frac{3600 \times 9.12}{5252}$$

$$Pm = \left(6.25 \text{ Hp} \left| \frac{0.7456 \text{ kW}}{1 \text{ hp}} \right. \right) = 4.66 \text{ kW}$$

Entonces:

$$Pm_{\text{generador bajo carga}} = P_{\text{nominal}} \times 25\%$$

$$Pm_{\text{generador bajo carga}} = 3.5 \text{ kW} \times 25\% = 4.375 \text{ kW} \approx 4.66 \text{ kW}$$



Con tales resultados se comprueba que la potencia generada por la turbina con términos de torque y velocidad nos garantiza el buen funcionamiento del generador sometido al vacío o a carga en su máxima expresión.

3.7.4. Magnitud del Voltaje en Cada Fase.

$$E_{max} = Bm \times l \times W \times r; \text{ Voltios} \quad \text{ECU.3.31.}$$

E_{max} = Voltaje Inducido

B = Densidad de flujo máximo producido por el campo del rotor, expresado en Teslas.

l = Longitud de ambos lados de bobina en el campo magnético en m.

W = Velocidad Angular del Rotor

r = radio de la Armadura en m.

$$E_{max} = B \times l \times W \times r$$

Se obtiene la magnitud del campo magnético *B*, por medio de la ecuación de Tesla:

$$\oint B \cdot dl = \mu_0 \cdot i_{enc} \quad \text{ECU.3.32.}$$

$$B \cdot dl = B \cdot dl \cos 0$$

$$\int B \cdot dl = B \int dl$$

$$\oint B \cdot dl = B \cdot h$$

i_{enc} = corriente dentro del bobinado

$$n = \frac{\text{número de vueltas}}{\text{longitud}}$$

$$i_{enc} = \text{numero de vueltas} \cdot i$$

$$\text{numero de vueltas} = n \cdot l$$

$$l = h$$

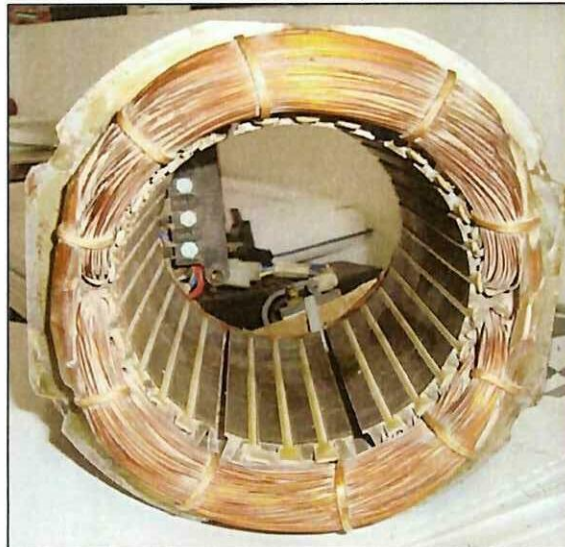
$$\text{numero de vueltas} = n \cdot h$$

$$B = \mu_0 \cdot n \cdot i$$

ECU.3.33.

Entonces se resuelve con los siguientes datos:

FIGURA N°3.13. ESTATOR, MONOFÁSICO.



Fuente: Grupo Investigador.

Elaborado por: Pila Edición, Franklin Toapanta.

$l = 23.25 \text{ cm}$ (Longitud del área de la bobina)

$r = 7 \text{ cm}$ (Radio externo de la Bobina)

$n = 800$ (Número de Vueltas).

$i = 110 \text{ V}, 25 \text{ A}$. (Intensidad).

$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ (Permeabilidad del Vacío).

Aplicando en ECU. 3.31.

$$B = \mu_0 \cdot \frac{n}{l} \cdot i \text{ [Teslas]}$$
$$B = 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{800}{0.232} \cdot 25 \text{ A}$$
$$\mathbf{B = 1.083 T}$$

Reemplazamos en ECU.3.29.:

$$E_{max} = 1.083 \times (0.232 + 0.17) \times \frac{2\pi \times 3600}{60} \times \frac{0.17}{2}$$
$$E_{max} = 1.083 \times (0.232 + 0.17) \times 32.045$$
$$\mathbf{E_{max} = 13.93 V.}$$

3.8. Líneas Eléctricas.

La línea de transmisión que sale de la casa de máquinas hacia la acometida residencial de configuración monofásica, consta con una potencia media de 1250 W de potencia, como dato importante cabe mencionar que la residencia está situada a 700m desde la cota de generación hasta el punto de arremetida, para la implementación hemos planificado adquirir un conductor de cobre por su precio y por su peso.

Como siguiente punto debemos calcular la sección del conductor para que la caída de tensión no llegue a menos de 109.25 V condicionalmente si un equipo

electrodoméstico está sometido a una caída de tensión significativa sufriría una avería.

El generador entrega un voltaje máximo de 115V parámetro considerado para determinar la sección de cable y refiriéndonos a ECU.1.25 (pág. 61), tenemos:

Parámetros.

Material (cobre); Resistividad a 20°C $\rho = 0.01754 \Omega \times \frac{mm^2}{m}$

$$l = 700m$$

$$P = 1250W$$

$$u = 115 - 109.25 V$$

$$U = 120$$

Primero calculamos la caída de tensión absoluta para ello decimos que lo máximo recomendable es de 5 por 100, y tenemos:

$$u = \frac{u\% \times U}{100} = \frac{5 \times 115}{100}$$
$$u = 5.75$$

Resolvemos:

$$S = \frac{2 \times 0.01754 \times 700 \times 1250}{5.75 \times 115} mm^2$$
$$S = \frac{30695}{661.25} mm^2$$
$$S = 46.41 mm^2$$

TABLA N°3.5.CALIBRE DEL CONDUCTOR.

AWG	MCM	Sección Real (mm ²)	mm ²
22	-	0.324	0.5
20	-	0.517	0.75
18	-	0.821	1
16	-	1.31	1.5
14	-	2.08	2.5
12	-	3.31	4
10	-	5.26	6
8	-	8.37	10
6	-	13.3	16
4	-	21.2	25
2	-	33.6	35
1	-	42.4	50
1/0	-	53.3	70
2/0	-	67.4	70
3/0	-	85	95
4/0	-	107.2	120
-	250	126.7	150
-	300	152	170
-	350	177.4	185

Fuente: necesitoprecios.com/2011/10/

Elaborado por: Pila Edisón, Franklin Toapanta.

Con los resultados se determinara el diámetro y el calibre del conductor basándonos en la TABLA 3.5.

$$S = 46.41 \text{ mm}^2$$

$$\text{Sección Real} = 50 \text{ mm}^2$$

$$\text{AWG} = \text{N}^\circ 1$$

Otras conexiones como el tablero de control y el plano eléctrico de la casa están detalladas en los ANEXOS N° 03

3.9. Parámetro de Costos.

Para la ejecución del proyecto se argumentan los costos; que en su mayoría fueron corridos por el grupo investigador y en una mínima parte por el propietario de la Finca "Marielitas" es necesario el dar a conocer que el Sr. Pacheco corresponde a una figura natural de la tercera edad, cuyos recursos económicos son escasos, motivos por los cuales los investigadores corrieron con los gastos en un 98% en insumos, materiales, transporte y mano de obra para que la implementación se cristalice y sea posible la implementación del pico generador hidroeléctrico.

Los beneficiarios, han sido aislados y carecen de energía principalmente por carecer de recursos económicos seguido su difícil acceso y los factores ambientales, motivo por el cual la construcción del sistema se lo hizo con materiales altamente resistentes componentes contruidos de forma local, estos entregan estabilidad al momento de generar energía gracias a la tecnología sencilla que usa. Para el detalle de los insumos, materiales y demás hemos elaborado una tabla como corresponde.

TABLA N°3.6.COSTOS DE CONSTRUCCIÓN.

INSUMOS				
Material	Descripción	Unidades	Precio	Total
Cemento 50kg	quintal	10,00	7,50	75,00
Varilla 8 Andec	quintal	1,00	45,00	45,00
Varilla 10 Andec	quintal	1,00	45,00	45,00
Hojas de Zing Duratecho	4x1,20	8,00	19,00	152,00
Alambre de amarre	lbs	2,00	5,00	10,00
Tacos o Pingos	und	30,00	6,00	180,00
Cable de Acero 5mm	mts	40,00	1,50	60,00
Clavos ½"	lbs	2	5,00	10,00
TOTAL.				577,00

INSUMOS DE CONSTRUCCIÓN HIDRÁULICA				
Tubería de Polietileno de Alta densidad 4"	Rollo 50m	2,00	450,00	900,00
Tubería PVC 4" Plastigama.	Und	10,00	16,00	160,00
Acoples de 4" a 4"	und	4,00	6,60	26,40
Anillos de sujeción de tubería.	Und	18,00	7,00	126,00
Bocatoma y Compuerta.	Und	1,00	150,00	150,00
Pega para Tubería	und	5,00	12,50	62,50
Válvula 4"	und	1,00	240,00	240,00
TOTAL.				1664,90
MANO DE OBRA				
Descripción de Obra	Personal	Días	Precio Unitario	Precio Total
Obra de construcción de Desarenador, bocatoma, Cimentación, Sujeción de Tuberías, Cuarto de Máquinas.	días/albañil	100,00	25,00	2500,00
Instalación postes para líneas eléctricas.	días/albañil	25,00	25,00	625,00
TOTAL				3125,00

**TABLA N°3.7. COSTOS DE INSTALACIÓN.
CONSTRUCCIÓN DE MÁQUINA, ELEMENTOS VARIOS**

Equipo	Unidades	Cantidad	Precio Unitario	Precio total
Turbina Hidroeléctrica con Rodete Tipo Michell Banki.	und	1,00	600,00	600,00
Brida para empinamiento de Válvula a 4"	und	1,00	100,00	100,00
Transmisión de potencia Polea Doble Canal en V Tipo A 12"	und	1,00	45,00	45,00
Transmisión de potencia Polea Doble Canal en V Tipo A 3"	und	1,00	8,00	8,00
Generador 1F 3.5kW	und	1,00	350,00	350,00
Gabinete de 25x15 para cuadro de control	und	1,00	30,00	30,00

Amperímetro A.C. CAMSCO	und	1,00	17,00	17,00
Voltímetro 500V CAMSCO	und	1,00	15,00	15,00
Cable #1	mts	700,00	7,50	625,00
Cable flexible 12	mts	20,00	1,30	26,00
Breaker 15A	und	2,00	15,80	31,60
Luz Piloto Verde	und	1,00	3,20	3,20
Luz Piloto Roja	und	1,00	3,20	3,20
TOTAL				1854,00
GASTOS DE MOVILIZACIÓN				
Movilización Finca “Marielitas” Movilización 2 personas	Carrera	20,00	15,00	300,00
Transporte (cemento, bloque, varilla)	viajes	2,00	120,00	240,00
Transporte Tubería, Bocatoma, Máquina, base.	viajes	1,00	120,00	120,00
TOTAL INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y PICO GENERADOR				660,00
TOTAL PROYECTO				7880,90

Fuente: Los Autores
Elaborado por: Los autores

3.10. Beneficiarios.

3.10.1. Beneficiarios Directos.

Los habitantes de la tercera edad el Sr. Pacheco Recalde Ángel Estuardo, y su esposa; son los principales beneficiarios del proyecto implementativo; además existen habitantes que ocasionalmente están de 2 a 3 días en la finca, que ejercen el trabajo de jornaleros y peones dando como un estimado de 4 a 7 personas, las cuales van a ser los encargados de operar y manejar el equipo eléctrico de generación, con el objeto de tener energía eléctrica las 24 horas o según como lo dispongan. Gracias a la implementación del proyecto, se genera 3.5 kW energía suficiente para satisfacer con las necesidades de los habitantes de la Finca “Marielitas”, el medio de generación es

limpio y renovable condicionalmente sus índices de contaminación son nulos y salvaguardan el entorno y sus ecosistemas.

**FIGURA N°3.14. SR. ANGEL PACHECO,
BENEFICIARIO DEL PROYECTO.**



Fuente: Grupo Investigador.

Elaborado por: Pila Edisón, Franklin Toapanta.

3.10.2. Beneficiarios Indirectos

Pueden definirse como beneficiarios indirectos a todas aquellas personas que habitan a los alrededores y lugares adyacentes a la finca, constituyendo la población rural del sector y en su mayoría realizan actividades relacionadas a la pesca, agricultura, y la elaboración de materias primas para el comercio; tales como son los productos extraídos de la caña, panela y guayusa.

3.11. Aspectos de Mantenimiento.

3.11.1. Tiempo estimado de Duración de Proyecto.

La estimación se la realiza tomando en cuenta parámetros de localización, es decir características del medio ambiente, humedad, partículas, maleza; también se señala que la durabilidad del equipo se puede alargar mediante un plan periódico de mantenimiento. Dentro de los parámetros existentes en materiales mecánicos usados en la turbina, carcasa y base, dado sus constituciones robustas y uso de materiales especiales de alta durabilidad a la corrosión y deformación, se estima una duración de aproximadamente 8 años en estado óptimo. En el ámbito de materiales rodantes acoplados en los ejes y transmisión de potencia, con un mantenimiento apropiado se estiman que duren de 2 a 4 años, antes de ser reemplazados. Con respecto al Generador la parte móvil es decir el rodamiento que constituye un espacio entre la armadura y eje es de alto rendimiento y resistente a cargas axiales lo cual constituye una durabilidad de unos 5 años en condiciones de aislamiento, las bobinas del generador deben estar protegidas de sobre voltajes y su armadura aterrizada a tierra correctamente; las escobillas también conocida como carbones tienen que ser reemplazadas anualmente o según cual sea su tiempo de uso, al reemplazar estos elementos es recomendable limpiar y limar el colector para que sus contactos trabajen de forma óptima. En cuanto la duración de obra civil en hormigón y cimentación en condición de mínima filtración la estructura puede durar hasta 40 años en tubería según como se haga su empotramiento, se sedimente y maneje los desperdicios generados en el desarenador puede operar con eficiencia, es de polipropileno de alta densidad un estimado de 12 a 14 años. Como marco de referencia se elabora un plan de mantenimiento con formatos y formularios que nos permitan realizar una buena práctica de mantenimiento predictivo y correctivo.

3.12. Conclusiones y Recomendaciones.

3.12.1. Conclusiones

- El marco conceptual o teórico define principios, métodos, esquemas de cálculo y comprendidos para el dimensionamiento de elementos mecánicos, hidráulicos y bastimento civil, basados en modelos matemáticos, que aplicados determinan rangos de operación, que en conjunto derriban en un sistema de pico generación.
- Se despliega un comprendido estudio, para cada uno de los elementos que componen la estructura mecánica, haciendo énfasis en la constitución de la turbina tipo Michell- Banki; dimensionándola con parámetros estandarizados y considerados imponderables, alcanzando niveles de eficiencia necesarios para la generación de 3.5 kW, respectivamente
- Se construye una turbina de flujo transversal, dadas las condiciones requeridas y argumentadas en los capítulos de desarrollo, dentro de sus características se determina que su estructura es de alta dureza con propiedades de resistencia a la oxidación, utilizando para sus discos acero Inox 405, con ranuras fresadas para el montaje de alabes seccionados.
- El diseño hidrológico se lo desarrollo, partiendo de apéndices pre-establecidos y métodos de medición que determinan el recurso hídrico que consta de la altura y el caudal del afluente, dimensionando una toma suficientemente resistente para captar 80 lts/seg; constituida con hormigón, seguidamente la tubería de polietileno de alta densidad con ancho de 8mm es capaz de soportar

una presión de 150 psi y tiene una deflexión para su estiraje; de acuerdo a la implementación la tubería solo soportara 50 psi respectivamente.

- Las características de cimentación de la turbina, encontrada dentro del cuarto de máquinas, está constituida por un suelo rocoso, con alteraciones de hormigón altamente resistente a depresiones, con un trazado de canal lo suficientemente basto para el paso del agua turbinada hacia el mismo afluente.
- El cuadro de control está elaborado bajo parámetros de operación con indicadores de voltaje a 500V y 80A, y sus respectivas protecciones de sobre corriente con indicadores tipo luz piloto en color verde y rojo.
- La línea de transmisión se la plegó tomando en cuenta su distancia minimizando efectos de caída de tensión condicionalmente las longitudes entre casa de máquinas y acometida residencial constan de 700m se utilizo un cable AWG 1/0, capaz de minimizar la pérdida de tensión por longitud de segmento.
- Dentro del marco de referencia del sistema se determina que es denominado autosustentable por su fuente de energía del paso del agua, recurso renovable de propiedades naturales, que al ser transportado a un desnivel de 30m, genera una traslación rotacional de turbina conectada a una transmisión de potencia que garantiza las revoluciones necesarias para romper la inercia de giro a 3600 rpm; velocidad que garantiza una frecuencia de 60Hz para el transporte de energía a la Finca.

3.12.2. Recomendaciones

- La toma de datos del recurso hídrico se recomienda hacerlo periódicamente durante todo el año, para sacar un estimado y conocer su comportamiento en las respectivas estaciones, con el fin de garantizar el buen funcionamiento en épocas de sequía.
- La construcción de la turbina es recomendable hacerla en materiales Inoxidables, el lugar donde va a ser implementado tiene un alto porcentaje de humedad que al transcurso del tiempo degenera los elementos del sistema por corrosión e irrigación.
- La bocatoma, desarenador y cámara de carga debe tener una limpieza constante por parte de los habitantes de la finca con el objeto de no obstruirlo con ramas, piedras propias del lugar.
- Es de vital relevancia que los moradores o el encargado del proyecto, realice la actividad de mantenimiento predictivo de piezas; principalmente de aquellas que son rotacionales, tales como los cojinetes y las escobillas con el fin de alargar su vida útil.
- Las líneas de distribución deben estar suspendidas debidamente de tal forma que se evite el contacto con la maleza u objetos que puedan desbastar su aislante para lo cual deberá estar templada, lejos de árboles y ramas que dañen el conductor.



3.13. Bibliografía y Vínculos de Consulta.

3.13.1. Bibliografía Citada.

- CASTROMONTE. Eusebio. “Sistemas de Transmisión de Potencia Mecánica”. *Manual para la evaluación de la demanda, recursos hídricos, diseño e instalación de microcentrales hidroeléctricas*. Lima, 1995. p. 173.
- CASTEJÓN A.; & SANTAMARÍA G. *Tecnología eléctrica Electricidad y electrónica*. “Cables Eléctricos. Cálculo de secciones de conductores” Editorial: Interamericana de España, Editorial McGraw – Hill, 1993. p.422.
- COZ Federico.[ed. trad.]. *Micro Hydro Design Manual* BROWN Andy & HARVEY Adam. “Turbinas Hidráulicas”. *Manual para la evaluación de la demanda, recursos hídricos, diseño e instalación de microcentrales hidroeléctricas*. Lima. 1995. p. 130.
- DÁVILA, C.; VILAR, D.; VILLANUEVA, G.; QUIROZ, L. “Canales y desarenador”. *Manual para la evaluación de la demanda, recursos hídricos, diseño e instalación de microcentrales hidroeléctricas*. Lima: Soluciones Prácticas, 2010. p. 33-83.
- ENRÍQUEZ HARPER Gilberto, *Manual práctico de instalaciones eléctricas*. Editorial Limusa, 2004. p.01-07.
- FERNÁNDEZ D. P. “Clasificación De Las Turbomáquinas Hidráulicas”. *Turbinas Hidráulicas*. p. 04-32,35.

- HERNANDES B. Carlos. OLADE [Manual de Estandarización]. Organización Latinoamericana De energía, *Diseño Estandarización y fabricación de Turbinas Michell – Banki*. p. 25 – 56.
- LINCOLN Taiz, ZEIGER Eduardo, & Otros, “Movimientos”. *Fisiología vegetal*. Universidad Jaume, 2008. p. 765.
- MATAIX C, 1975. “Máquinas de fluido”. *Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas*.p. 37.
- NOVILLO B. M., GALARZA.L., ROMERO. G. “Diseño de Obras Civiles y Tubería de presión”. *Manual de Diseño de Pequeñas centrales Hidroeléctricas*. p. 01, 08.
- POLO ENCINAS M. *Turbomáquinas hidráulicas: principios fundamentales*. Limusa.1980. 3ra Edición.p. 13-35, 36,37.
- RAY K. Linsley & FRANZINI Joseph B. *Recursos Hídricos Ingeniería*. “Energía hidráulica”. p.28-32.
- SANCHEZ T.&VIANI, B, “Evaluación del Recurso Hidroenergético”. *Manual para la evaluación de la demanda, recursos hídricos, diseño e instalación de microcentrales hidroeléctricas*.1995.p. 33-36.
- SEGURA J. & RODRÍGUEZ L., “Obras Civiles”. *Manual para la evaluación de la demanda, recursos hídricos, diseño e instalación de microcentrales hidroeléctricas*. Lima: Soluciones Prácticas, 1995. p. 53-94.
- SHIIGLEY E., UICKER. J., “Geometría del Movimiento”. *Teoría de máquinas y mecanismos*. México: Litográfica Ingramex, 2001. p. 08-21.

3.13.2. Bibliografía Consultada.

- CASTEJÓN A.; & SANTAMARÍA G. *Tecnología eléctrica Electricidad y electrónica*. Editorial: Interamericana de España, Editorial McGraw Hill. 548p ISBN: 8448100786.
- COZ F, SANCHEZ, VIANI T, SEGURA J, RODRIGUEZ L, CASTROMONTE E. & Otros, 1995. *Manual de mini y microcentrales Hidráulicas*. Lima, ITDG. 284p ISBN: 1853392782.
- DÁVILA, C.; VILAR, D.; SANCHEZ T.; VIANI, B.; SEGURA J.; RODRÍGUEZ L.; & Otros. *Manual para la evaluación de la demanda de recursos hídricos; diseño e instalación de Microcentrales Hidroeléctricas*. Lima: Soluciones Prácticas. 2010. 200p. ISBN: 978-9972-47-210-5.
- ENRÍQUEZ HARPER Gilberto. *El libro práctico de los generadores, transformadores y motores eléctricos*. México. Editorial Limusa. 2004. 252p. ISBN: 968186445.
- FERNÁNDEZ D. P. *Turbinas Hidráulicas*. Departamento De Ingeniería Eléctrica Y Energética. Universidad De Cantabria. 148p.
- HERNANDEZ B. Carlos, 1989. OLADE, *Organización Latinoamericana De energía), Diseño Estandarización y fabricación de Turbinas (Michell – Banki)*. VOL.1. Programa Latinoamericano de cooperación energética. 114p.
- LINCOLN Taiz.; ZEIGER Eduardo.; MÖLLER Ian M.; & MURPHY Angus. "Biología Vegetal". *Fisiología y Desarrollo Vegetal*. [edit. .lit]. Sexta. Derechos de Autor, 2015. p.761. ISBN: 978-1-60535-255-8.

- MASSEY, B. S & WARD-SMITH A. J, 2011. *Mechanics of Fluids* (Ninth edition). London; New York: Spon Press ISBN:9780415602594.
- MATAIX C., *Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas*. 2da Edición [Reimpresa]. [Edit. Harla, 1982].p. 660. ISBN:9686034293, 9789686034295.
- METCALF.; & EDDY, INC. 1995. *Ingeniería de aguas residuales*. 3ra, Edición. Editorial Mc Graw Hill.
- NOVILLO B. M., GALARZA.L., ROMERO. G., *Manual de Diseño de Pequeñas centrales Hidroeléctricas*. Colombia, Bucaramanga: II Curso Latinoamericano de Diseño de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas – PCH .Versión Preliminar.,1985. 768p. ISBN-10: 0070380104.
- POLO ENCINAS M. *Turbomáquinas hidráulicas: principios fundamentales*. Limusa.1980. 3ra Edición. 295p. SBN. 9681812352, 9789681812355
- RAY K. Linsley & FRANZINI Joseph B. *Recursos Hídricos Ingeniería*. USA: Editorial. McGraw-Hill Science. Ingeniería.4ta Edit.1991. 768p. ISBN-10: 0070380104.
- SANTOS MARTÍNEZ María Dolores, 2005. *Cuerpo de profesores de enseñanza secundaria. tecnología. programación didáctica*.MAD-Eduforma. 322p ISBN: 8466520163.

3.13.3. Bibliografía, Vínculos Web.

- CONSTITUCIÓN POLÍTICA DEL ECUADOR. “Plan Nacional Para el Buen Vivir 2009-2013”. [En Línea].
http://issuu.com/publisenplades/docs/pnbv_2009-2013.
[Consulta: 25 de Enero de 2016].

- EUROIMPORTADORA. “Pesos específicos de materiales de construcción”. [En línea].
EUROIMPORTADORA, < Peso_Especifico_de_Materiales.pdf>,2013.

- GRAY K. Linsley & FRANZINI Joseph B. Editora da Universida de de Sao Paulo e Editora McGraw-Hill do Brasil, Ltda. 1978. “Energía hidráulica”. [En Línea].https://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_hidr%C3%A1ulica.

- GOBIERNO PARROQUIAL DEL EL TINGO – LA ESPERANZA, Administración 2009, 2014 a cargo del Ing. CANDO. Jaime – Presidente, “Límites Parroquiales”. [En Línea].<http://eltingo-laesperanza.gob.ec/cotopaxi/?cat=1&paged=3>.

- H. CONGRESO NACIONAL LA COMISION DE LEGISLACION Y CODIFICACION. “Ley de Aguas, Disposiciones Fundamentales”. [En línea].
http://www.utpl.edu.ec/obsa/wp-content/uploads/2012/09/ley_aguas.pdf
[Consulta: 25 de Enero de 2016].

- TAIZ & ZEIGER, “Plant Physiology”, Fourth Edition, Sinauer Associates, 2002. [En Línea].https://es.wikipedia.org/wiki/Potencial_h%C3%ADrico.
[Consulta: 25 de Enero de 2016].

ANEXOS



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA**

ANEXO
N°1

ENCUESTA

OBJETIVO: Establecer vínculos de comunicación con los habitantes de la Finca “Marielitas” conociendo la situación en la que residen, planteado un lenguaje claro y objetivo.

Señores(as) moradores de la Finca “Marielitas” ubicada en los sectores entre los sectores el Tingo – La Esperanza, solicitamos encarecidamente su colaboración para el desarrollo de la presente encuesta, ya que sus opiniones son valiosas para el trabajo de investigación

INSTRUCCIONES: Marcar con una (X) dentro del cuadro, responder las alternativas de los ítems que usted está de acuerdo.

PREGUNTAS (ITEMS)

Pregunta 1. ¿Su vivienda cuenta con Energía Eléctrica?

Si No

Pregunta 2. ¿Piensa usted que es indispensable el servicio de Energía Eléctrica?

Si No

Pregunta 3. ¿Usted piensa que es necesaria la conservación medio ambiental del entorno en el que vive?

Si No

Pregunta 4. ¿Usted considera como una buena alternativa el generar Electricidad sin destruir el ecosistema?

Si No

Pregunta 5. ¿Usted está de acuerdo el utilizar un recurso inagotable y renovable como en este caso es el agua para la generación eléctrica?

Si No

Pregunta 6. ¿Usted conoce de los sistemas de generación Hidroeléctrica?

Si No

Pregunta 7. ¿En el siguiente cuadro marque e indique el número de los elementos que usted



Formatos de mantenimiento.

Son aquellos formatos que se establecen para llevar una periodicidad de mantenimiento una en el equipo generador y sus componentes; el plan de mantenimiento y sus guías están subdivididas de la siguiente forma:

- Hoja de vida del equipo.
- Ficha técnica.
- Plano general del equipo e identificación de componentes.
- Listado general de partes y características del equipo.
- Plan de mantenimiento preventivo registro y control.
- Mapa de seguridad.
- Procedimiento de reparación y cambio de partes.
- Guía de inspección y limpieza semanal.
- Guía para elementos que requieran lubricación.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA**

ANEXO N°2

HOJA DE VIDA DEL EQUIPO

No.

NOMBRE DEL EQUIPO		CODIGO		SECCION	
FECHA DE ADQUISICION		FACTURA No.		GARANTIA	
MODELO		SERIE		UBICACIÓN	
DIMENSIONES		PESO		VALOR	

DATOS FABRICANTE

NOMBRE		REPRESENTANTE	
DIRECCION		FAX	
E-MAIL		TELEFONO	

CARACTERISTICAS TECNICAS

VOLTAJE		RESISTENCIA		AGUA	
CONSUMO		TIPO DE CONTROL		AIRE	
POTENCIA		TIPO DE OPERACIÓN		VAPOR	

INTERVENCIONES REALIZADAS AL EQUIPO

No.	FECHA	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD	REPUESTOS	MATERIALES	TIEMPO	RESPONSABLE
1	ENTREGA EQUIPO					QUIEN RECIBE
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						

ELABORADO POR

REVISADO POR

APROBADO POR

NOMBRES:



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
INGENIERÍA EN ELECTROMECÁNICA**

ANEXO N°2

FICHA TECNICA					No.
NOMBRE DEL EQUIPO		CODIGO		DEPENDENCIA	
MARCA		MODELO		SERIE	
FACTURA		GARANTIA No.		UBICACION	

DIMENSIONES, CARACTERÍSTICAS GENERALES Y EQUIPO AUXILIAR:

REQUERIMIENTOS ESPECÍFICOS DE INSTALACIÓN Y OPERACIÓN:

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR
_____	_____	_____
NOMBRES: _____	_____	_____



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA**

ANEXO N°2

PLANO GENERAL DEL EQUIPO E IDENTIFICACION DE COMPONENTES				No.	
FECHA		NOMBRE DEL EQUIPO			
SECCION		UBICACIÓN DEL EQUIPO		CODIGO	

EL PLANO SE LO PLASMARA AQUÍ O DE SER POSIBLE SE LO ADJUNTARA EN FORMATOS INDIVIDUALES.

Observaciones:

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR
_____	_____	_____
NOMBRES: _____	_____	_____



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA

ANEXO N°2

LISTADO GENERAL DE PARTES Y CARACTERISTICAS DEL EQUIPO

No.

FECHA		NOMBRE DEL EQUIPO			
SECCION		UBICACIÓN DEL EQUIPO		CODIGO	

No	DESCRIPCION GENERAL	CODIGO O REFERENCIA	MATERIAL	CANTIDAD	DIMENSIONES
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					

Observaciones:

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR
_____	_____	_____
NOMBRES: _____	_____	_____



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA**

ANEXO N°2

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO REGISTRO Y CONTROL No. _____

NOMBRE: _____ **CODIGO:** _____ **UBICACIÓN:** _____

MES	SEMANA				FRECUENCIA				OBSERVACION
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	MEN.	TRIM.	SEM.	ANU.	
ENE									
FEB									
MAR									
ABR									
MAY									
JUN									
JUL									
AGO									
SEP									
OCT									
NOV									
DIC									

Simbología:

L = Lubricación.	I = Inspección.	IT=Inspección de Tortillería
M = Mecánico.	R = Reparación.	MGA=Mantenimiento General Anual
E = Eléctrico.	A = Aseo.	MPS=Mantenimiento Parcial
EE = Electrónico.	C = Cambio.	Semestral
H = Hidráulico.	CP = Completar.	
N = Neumático.	IG=Inspección General	

Observación: *Los mantenimientos se realizaran teniendo en cuenta las inspecciones generales y estado o condición de las partes o elementos, así como la vida útil recomendada.*

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR
_____	_____	_____
NOMBRES:		
_____	_____	_____



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
INGENIERÍA EN ELECTROMECÁNICA**

ANEXO N°2

MAPA DE SEGURIDAD DEL EQUIPO

No.

NOMBRE		SERIE		DEPENDENCIA	
FECHA		MARCA		CÓDIGO	

FOTO DEL EQUIPO E IDENTIFICACION DE RIESGOS

PARA ESTO ES NECESARIO ENMARCAR EN LA MÁQUINA LOS POSIBLES RIESGOS PARA EVITAR UN ACCIDENTE.

	PUNTOS DE RIESGO	RIESGO OCUPACIONAL	IMPACTO AMBIENTAL	ELEMENTO DE PROTECCION (EPP'S)
1				
2				
3				
4				

ELABORADO POR

REVISADO POR

APROBADO POR

NOMBRES:



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA**

ANEXO N°2

PROCEDIMIENTO DE REPARACIÓN Y CAMBIO DE PARTES

NOMBRE DEL EQUIPO		MARCA	
SERIE		CODIGO	

NÚMERO	ELEMENTO	HERRAMIENTA	TIEMPO ESTIMADO
	FOTOGRAFÍA DEL ELEMENTO A REEMPLAZAR.		PROCEDIMIENTO PASOS A SGUIR Y DESCRIPCIÓN DE CADA UUNO DE ELLOS PARA REALIZAR EL CAMBIO DEL ELEMENTO.

OBSERVACIONES:

NÚMERO	ELEMENTO	HERRAMIENTA	TIEMPO ESTIMADO
	FOTOGRAFÍA DEL ELEMENTO A REEMPLAZAR.		PROCEDIMIENTO PASOS A SGUIR Y DESCRIPCIÓN DE CADA UUNO DE ELLOS PARA REALIZAR EL CAMBIO DEL ELEMENTO.

OBSERVACIONES:

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR
_____	_____	_____
NOMBRES: _____	_____	_____



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA**

ANEXO N°2

GUÍA DE INSPECCION Y LIMPIEZA SEMANAL

No.

NOMBRE EQUIPO		CODIGO		UBICACION	
MARCA		MODELO		SERIE	

FOTOGRAFÁ DE PARTES DEL SISTEMA GENERADOR, Y SUS RESPECTIVOS COMPONENTES DE OBRA CIVÍL, ENMAYOR PROPORCION DEL DESARENADOR.

No.	RUTINA DE TRABAJO	SISTEMA / PARTES/ESTADO/OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES PARA EJECUCION DE MANTENIMTO.
1	LIMPIEZA GENERAL	
2	INSPECCION Y AJUSTE	
3	LUBRICACION GENERAL	
4	INSPECCION PERIODICA PROGRAMADA	

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR
_____	_____	_____
NOMBRES: _____	_____	_____



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA

ANEXO N°2

GUÍA PARA ELEMENTOS QUE REQUIERAN LUBRICACIÓN

No.

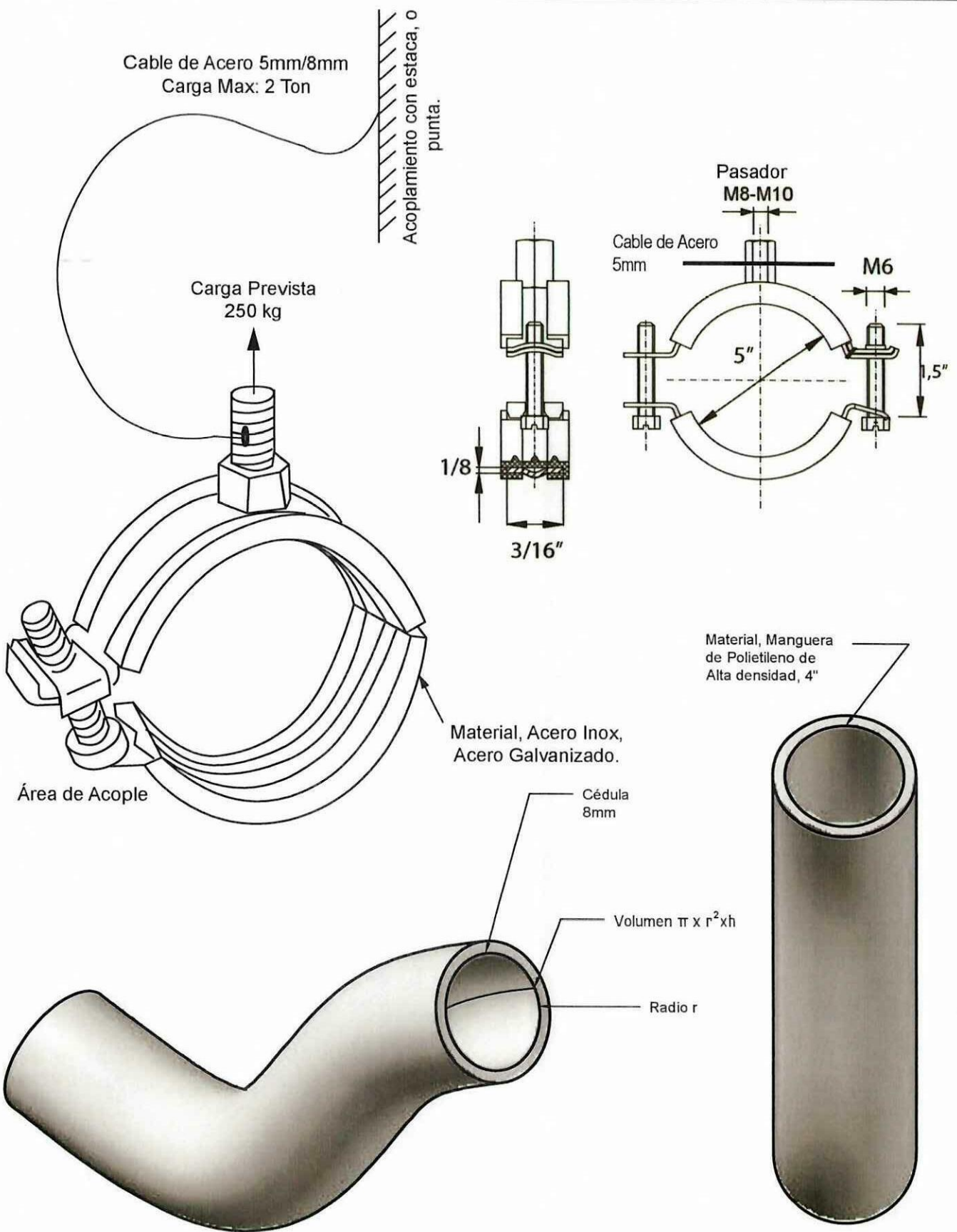
FECHA		NOMBRE DEL EQUIPO			
SECCION		UBICACIÓN DEL EQUIPO	CODIGO		

N°	ELEMENTOS A LUBRICAR	TIPO DE LUBRICANTE	FRECUENCIA DE LUBRICACIÓN	METODO	TIEMPO	CANTIDAD	RESPONSABLE
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							

Observaciones:

ELABORADO POR _____	REVISADO POR _____	APROBADO POR _____
NOMBRES: _____	_____	_____

**ANEXO N°3. PLANOS Y
DIMENSIONES.**



				Tolerancia	Peso	UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI	
				Fecha	Nombre		
				Dibu.	24-11-09	Pila E.	"PARÁMETROS DE TUBERÍA FORZADA"
				Revi.	24-11-09	Ing. Gallardo.	
				Apro.	24-11-09	Ing. Gallardo.	
				C.I.Y.A. INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA			001
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				Sustitución
							Escala 1:1
							Marca de registro