



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO  
FACULTAD DE MECÁNICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**“EVALUACIÓN DEL SUMINISTRO DE ENERGÍA  
ELÉCTRICA Y DISEÑO DE LA ALTERNATIVA MÁS  
ADECUADA EN LA FINCA LA MAR (ESMERALDAS)”**

**JAIME EDUARDO DELGADO CAMPUZANO  
NELSON OSWALDO FERNÁNDEZ FIERRO**

**TESIS DE GRADO**

Previa a la obtención del título de:

**INGENIERO MECÁNICO**

**Riobamba – Ecuador  
2011**

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS**

---

**CONSEJO DIRECTIVO**

Abril, 11 del 2011

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

---

JAIME EDUARDO DELGADO CAMPUZANO

---

Titulada:

**“EVALUACIÓN DEL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y  
DISEÑO DE LA ALTERNATIVA MÁS ADECUADA EN LA FINCA LA  
MAR (ESMERALDAS)”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO MECÁNICO**

---

Ing. Geovanny Novillo A  
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Gilberto Zabala  
DIRECTOR DE TESIS

---

Ing. Iván Cantos  
ASESOR DE TESIS

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS**

---

**CONSEJO DIRECTIVO**

Abril, 11 del 2011

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

**NELSON OSWALDO FERNÁNDEZ FIERRO**

---

Titulada:

**“EVALUACIÓN DEL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y  
DISEÑO DE LA ALTERNATIVA MÁS ADECUADA EN LA FINCA LA  
MAR (ESMERALDAS)”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO MECÁNICO**

---

Ing. Geovanny Novillo A.  
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Gilberto Zabala  
DIRECTOR DE TESIS

---

Ing. Iván Cantos  
ASESOR DE TESIS

**Epoch**

Facultad de Mecánica

---

**CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS**

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** JAIME EDUARDO DELGADO CAMPUZANO

**TÍTULO DE LA TESIS:** “EVALUACIÓN DEL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y DISEÑO DE LA ALTERNATIVA MÁS ADECUADA EN LA FINCA LA MAR (ESMERALDAS)”

**Fecha de Examinación:** Abril, 11 del 2011

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

<b>COMITÉ DE EXAMINACIÓN</b>	<b>APRUEBA</b>	<b>NO APRUEBA</b>	<b>FIRMA</b>
ING. Geovanny Novillo A. (Presidente Trib. Defensa)			
ING. Gilberto Zabala (Director de Tesis)			
ING. Iván Cantos (Asesor)			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

---

El Presidente del Tribunal quien certifica al Consejo Directivo que las condiciones de la defensa se han cumplido.

---

f) Presidente del Tribunal

**Espoch**

Facultad de Mecánica

---

**CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS**

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** NELSON OSWALDO FERNÁNDEZ FIERRO

**TÍTULO DE LA TESIS:** “EVALUACIÓN DEL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y DISEÑO DE LA ALTERNATIVA MÁS ADECUADA EN LA FINCA LA MAR (ESMERALDAS)”

**Fecha de Examinación:** Abril, 11 del 2011

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

<b>COMITÉ DE EXAMINACIÓN</b>	<b>APRUEBA</b>	<b>NO APRUEBA</b>	<b>FIRMA</b>
ING. Geovanny Novillo A. (Presidente Trib. Defensa)			
ING. Gilberto Zabala (Director de Tesis)			
ING. Iván Cantos (Asesor)			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

---

El Presidente del Tribunal quien certifica al Consejo Directivo que las condiciones de la defensa se han cumplido.

\_\_\_\_\_  
f) Presidente del Tribunal

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos - científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

f) Jaime Eduardo Delgado Campuzano

---

f) Nelson Oswaldo Fernández Fierro

## **DEDICATORIA**

Este trabajo está dedicado a nuestros padres y amigos quienes siempre confiaron en nosotros y nos apoyaron incondicionalmente.

Jaime Delgado Campuzano

Nelson Fernández Fierro

## **AGRADECIMIENTO**

Ante todo a DIOS por haber puesto en nuestro camino a todos aquellos amigos que hemos hecho a lo largo de nuestra carrera, los cuales, no solo nos han ayudado con nuestro trabajo sino también a ser mejores seres humanos, a nuestros profesores por habernos enseñado y capacitado a lo largo de nuestra etapa como estudiantes, además de los valiosos consejos recibidos, y un agradecimiento muy especial a nuestros padres y hermanos ya que gracias a ellos y su apoyo incondicional hemos logrado terminar esta etapa de nuestras vidas con éxito, por todo esto y más muchas gracias a todos.

Jaime Delgado Campuzano

Nelson Fernández Fierro



## TABLA DE CONTENIDOS

<u>CAPÍTULO</u>		<u>PÁGINA</u>
<b>1.</b>	<b>GENERALIDADES</b>	
1.1	Antecedentes.....	1
1.2	Justificación.....	1
1.3	Objetivo.....	1
1.3.1	Objetivo general.....	1
1.3.2	Objetivos específicos.....	1
<b>2.</b>	<b>EVALUACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO</b>	
2.1	Evaluación del consumo energético de la vivienda.....	3
2.2	Evaluación del recurso hídrico disponible.....	4
2.2.1	Levantamiento topográfico: Caída aprovechable.....	4
2.2.2	Estudio hídrico: Caudal aprovechable.....	5
2.2.2.1	Cálculo del caudal de Invierno.....	6
2.2.2.2	Calculo del caudal en verano.....	9
2.2.3	Caudal requerido para generar 1 Kw.....	11
2.3	Prediseño de obras civiles.....	12
2.3.1	Obras de captación.....	12
2.3.1.1	Diseño del azud.....	12
2.3.1.2	Diseño de la bocatoma de fondo.....	25
2.3.1.3	Conducción.....	31
2.3.1.4	Diseño del desarenador.....	34
2.3.1.5	Diseño del tanque de presión.....	38
2.3.1.6	Diseño tubería de presión.....	41
2.4	Selección del tipo de turbinas.....	46
2.4.1	Calculo de los conductores por caída de voltaje.....	50
2.4.1.1	Sistemas monofásico.....	51
2.4.1.2	Calculo del conductor para la conducción de electricidad.....	52
2.5	Presupuesto del proyecto.....	54
2.5.1	Análisis económico.....	54
2.5.2	Costos.....	54

2.5.2.1	Costos de inversión.....	54
2.6	Estudio de rentabilidad.....	57
2.6.1	Forma de depreciación.....	57
2.6.1.1	Elaboración del cuadro de flujo de caja.....	58
2.6.1.2	Calculo de indicadores del análisis Beneficio-Costo.....	62
2.6.1.3	Calculo del valor actual neto(VAN).....	63
2.6.1.4	Calculo del costo de Kw-h.....	63
2.6.1.5	Calculo de la tasa interna de retorno(TIR).....	65

### **3. EVALUACIÓN DEL RECURSO EÓLICO**

3.1	Evolución del recurso eólico disponible.....	67
3.1.1	Topografía.....	67
3.1.2	Estudio eólico.....	68
3.1.3	Velocidad del viento.....	68
3.1.4	Mapa de rugosidad.....	71
3.1.5	Selección de la potencia del aerogenerador.....	73
3.1.6	Dimensionamiento del banco de baterías.....	75
3.1.6.1	Cálculo del banco de Baterías.....	76
3.2	Calculo estructural.....	78
3.2.1	Cargas que actúan en la torre del aerogenerador.....	79
3.2.1.1	Cargas muertas.....	79
3.2.1.2	Cargas vivas.....	80
3.2.1.3	Cargas de viento.....	81
3.2.2	Verificación de la torre del aerogenerador.....	82
3.2.3	Calculo de la placa base.....	86
3.2.4	Diseño de bridas.....	88
3.2.4.1	Determinación de fuerzas.....	88
3.2.4.1.1	Fuerza en el tubo.....	89
3.2.4.1.2	Fuerza de superficie anular.....	90
3.2.4.1.3	Fuerza de presión interior.....	90
3.2.4.1.4	Fuerza de la junta.....	90
3.2.4.1.5	Fuerza de los pernos.....	91
3.2.4.2	Calculo de la brida.....	92

3.2.4.2.1	Momento de flexión exterior.....	92
3.2.4.2.2	Resistencia de la brida.....	93
3.2.4.2.3	Espesor de la brida.....	94
3.2.4.3	Cálculos de los pernos.....	94
3.3.	Obra civil.....	95
3.4	Presupuesto del proyecto.....	96
3.4.1	Costos.....	96
3.5	Estudio de rentabilidad.....	98
3.5.1	Forma de depreciación.....	98
3.5.2	Calculo de los indicadores del análisis beneficio-costos.....	100
3.5.3	Calculo del valor actual neto.....	102
3.5.4	Calculo del costo del Kw-h.....	102
3.5.5	Calculo de la tasa interna de retorno.....	104
<b>4</b>	<b>EVALUACIÓN DEL SUMINISTRO DE ENERGÍA A TRAVÉS DE LA RED DE EMPRESA ELÉCTRICA ESMERALDAS</b>	
4.1	Levantamiento topográfico.....	106
4.2	Planilla de estructuras.....	107
4.3	Transformadores.....	110
4.3.1	Transformadores monofásicos.....	110
4.4	Costo total de instalación.....	110
4.4.1	Costo del Kw-h.....	112
<b>5.</b>	<b>DISCUSIÓN Y SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA MÁS ADECUADA</b>	
5.1	Estudio de Impacto ambiental para cada alternativa.....	113
5.1.1	Análisis comparativo de la evaluación de impactos ambientales de las distintas alternativas.....	131
5.2	Discusión y Selección de la alternativa mas adecuada.....	133
5.2.1	Ventajas y Desventajas de los aerogeneradores.....	134
5.2.2	Ventajas y Desventajas de las pico centrales hidroeléctricas.....	134
5.2.3	Determinación de la alternativa mas adecuada.....	135
5.3	Impacto Ambiental durante la construcción del equipo.....	136
5.3.1	Evaluación de impactos ambientales en la construcción.....	136

5.3.2	Impacto ambiental durante el funcionamiento del equipo.....	136
5.4	Manual de instalación y mantenimiento.....	137
5.4.1	Montaje y colocación del aerogenerador.....	137
5.4.1.1	Regulador.....	138
5.4.1.2	Conexión Eléctrica.....	139
5.4.1.3	Montaje del aerogenerador.....	141
5.4.1.4	Carcasa Protectora.....	142
5.4.1.5	Hélices y Cono Central.....	143
5.4.2	Precauciones.....	144
5.4.3	Mantenimiento.....	144
5.4.3.1	Tras su instalación.....	144
5.4.3.2	Permanente.....	145
5.4.3.3	Rodamientos.....	145
5.4.3.4	Tornillería.....	145
5.4.3.5	Cableado.....	145
5.4.3.6	Hélices.....	145
5.4.3.7	Amortiguador.....	146
5.4.3.8	Engrase.....	146
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
6.1	Conclusiones.....	147
6.2	Recomendaciones.....	148

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

### **BIBLIOGRAFÍA**

### **LINKOGRAFÍA**

### **ANEXOS**

### **PLANOS**

## LISTA DE FIGURAS

<b><u>FIGURA</u></b>		<b><u>PÁGINA</u></b>
-		
2.1	Método de manguera y manómetro	5
2.2	Área de sección transversal de la corriente	6
2.3	Perfil de profundidad	7
2.4	Forma básica del azud	12
2.5	Dimensiones en el azud	13
2.6	Perfil de Creager	18
2.7	Dimensiones en el perfil de Creager	19
2.8	Fuerzas que intervienen en el azud	21
2.9	Dimensiones específicas de la bocatoma de fondo	25
2.10	Desarenador	35
2.11	Vista superior del desarenador	38
2.12	Dimensiones generales del tanque de presión	38
2.13	Relleno final de tubería	46
2.14	Esquema de un grupo de aero generación	47
2.15	Circuito eléctrico simplificado	52
2.16	Calculo de la Tasa Interna de Retorno	65
3.1	Topografía del terreno	67
3.2	Variación del viento de acuerdo a la rugosidad	71
3.3	Esquema de conexión del banco de baterías	78
3.4	Torre del Aerogenerador	78
3.5	Tramos de Tubería para la torre del aerogenerador	79
3.6	Diagrama de equilibrio escalera	80
3.7	Verificación por código de colores	82
3.8	Resultados proporcionados por SAP 2000	83
3.9	Comportamiento de la torre	84
3.10	Torre con diferentes diámetros	85
3.11	Verificación mediante código de colores SAP 2000	85
3.12	Momento flector en el empotramiento	86
3.13	Dimensiones de la placa	87

3.14	Dimensiones de la brida	89
3.15	Calculo de la TIR	104
4.1	Ubicación de la casa	106
4.2	Imagen 3D del lugar	107
4.3	Transformador monofásico	110
5.1	Soporte vertical	132
5.2	Regulador	134
5.3	Conexión Eléctrica	135
5.4	Pletina de fijación	136
5.5	Sujeción tubo cola	137
5.6	Carcasa protectora	138
5.7	Hélices y cono frontal	139

## LISTA DE TABLAS

<b><u>TABLA</u></b>		<b><u>PÁGINA</u></b>
-		-
2.1	Consumo energético de la vivienda	3
2.2	Mediciones de altura	5
2.3	Tiempo medido en época de invierno	6
2.4	Dimensiones de las secciones del canal en invierno	7
2.5	Valores A B para determinar el factor de corrección	9
2.6	Tiempo medido en época de verano	9
2.7	Dimensiones de la sección del canal en verano	10
2.8	Coordenadas del perfil de Creager	17
2.9	Angulo de inclinación de la rejilla	26
2.10	Apertura de barrotes y espesor de rejilla	27
2.11	Tamaño de partícula y velocidad de sedimento	36
2.12	Tipos de suelos según la norma ASTM D 2321	45
2.13	Rango de aplicación de las turbinas hidráulicas	49
2.14	Características principales de las turbinas hidráulicas	50
2.15	Costos de casa de maquina	55
2.16	Costos tubería de presión	56
2.17	Costos obras civiles	56
2.18	Costos equipo electromecánico	56
2.19	Costos de montaje e instalación	56
2.20	Costos de activos intangibles	57
2.21	Costo de Operación y Mantenimiento	57
2.22	Costo tota P.C.H.	58
2.23	Calculo de Kw consumidos en un mes	60
2.24	Flujo de caja interno	61
2.25	Análisis Beneficio-Costo	62
2.26	Calculo del valor actual neto (VAN)	63
2.27	Calculo de la Tasa Interna de Retorno (TIR)	65
3.1	Relaciones generales entre viabilidad y velocidad de viento para su uso como fuente de energía	69
3.2	Datos recolectados de la velocidad del viento	70

3.3	Coeficiente de Rugosidad	72
3.4	Características generales del Aerogenerador Eólico	74
3.5	Factor de corrección en función de la temperatura	76
3.6	Batería seleccionada	76
3.7	Cargas muertas	80
3.8	Dimensiones de la placa	87
3.9	Volumen de concreto	96
3.10	Cantidad de hierro	96
3.11	Encofrado	96
3.12	Costo del aerogenerador	97
3.13	Costo del sistema eléctrico	97
3.14	Costo de la torre	97
3.15	Activos intangibles	97
3.16	Costos de mantenimiento	97
3.17	Costos totales	98
3.18	Flujo de caja interno	100
3.19	Análisis Beneficio-Costo	101
3.20	Valor actual neto	102
3.21	Tasa Interna de retorno	104
4.1	Planilla de estructura	108
4.2	Presupuesto de la instalación	110
5.1	Matriz de Leopold de la P.C.H	114
5.2	Matriz de Leopold del S.C.E.E.	118
5.3	Matriz de Leopold de la Empresa eléctrica	122
5.4	Determinación de la alternativa más adecuada	130



## LISTA DE SÍMBOLOS Y ABREVIACIONES

Ah	Amperios - hora
ASTM	American Society for Testing and Materials
cm	centímetro
CNEL	Corporación Nacional de Electrificación
DAC	Dirección de Aviación Civil
E.E.E.	Empresa Eléctrica Esmeraldas
GPS	Global Positioning System
h	hora
kg	kilogramo
kW	kilowatt
kPa	kilo pascal
l	litro
m	metros
mm	milímetros
P.C.H.	Pico central hidroeléctrica
plg	pulgada
PSI	libra por cada pulgada cuadrada
PVC	Cloruro De Polivinilo
Q	Caudal
Qd	Caudal de diseño
Q <sub>máx</sub>	Caudal máximo

s	segundos
S.C.E.E.	Sistema de conversión de energía eólica
UPME	Unidad De Planeación Minero Energética
USD	dólares Americanos
UTM	universal transverse mercator (proyección geográfica transversa de Mercator)
Vsd	velocidad de sedimentación
W	watts

## **LISTA DE ANEXOS**

- ANEXO 1:** Forma de Coronamiento del Azud
- ANEXO 2:** Propiedades Físicas del Agua
- ANEXO 3:** Diagrama de Moody
- ANEXO 4:** Características técnicas de tubería de polietileno
- ANEXO 5:** Eficiencia del grupo de generación
- ANEXO 6:** Sección de conductores eléctricos AWG
- ANEXO 7:** Factores de interés compuesto
- ANEXO 8:** Tipos de baterías de ciclo profundo
- ANEXO 9:** Criterios de Diseño
- ANEXO 10:** Valores característicos de Junta

## RESUMEN

Este trabajo pretende resolver el problema de abastecimiento de electricidad en la Finca La Mar, en Esmeraldas, la cual se encuentra en un sector de difícil acceso y no cuenta con este servicio.

Para esto se ha evaluado y diseñado sistemas de generación eléctrica a través de una pequeña central Hidráulica, y, un sistema Eólico, ya que los recursos naturales del sector son suficientes para cumplir con la demanda, además una evaluación del suministro de energía eléctrica del Sistema Nacional Interconectado, a través de la Empresa Eléctrica Esmeraldas.

En la propuesta hidráulica, se realiza mediciones de levantamiento topográfico y mediciones de caudal máximo y mínimo en épocas de invierno y verano respectivamente, siendo estos necesarios para el diseño de la Pico Central Hidroeléctrica.

En la propuesta eólica, se realizan mediciones de velocidad y dirección del viento, que servirán para la selección del generador, además, se realiza un diseño de banco de baterías para un correcto abastecimiento de energía a la vivienda. Se diseña la torre que soportara al generador teniendo en cuenta todos los factores que intervienen en la generación de energía eólica.

En la propuesta de suministro de energía a través de la red de Empresa Eléctrica Esmeraldas, se realiza una planilla de estructuras, para obtener así, un costo total para la instalación.

Teniendo en cuenta aspectos como el económico, facilidad de construcción, impacto ambiental y mantenimiento del equipo de generación, se selecciona la alternativa eólica.



## CAPÍTULO I

### 1. GENERALIDADES

#### 1.1. Antecedentes

El presente trabajo pretende resolver el abastecimiento de energía eléctrica, de la Finca LA MAR, ubicada en la provincia de Esmeraldas, ya que la misma no cuenta con este servicio. Se prevé realizar un estudio de suministro de energía eléctrica con fuentes alternas de energía (eólica e hidráulica), y comparar sus costos con el suministro de energía de la Empresa Eléctrica Esmeraldas. Si la solución viable es con una de las fuentes de energía alterativa estudiada, se realizaran los correspondientes estudios de impacto ambiental.

#### 1.2. Justificación técnico – económica

Es necesario destacar, que la Finca LA MAR se encuentra ubicada en una zona de muy difícil acceso. Con la inspección realizada *in situ*, se identifica que la topografía del lugar. Es así que se puede observar que existen los recursos necesarios para el diseño, construcción e instalación: ya sea de una Picocentral hidroeléctrica, de un aerogenerador y/o de interconectarse a la red de la Empresa Eléctrica Esmeraldas. La instalación de este tipo de sistemas tienen las ventajas de no alterar en mayor grado el medio ecológico en el que se encuentran, puesto que no dependerían de combustibles fósiles y complejas operaciones de mantenimiento.

#### 1.3. Objetivos

##### 1.3.1. Objetivo general

Evaluar el suministro de energía eléctrica y diseñar la alternativa más adecuada en la Finca La Mar (Esmeraldas)

##### 1.3.2. Objetivos específicos

- Evaluar y diseñar el recurso hídrico de la zona.

- Evaluar y diseñar el recurso eólico disponible.
- Evaluar el suministro de energía eléctrica a través de la Empresa Eléctrica ESMERALDAS
- Discutir, seleccionar, la alternativa más adecuada
- Realizar el estudio de impacto ambiental para la alternativa seleccionada
- Desarrollar un manual de mantenimiento para la alternativa seleccionada

## CAPÍTULO II

### 2. EVALUACIÓN Y DISEÑO DEL RECURSO HÍDRICO.

#### 2.1 Evaluación del consumo energético de la vivienda.

En este capítulo se realizará un estudio de las necesidades energéticas de la vivienda, para determinar la potencia mínima necesaria para el sistema que va a ser seleccionado.

El estudio de la potencia eléctrica consiste en sumar las potencias que consume todos los aparatos eléctricos de la vivienda. A continuación se muestra en la Tabla 2.1 la lista de todos los aparatos eléctricos y de la iluminación detallando la potencia que consumen y las horas que se estima están conectadas.

**Tabla 2.1:** CONSUMO ENERGÉTICO DE LA VIVIENDA [1]

<b>APARATO</b>	<b>Potencia Instalada (W)</b>	<b>Horas de consumo (h/día)</b>	<b>Total (W-h/día)</b>
Refrigerador	200	8	1600
Televisor 1	150	8	1200
Equipo de sonido	200	3	600
Licuada	300	0,1	30
<b>ILUMINACION</b>			
Baño	40	0.5	20
Habitación 1	40	0.5	20
Habitación 2	40	1	40
Cocina	40	1	40
Pasillo	40	2	80
Sala	40	3	120
Patio	60	4	240
<b>TOTAL</b>	<b>1150</b>		<b>3990</b>

Tomando en cuenta que la potencia que consumen todos los aparatos no corresponde a la potencia mínima que debe ser capaz de suministrar el sistema. Según la Ec. 2.1 la potencia mínima es la potencia eléctrica total ponderada por un coeficiente de simultaneidad F. Para se estima un coeficiente del 75%, debido a que todos los aparatos eléctricos e iluminación no están conectados al mismo tiempo. [2]



$$P_{\text{minima}} = F( P_{\text{instalada}} ) \quad (2.1)$$

$$P_{\text{minima}} = 0.75 \times 1150 = 862.5 \text{ W}$$

Debido a que la Potencia mínima es de 862.5 W, y que comercialmente no se encuentra generadores de esta potencia se selecciona un generador eléctrico de 1000 W.

## 2.2 Evaluación del recurso hídrico disponible

### 2.2.1 Levantamiento topográfico: caída aprovechable [ 2 ]

Se realiza mediciones para determinar la altura en el lugar, a fin de obtener total precisión, puesto que, la caída aprovechable es un parámetro importante en el diseño del sistema.

Para la medición de la caída aprovechable existen varios métodos, de estos se utilizo el método de manguera y manómetro, ya que, es probablemente el mejor y más simples de los procedimientos disponibles, puede ser usado para determinar pequeños como grandes saltos de agua, pero necesita manómetros con diferente escala, a demás tiene dos posibles errores como la mala calibración del manómetro y la presencia de burbujas.

Este método, consiste en colocar un manómetro en un extremo de una manguera que debe estar llena de agua, teniendo cuidado de que no existan burbujas de aire dentro de esta, para esto se recomienda que la manguera sea transparente.

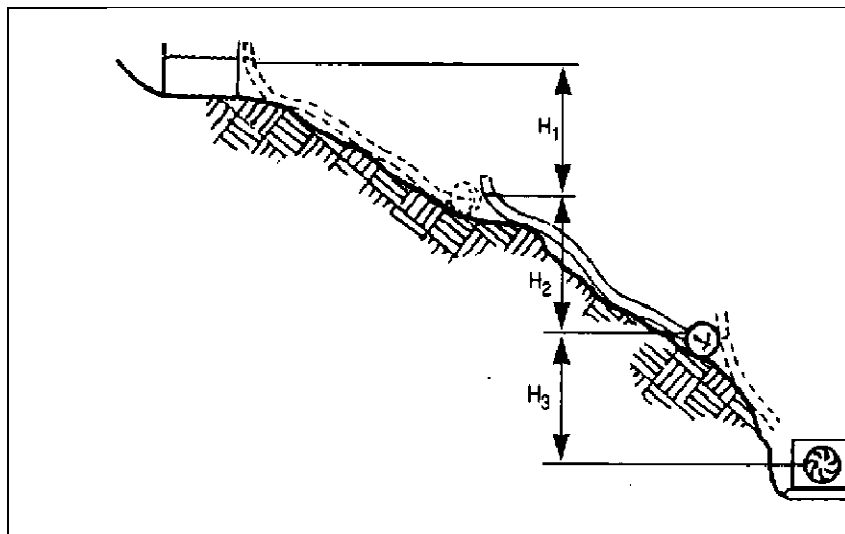
Para determinar la altura en metros mediante este método se deberá anotar las diferentes lecturas que marque el manómetro ya sea en kPa o psi y convertirlas en metros de acuerdo a las siguientes ecuaciones:

$$h(m) = \frac{P(kPa)}{9.8} \quad (2.2)$$

$$h(m) = P(0.7045) \text{ [ PSI ]} \quad (2.3)$$

El equipo para este procedimiento es:

- Manguera plástica transparente se sugiere con diámetro entre 6 y 8 mm.
- Manómetro de presión
- Hoja de resultados.



**Figura 2.1:** Método de Manguera y Manómetro para Medir el Salto

- Sumar todas las alturas.

Debido a la dificultad del terreno, se realiza la medición por tramos y luego la sumatoria con las distintas lecturas para determinar la altura total, estos datos se muestran en la Tabla 2.2.

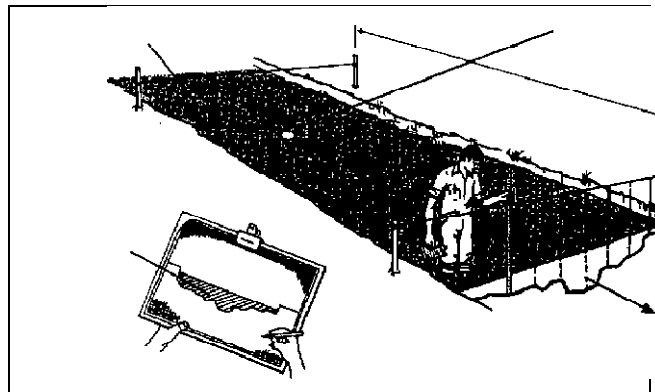
**Tabla 2.2:** MEDICIONES DE ALTURA

	<b>Lectura 1</b> (m)	<b>Lectura 2</b> (m)	<b>Lectura 3</b> (m)	<b>TOTAL</b>
<b>Día 1</b>	2	2.5	1.5	6
<b>Día 2</b>	2,5	1,5	2,5	6.5

Para efectos del diseño se ha decidido tomar un salto o altura bruta de 6 m.

### 2.2.2 Estudio hídrico: caudal aprovechable [ 2 ]

Para la medición del caudal se utiliza el método del flotador, que consiste en dibujar el perfil de la sección del lecho del río y se establece una sección promedio para una longitud conocida de corriente como se indica en la figura N° 2.2. Se utiliza pelotas plásticas para medir el tiempo que se demoran en recorrer una longitud pre-establecida del río, para tener una mayor exactitud se realiza varias medidas, los resultados son promediados y se obtienen una velocidad superficial del agua. Esta velocidad deberá ser reducida por un factor de corrección para hallar la velocidad media de la sección.



**Figura 2.2:** Área Sección Transversal de la Corriente

En general, se escoge la mayor longitud posible del arroyo que tenga orillas paralelas con un área de la sección transversal uniforme a lo largo de esta longitud. Una sección de fondo rocoso con obstáculos al flujo, como piedras grandes, llevará a resultados erróneos.

### 2.1.1.1 Cálculo del caudal en invierno [5]

Para determinar el caudal de invierno, se toma un tramo del río de 10 metros de longitud, donde se remueve objetos que podrían impedir el paso del flotador causando errores en la medición, a continuación, se mide el tiempo que el flotador se demora en recorrer dicha distancia, para una mayor exactitud se realiza varias mediciones y luego se determina un promedio, el mismo que sirve para la determinación de la velocidad superficial.

De las mediciones realizadas se obtiene los siguientes datos mostrados en la Tabla 2.3

**Tabla 2.3:** TIEMPO MEDIDO EN ÉPOCA DE INVIERNO

<b>t<sub>i</sub> (s)</b>	<b>t<sub>i</sub> (s)</b>	<b>t<sub>i</sub> (s)</b>	<b>t<sub>i</sub> (s)</b>
13,1	12,99	12,51	13,17
12,98	13,18	13,2	13,98
13,25	12,15	13,27	12,85
13,2	12,29	13,45	13,3
13,31	12,45	13,5	13,22

$$t_{promedio} = \frac{\sum t_i}{20} \quad (2.4)$$

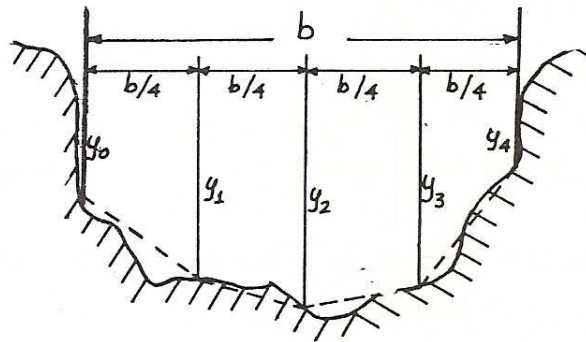
$$t_{promedio} = 13.4 s$$

$$V = \frac{d}{t_{\text{promedio}}} \left[ \frac{m}{s} \right] \quad (2.5)$$

$$V = \frac{10}{13.4}$$

$$V = 0.746 \frac{m}{s}$$

Para la determinación del perfil de profundidad de la sección del canal se toma 5 puntos cada 2.5 metros a lo largo de la longitud establecida anteriormente, en cada uno de estos puntos se mide la profundidad a lo ancho del canal obteniendo los siguientes resultados.



**Figura 2.3:** Perfil de Profundidad

**Tabla 2.4:** DIMENSIONES DE LAS SECCIONES DEL CANAL

N° SECCION	b (cm)	Y <sub>0</sub> (cm)	Y <sub>1</sub> (cm)	Y <sub>2</sub> (cm)	Y <sub>3</sub> (cm)	Y <sub>4</sub> (cm)
1	125	10	25	37	30	5
2	100	7	15	30	31	10
3	105	5	12	25	40	12
4	75	15	28	20	35	20
5	95	10	15	33	40	20

Se utiliza el método de los trapecios para determinar el área de las secciones transversales del canal.

$$S = \frac{b}{4} \left[ \frac{Y_0}{2} + Y_1 + Y_2 + Y_3 + \frac{Y_4}{4} \right] \quad [m^2] \quad (2.6)$$

$$S_1 = 3109,375 \text{ cm}^2 = 0,3109375 \text{ m}^2$$

$$S_2 = 2112,5 \text{ cm}^2 = 0,21125 \text{ m}^2$$

$$S_3 = 2244,375 \text{ cm}^2 = 0,2244375 \text{ m}^2$$

$$S_4 = 1884,375 \text{ cm}^2 = 0,1884375 \text{ m}^2$$

$$S_5 = 2446,25 \text{ cm}^2 = 0,244625 \text{ m}^2$$

- El perímetro mojado se calcula

$$P = Y_0 + \left[ (Y_0 - Y_1)^2 + \left( \frac{b}{4} \right)^2 \right]^{1/2} + \left[ (Y_1 - Y_2)^2 + \left( \frac{b}{4} \right)^2 \right]^{1/2} + \left[ (Y_2 - Y_3)^2 + \left( \frac{b}{4} \right)^2 \right]^{1/2} + \left[ (Y_3 - Y_4)^2 + \left( \frac{b}{4} \right)^2 \right]^{1/2} + Y_4 \quad (2.7)$$

$$P_1 = 155,18 \text{ cm} = 1,5518 \text{ m}$$

$$P_2 = 130,073 \text{ cm} = 1,3007 \text{ m}$$

$$P_3 = 142,074 \text{ cm} = 1,4207 \text{ m}$$

$$P_4 = 126,244 \text{ cm} = 1,26224 \text{ m}$$

$$P_5 = 139,88 \text{ cm} = 1,3988 \text{ m}$$

El radio hidráulico (Rh), se calcula con la ecuación:

$$Rh = \frac{S}{P} \quad (2.8)$$

$$Rh_1 = 20,036 \text{ cm} = 0,20036 \text{ m}$$

$$Rh_2 = 16,24 \text{ cm} = 0,1624 \text{ m}$$

$$Rh_3 = 15,79 \text{ cm} = 0,1579 \text{ m}$$

$$Rh_4 = 14,92 \text{ cm} = 0,1492 \text{ m}$$

$$Rh_5 = 17,48 \text{ cm} = 0,1748 \text{ m}$$

Determinación del caudal:

$$Q = KVS \left[ \frac{m^3}{s} \right] \quad (2.9)$$

Donde:

$K$  = coeficiente de corrección (depende de las características y material del canal)

$$K = A(\ln(Rh)) + B \quad (2.10)$$

El lecho del río en el que se realizó las medidas está conformado por piedras de distintos tamaños, por lo cual se decide tomar un factor de corrección para un canal de pedruscos.

Donde:

A y B son constantes de acuerdo al material del canal y se determinan de la siguiente tabla:

**Tabla 2.5:** VALORES A Y B PARA DETERMINAR EL FACTOR DE CORRECCIÓN [5]

	A	B
Canal de barro	0,0905	0,782
Canal de pedruscos	0,0362	0,847
Canal de concreto	0,0150	0,893

Por lo tanto:  $A = 0,0362$  y  $B = 0,847$

Entonces:

$$K_1 = 0,9555$$

$$K_2 = 0,9479$$

$$K_3 = 0,9469$$

$$K_4 = 0,9448$$

$$K_5 = 0,9505$$

$$Q = V \left( \frac{K_1 S_1 + K_2 S_2 + K_3 S_3 + K_4 S_4 + K_5 S_5}{n} \right) \quad (2.11)$$

$$Q = 0,167273 \text{ m}^3/\text{s} = 16,72 \text{ l/s}$$

### 2.1.1.2 Cálculo del caudal en verano

Se sigue el mismo procedimiento que el utilizado para determinar el caudal de invierno,

**Tabla 2.6:** TIEMPO MEDIDO EN ÉPOCA DE VERANO

t (s)	t (s)	t (s)	t (s)
20,1	19,99	19,51	20,17
19,98	20,18	20,2	20,98
20,25	19,15	20,27	19,85
20,2	19,29	20,45	20,3
20,31	19,45	20,5	20,22

$$t_{promedio} = \frac{\sum ti}{20}$$

$$t_{promedio} = 20 s$$

$$v = 49,98 \text{ cm/s} = 0,4998 \text{ m/s}$$

**Tabla 2.7:** DIMENSIONES DE LA SECCIÓN DEL CANAL

N° SECCION	b (cm)	Yo (cm)	Y1 (cm)	Y2 (cm)	Y3 (cm)	Y4 (cm)
1	52	8	12	35	23	5
2	49	6	9	22	22	8
3	39	5	8	17	30	10
4	31	12	15	14	28	14
5	44	8	9	20	30	15

Secciones transversales del canal

$$S_1 = 994,5 \text{ cm}^2 = 0,09945 \text{ m}^2$$

$$S_2 = 735 \text{ cm}^2 = 0,0735 \text{ m}^2$$

$$S_3 = 609,375 \text{ cm}^2 = 0,069375 \text{ m}^2$$

$$S_4 = 542,5 \text{ cm}^2 = 0,05425 \text{ m}^2$$

$$S_5 = 775,5 \text{ cm}^2 = 0,07755 \text{ m}^2$$

El perímetro mojado

$$P_1 = 92,916 \text{ cm} = 0,75327 \text{ m}$$

$$P_2 = 75,327 \text{ cm} = 0,75327 \text{ m}$$

$$P_3 = 76,969 \text{ cm} = 0,76969 \text{ m}$$

$$P_4 = 74,128 \text{ cm} = 0,74128 \text{ m}$$

$$P_5 = 83,068 \text{ cm} = 0,83068 \text{ m}$$

Radio Hidráulico

$$Rh_1 = 10,703 \text{ cm} = 0,10703 \text{ m}$$

$$Rh_2 = 9,7574 \text{ cm} = 0,097574 \text{ m}$$

$$Rh_3 = 7,9170 \text{ cm} = 0,0798170 \text{ m}$$

$$Rh_4 = 7,3183 \text{ cm} = 0,073183 \text{ m}$$

$$Rh_5 = 9,3356 \text{ cm} = 0,093356 \text{ m}$$

Coefficiente de corrección

$$K_1 = 0,9328$$

$$K_2 = 0,9294$$

$$K_3 = 0,9218$$

$$K_4 = 0,9190$$

$$K_5 = 0,9878$$

Entonces el caudal

$$Q = 0,03389 \text{ m}^3/\text{s} = 33,89 \text{ l/s}$$

### 2.1.2 Caudal requerido para generar 1 kw (demanda) [ 2 ]

1er Método

$$Q_d = \frac{P_g}{9,81(H\eta_o)} \left[ \text{m}^3/\text{s} \right] \quad (2.12)$$

$$Q_d = \frac{1 \text{ kW}}{9,81 \times 6 \times 0,58}$$

$$Q_d = 0,02929 \text{ m}^3/\text{s} = 29,29 \text{ l/s}$$



2do Método

$$Qd = \frac{P_g}{9,81(H_n \eta_g \eta_{tr})} \left[ \frac{m^3}{s} \right] \quad (2.13)$$
$$Qd = \frac{1kW}{9,81 \times 6 \times 0,75 \times 0,92}$$
$$Qd = 0,02896 \frac{m^3}{s} = 28,96 \frac{l}{s}$$

Por lo tanto se toma un caudal de 30 l/s o 0,03 m<sup>3</sup>/s

Las características hidrológicas del sector son apropiadas para la construcción de una PCH, ya que las condiciones que se presentan en la zona son suficientes para producir la energía necesaria para cubrir la demanda del consumidor.

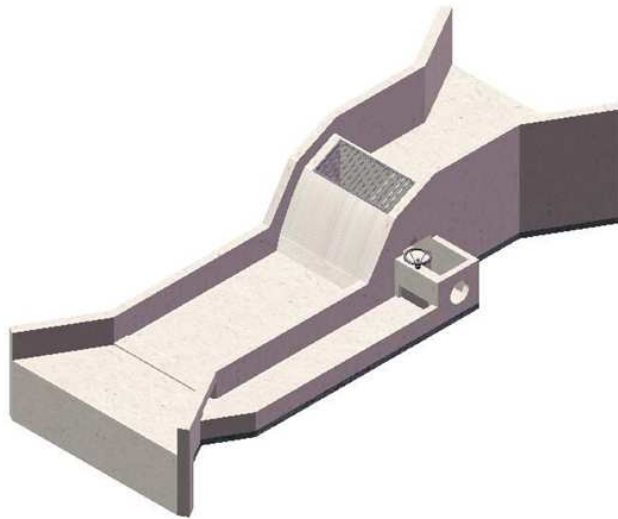
## 2.2 Pre-diseño de obras civiles

### 2.2.1 Obras de captación.

Las obras de captación, tienen la función de captar y regular un determinado caudal de agua para su aprovechamiento en la producción de energía hidroeléctrica.

El diseño de estos elementos debe garantizar la captación del caudal necesario para cumplir los requisitos para lograr el correcto funcionamiento de la pico central hidroeléctrica además de impedir que materiales sólidos ingresen a la turbina de generación.

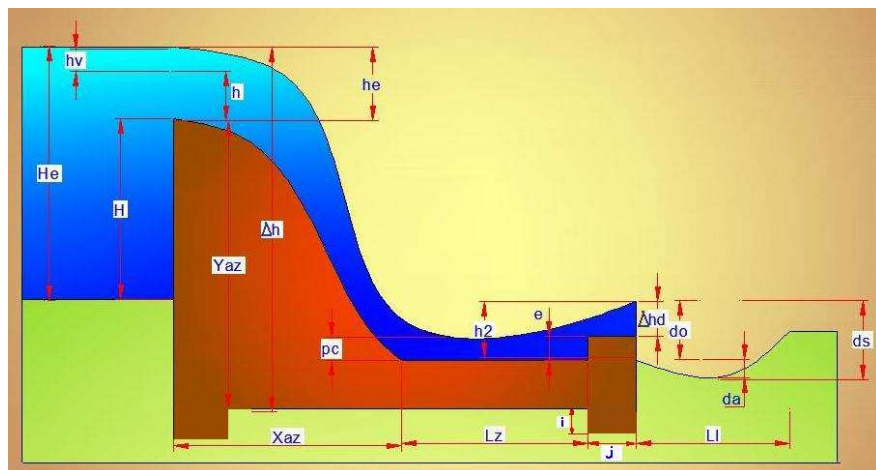
#### 2.2.1.1 Diseño del azud o presa [3]



**Figura 2.4:** Forma Básica del Azud

El azud se utiliza en mini-centrales hidroeléctricas para crear un embalse artificial que garantice la captación del caudal mínimo necesario para la operación de la central y la producción de energía eléctrica. La mayor ventaja del azud es que actúa como un muro de gravedad para soportar el empuje hidrostático y al mismo tiempo tiene la función de vertedero de excedentes.

Por lo general son estructuras de hormigón y su sección transversal es de forma curvilínea para adaptarse a los principios de la mecánica de fluidos, de esta manera se minimiza el rozamiento del agua con la superficie del azud para evitar la erosión



**Figura 2.5:** Dimensiones en el Azud.

El azud será construido en el último tramo, por lo tanto se tomara en cuenta la máxima profundidad en este tramo

- Cálculo de la altura de carga  $h$ , mediante la ecuación de vertedero.

$$h = \left[ \frac{3Q_{max}}{2\mu b\sqrt{2g}} + \left( \frac{V^2}{2g} \right)^{3/2} \right]^{2/3} - \frac{V^2}{2g} \quad [m] \quad (2.14)$$

Donde:

$$Q_{max} = 0,16727 \text{ m}^3/\text{s}$$

$b$  = ancho del rio igual a 1,05 m.

$\mu$  = Forma de coronamiento del azud igual a 0,75 (Anexo 1)

$g$  = aceleración de la gravedad igual a  $9,8 \left[ \frac{m}{s^2} \right]$ .

$V$  = Velocidad de acercamiento del río igual a  $0,746 [m/s]$ .

$$h = 0,1521 \text{ m}$$

Cálculo de la velocidad del agua sobre la cresta del azud,  $V$

$$V^* = \frac{Q_{max}}{bh} \quad \left[ \frac{m}{s} \right] \quad (2.15)$$
$$V^* = 1,047 \quad \frac{m}{s}$$

- Cálculo de la carga energética  $h_e$

Este valor sirve para multiplicar con las coordenadas del perfil de Creager y obtener las dimensiones reales del azud, en las condiciones que requiera el proyecto.

$$h_e = h + \frac{V^2}{2g} \quad [m] \quad (2.16)$$
$$h_e = 0,2080 \text{ m}$$

Cálculo de la altura total del agua sobre el lecho del río  $H_e$

La Altura del azud:  $H = 0,4 \text{ m}$ , es debido a que la máxima profundidad del canal es de  $0.4 \text{ m}$ .

$$\begin{aligned} H_e &= H + h_e \text{ [m]} \\ H_e &= 0,6080 \text{ m} \end{aligned} \quad (2.17)$$

- Altura de caída de agua  $\Delta h$

$$\begin{aligned} \Delta h &= 1,2H_e \text{ [m]} \\ \Delta h &= 0,7296 \text{ m} \end{aligned} \quad (2.18)$$

- Cálculo de velocidad de caída del agua  $V_1$

$$\begin{aligned} V_1 &= \sqrt{2g\Delta h} \text{ [m/s]} \\ V_1 &= 3,7816 \text{ m/s} \end{aligned} \quad (2.19)$$

- Cálculo del caudal de agua sobre el azud, por metro lineal  $Q$ .

$$\begin{aligned} Q &= \frac{Q_{max}}{b} \left[ \frac{m^3/s}{m} \right] \\ Q &= 0,1590 \frac{m^3}{m \cdot s} \end{aligned} \quad (2.20)$$

- Cálculo de la altura del agua al final del azud  $h_1$ .

$$\begin{aligned} h_1 &= \frac{Q}{V_1} \text{ [m]} \\ h_1 &= 0,042 \text{ m} \end{aligned} \quad (2.21)$$

- Cálculo de la profundidad del colchón  $pc$ .

$$\begin{aligned} pc &= |H_e - \Delta h - h_1| \text{ [m]} \\ pc &= 0,1636 \text{ m} \end{aligned} \quad (2.22)$$

- Cálculo de la cota vertical del azud  $Y_{az}$

$$Y_{az} = \Delta h + h_1 - h_e \quad [m] \quad (2.23)$$

$$Y_{az} = 0,5636 \text{ m}$$

- Cálculo para determinar la primera condición de diseño del Azud.

Se asume la altura del dentellón:  $\Delta hd = 0,08 \text{ m}$ ., la cual se recomienda que este entre 0.05 m y 0.2 m. [2]

$$h'_2 = pc + \Delta hd \quad [m] \quad (2.24)$$

$$h'_2 = 0,2436 \text{ m}$$

$$h_2 = \frac{0,45Q}{\sqrt{h_1}} \quad [m] \quad (2.25)$$

$$h_2 = 0,3491 \text{ m}$$

#### Condiciones de diseño para el azud.

Si  $h'_2 \geq h_2$  Entonces se escogerá el valor de  $h'_2$ . Caso contrario se debe hacer las siguientes operaciones.

Si  $h'_2 < h_2$

$$M = h_2 - h'_2 \quad [m] \quad (2.26)$$

$$M = 0,1055 \text{ m}$$

$$N = pc + M \quad [m] \quad (2.27)$$

$$N = 0,2691 \text{ m}$$

$$h''_2 = N + \Delta hd \quad [m] \quad (2.28)$$

$$h''_2 = 0,3491 \text{ m}$$

Entonces:

Si  $h''_2$  o  $h'_2 \geq h_2$

La condición está perfecta caso contrario se aumentará  $\Delta hd$

- Cálculo de la altura del diente al final del zampeado e.

$$e = 0,08h^{2/3} H \quad [m] \quad (2.29)$$

$$e = 0,009118 \quad m$$

- Cálculo de la longitud de la cuenca  $L_z$

$$L_z = 5[(h_2'' \text{ o } h_2') - h_1] \quad [m] \quad (2.30)$$

$$L_z = 1,5355 \quad m$$

- Cálculo del diámetro medio del material.

Para evitar erosión en la zona posterior a la obra de toma y que el lecho del río pueda sufrir cambios bruscos en su morfología que puedan afectar al lecho mismo y al medio ambiente circundante, se realiza obras de protección que eviten estos inconvenientes:

El diámetro medio del material  $D_m$  con el que se puede proteger el cauce es:

$$V_2 = \frac{V_1 + 0,5}{2} \quad [m/s] \quad (2.31)$$

$$V_2 = 2,14 \quad m/s$$

$$D_m = \frac{1,4}{\Delta h} \left( \frac{V_2^2}{2g} \right) \quad [m] \quad (2.32)$$

$$D_m = 0,1924 \quad m$$

- Cálculo de la profundidad de protección  $d$ , aguas abajo.

El Diámetro de la partícula es:  $dm = 0,005 \quad m$

$$F_b = 1,76\sqrt{dm} \quad (2.33)$$

$$F_b = 0,1244$$

$$h_m = 1,34 \left( \frac{Qd^2}{F_b} \right)^{1/3} \quad (2.34)$$

$$h_m = 0,259 \text{ m}$$

$$d_s = 2h_m \text{ [m]} \quad (2.35)$$

$$d_s = 0,518 \text{ m}$$

- Cálculo de la longitud de protección  $L_L$  aguas abajo.

$$L_L = 1,75d_s \text{ [m]} \quad (2.36)$$

$$L_L = 1,33 \text{ m}$$

- Distancias de seguridad  $d_o$  aguas abajo.

$$d_o = 2\Delta hd \text{ [m]} \quad (2.37)$$

$$d_o = 0,16 \text{ m}$$

$$d_a = d_s - d_o \text{ [m]} \quad (2.38)$$

$$d_a = 0,3593 \text{ m}$$

Condiciones de diseño y estabilidad del azud.

Para realizar las distintas condiciones de diseño se necesita tener la ecuación del azud que será  $ax^2 + bx + c$ , expresión de una parábola a la cual se asemejan las coordenadas del perfil de Creager.

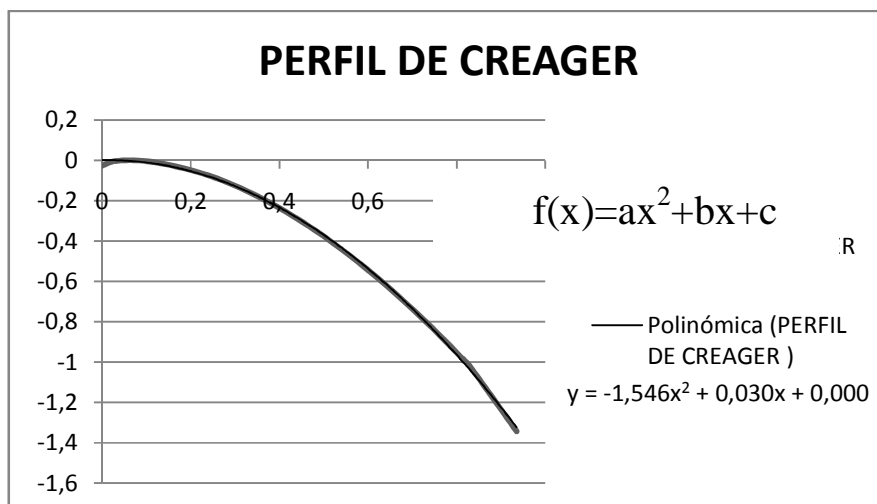
**Tabla 2.8:** COORDENADAS DEL PERFIL DE CREAGER [8]

<b>X</b>	<b>Ordenada del azud</b>
3,2	-3,207
3,3	-3,405
3,4	-3,609
3,5	-3,818
3,6	-4,031
3,7	-4,249
3,8	-4,471
3,9	-4,699

4	-4,93
4,5	-6,46

Los resultados de  $X_{mod}$  y  $Y_{mod}$  se obtienen multiplicando el valor de  $h_e=0,2080\text{ m}$  encontrado anteriormente por cada uno de los valores de la tabla 2.8

$X_{mod}$	$Y_{mod}$
0,66517835	-0,666633428
0,685965173	-0,707791338
0,706751997	-0,750196458
0,72753882	-0,793640919
0,748325644	-0,837916853
0,769112467	-0,883232128
0,789899291	-0,929378876
0,810686114	-0,976772833
0,831472937	-1,024790395
0,935407055	-1,342828794



**Figura 2. 5:** Perfil de Creager.



Matemáticamente el área y el momento del azud están dados por las siguientes ecuaciones, tomando en cuenta que

Ecuación del área del azud.

$$A = \int_0^{X_{mod}} (Y_{mod}) dx - \int_0^{X_{mod}} (ax^2 + bx + c) dx \quad (2.39)$$

Solucionando la ecuación se tiene:

$$A = (Y_{mod} - c)X_{mod} - \frac{aX_{mod}^3}{3} - \frac{bX_{mod}^2}{2} \quad (2.40)$$
$$A = 0,8483 \text{ m}^2$$

Ecuación del momento de la región.

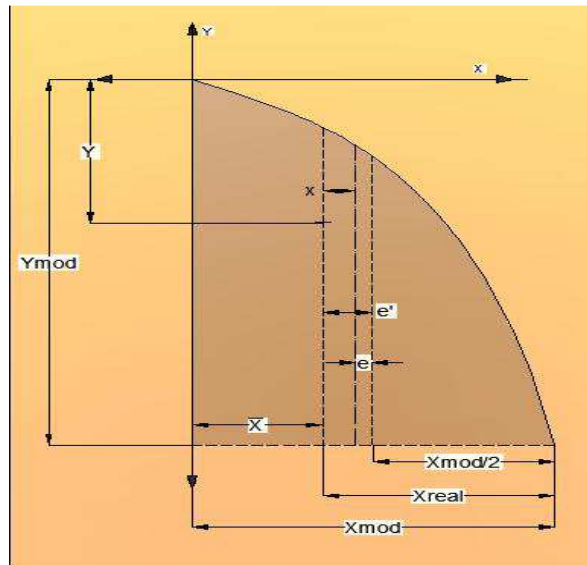
$$My = \int_0^{X_{mod}} [x(Y_{mod} - ax^2 - bx - c)] dx \quad (2.41)$$

Solucionando la ecuación se tiene:

$$My = \frac{(Y_{mod} - c)X_{mod}^2}{2} - \frac{b}{3} X_{mod}^3 - \frac{a}{4} X_{mod}^4 \quad (2.42)$$
$$My = 0,3 \text{ Nm}$$

Se nota que existen las constantes  $a$ ,  $b$  y  $c$  que son los valores de la ecuación del perfil de Creager la cual es una ecuación de segundo grado, para obtener estas constantes se ha utilizado un método numérico de regresión polinomial.

- Cálculo del centro de gravedad, esta distancia está ubicada a partir del eje de las ordenadas.



**Figura 2.7:** Dimensiones en el Perfil de Creager.

$$\bar{X} = \frac{My}{A} \quad [m] \quad (2.43)$$

$$\bar{X} = 0,3571 \quad m$$

$$X_{real} = X_{mod} - \bar{X} \quad [m] \quad (2.44)$$

$$X_{real} = 0,5783 \quad m$$

Se calcula el peso del azud con respecto a la longitud, la cantidad de 23520 es el valor del peso específico del concreto en  $N/m^3$ , y el valor negativo se pone ya que, el área calculada es negativa debido a que está en el eje negativo de las ordenadas.

$$W_T = -23520A \quad [N/m] \quad (2.45)$$

$$W_T = 199952,4618 \quad N/m$$

- Distancia donde esta aplicada fuerza  $\vec{P}$  desde la cresta del vertedero.

$$y = \frac{Y_{mod}}{-3} \quad [m] \quad (2.46)$$

$$y = 0,4476 \quad m$$

- Cálculo de la fuerza  $\vec{P}$  con respecto a la longitud.

$$\bar{P} = \varphi_w \frac{Y_{mod}^2}{2} \left[ \frac{N}{m} \right] \quad (2.47)$$

La densidad del agua es  $\varphi_w = 997,53 \text{ Kg/m}^3$  a una temperatura de  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  (Anexo 2)

$$\begin{aligned} \bar{P} &= 8813,86 \frac{N}{m} \\ X &= \frac{y\bar{P}}{W_T} [m] \\ X &= 0,1977 \text{ m} \end{aligned} \quad (2.48)$$

- Cálculo de la excentricidad  $e'$  con respecto al centro del azud.

$$\begin{aligned} e' &= X_{real} - \frac{X_{mod}}{2} [m] \\ e' &= 0,1106 \text{ m} \end{aligned} \quad (2.49)$$

El siguiente valor  $e_-$  sirve para determinar una condición del azud.

$$\begin{aligned} e_- &= e' - X [m] \\ e_- &= 0,0871 \text{ m} \end{aligned} \quad (2.50)$$

Si es positivo esta a la izquierda del centro.

Si es negativo esta a la derecha del centro.

- Cálculo que ejerce la estructura sobre la roca donde se unen las fuerzas 3 y 4 como muestra la figura 2.6

$$f_{Amax} = \frac{W_T}{|A|} \left( 1 + 6 \frac{|e|}{X_{mod}} \right) [N] \quad (2.51)$$

$$f_{Amax} = 36661,2 \text{ N}$$

$$f_{Amin} = \frac{W_T}{|A|} \left( 1 - 6 \frac{|e|}{X_{mod}} \right) [N] \quad (2.52)$$

$$f_{Amin} = 10379,808 \text{ N}$$

Es decir:

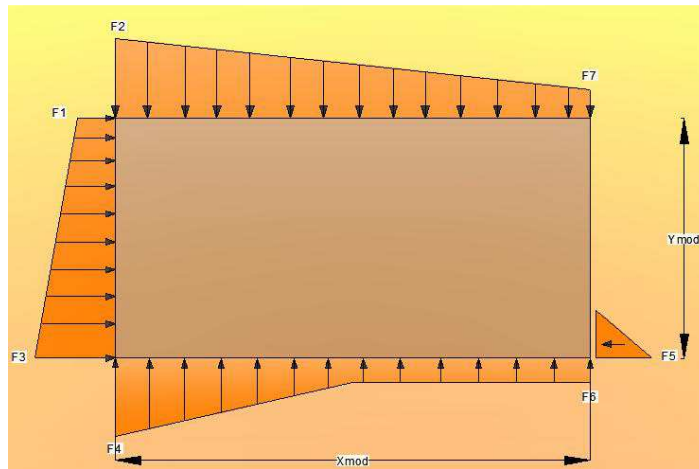
Resistencia de la Roca es  $98000 \text{ N/m}^2$

Si:

$$f_{Amax} < 98000 \quad OK \quad (2.52)$$

$$f_{Amin} < 98000 \quad OK \quad (2.53)$$

Verificación del deslizamiento.



**Figura 2.8:** Fuerzas que Intervienen en el Azud.

- Fuerza dada por la carga energética del fluido  $F_1$ .

$$F_1 = \left( \frac{V^2}{2g} + h \right) \rho_w \quad [N] \quad (2.55)$$

$$F_1 = 203,20911 \text{ N}$$

- Fuerza dada por la altura de carga del fluido  $F_2$ .

$$F_2 = h \rho_w \quad [N] \quad (2.56)$$

$$F_2 = 148,61864 \text{ N}$$

- Fuerza dada por la carga energética y la altura total del agua sobre el lecho del río  $F_3$ .

$$F_3 = \left( \frac{V^2}{2g} + h + H_e \right) \varphi_w \quad [N] \quad (2.57)$$

$$F_3 = 797,452 \text{ N}$$

- Fuerza dada por altura de carga y la altura total del agua sobre el lecho del río  $F_4$ .

$$F_4 = (h + H_e) \varphi_w \quad [N] \quad (2.58)$$

$$F_4 = 742,8622 \text{ N}$$

- Fuerza dada por la profundidad del colchón  $F_5$ .

$$F_5 = pc(\varphi_w) \quad [N] \quad (2.59)$$

$$F_5 = 159,46426 \text{ N}$$

$$F_6 = F_5$$

$$F_7 = h_l(\varphi_w) \quad [N] \quad (2.60)$$

$$F_7 = 41,12054 \text{ N}$$

- Fuerza por las cargas horizontales a la izquierda del azud  $F_8$ .

$$F_8 = (F_3 + F_1) \frac{H_e}{2} \quad [N] \quad (2.61)$$

$$F_8 = 304,13577 \text{ N}$$

- Fuerza por la carga horizontal a la derecha del azud  $F_9$ .

$$F_9 = \frac{F_5 pc}{2} \quad [N] \quad (2.62)$$

$$F_9 = 13,08 \text{ N}$$

- Fuerza producida por el peso del azud  $F_{10}$ .

$$F_{10} = A\varphi_c \quad [N] \quad (2.63)$$

$$F_{10} = 1993,34 \text{ N}$$

- Fuerza por carga vertical dirigida hacia abajo  $F_{11}$ .

$$F_{11} = (F_2 + F_7) \frac{X_{mod}}{2} \quad [N] \quad (2.64)$$

$$F_{11} = 88,74 \text{ N}$$

- Fuerza por cargas verticales dirigidas hacia arriba  $F_{12}$ .

$$F_{12} = (F_4 + F_6) \frac{X_{mod}}{2} + F_6 \frac{X_{mod}}{2} \quad [N] \quad (2.65)$$

$$F_{12} = 285,94 \text{ N}$$

- Fuerza resultante de las cargas verticales  $F_{13}$ .

$$F_{13} = F_{10} + F_{11} - F_{12} \quad (2.66)$$

$$F_{13} = 1798,04 \text{ N}$$

- Fuerza resultante  $F_{RA}$  de las cargas horizontales.

$$F_{RA} = F_8 - F_9 \quad (2.67)$$

$$F_{13} = 291,04 \text{ N}$$

Si tomamos en cuenta que el coeficiente de rozamiento entre la roca y el concreto es  $\mu=0,85$ ; la fuerza de rozamiento que mantiene al azud pegado al piso por su propio peso es mayor que la fuerza horizontal que ejerce el agua hacia adelante: [2]

$$F_{RB} = F_{13}(\mu_{roca}) \quad (2.68)$$

$$F_{13} = 1528,3348 \text{ N}$$

Verificación al desplazamiento

$$\eta_d = \frac{F_{RB}}{F_{RA}} \quad (2.69)$$

$$\eta_d = 5,25$$

$\eta_d \rightarrow$  Factor de seguridad para deslizamiento.

Verificación al volteo.

- Se calcula los momentos con respecto al punto  $O$ .

$$M_{O1} = F_1 \frac{H_e^2}{2} + (F_4 - F_2) \frac{H_e^2}{6} \quad [Nm] \quad (2.70)$$

$$M_{O1} = 741,36 \quad Nm$$

$$M_{O2} = F_6 \frac{X_{mod}^2}{2} + (F_4 - F_6) \frac{X_{mod}^2}{4} \left( \frac{X_{mod}}{2} + \frac{X_{mod}}{3} \right) \quad [Nm] \quad (2.71)$$

$$M_{O2} = 1762,403 \quad Nm$$

$$\sum M_V = M_{O1} + M_{O2} \quad (2.72)$$

$$\sum M_V = 2503,7948 \quad Nm$$

Este es el momento total de volteo.

- Cálculo el momento total resistente  $M_{concreto}$ .

$$M_{concreto} = (\bar{X}_{real}) W_T \quad (2.73)$$

$$M_{concreto} = 11603,6911 \quad Nm$$

$$\sum M_R = F_7 \frac{X_{mod}^2}{2} + (F_2 - F_7) \frac{X_{mod}^2}{3} \quad [Nm] \quad (2.74)$$

$$\sum M_R = 493,43 \quad Nm$$

$$M_Z = M_{concreto} + \sum M_R \quad (2.75)$$

$$M_Z = 12097,1219 \quad Nm$$

Por lo tanto el factor de seguridad por volteo es:

$$\eta_{volteo} = \frac{M_Z}{\sum M_V} \quad (2.76)$$

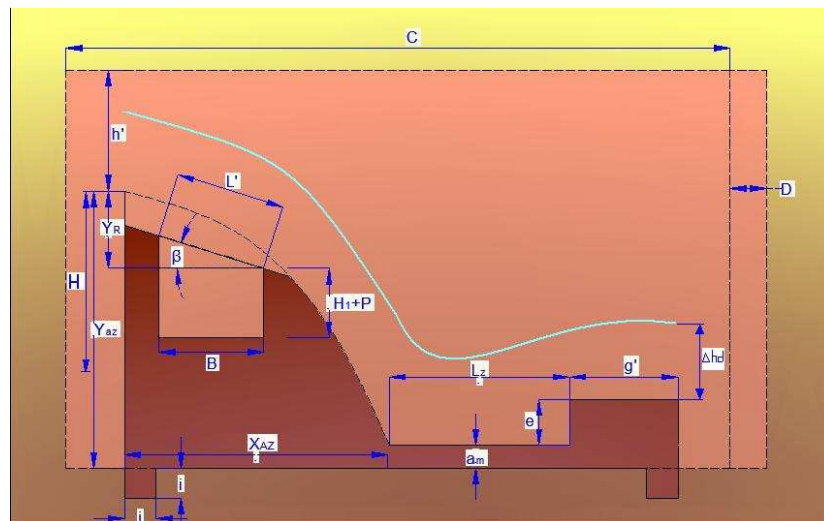
$$\eta_{volteo} = 4,83$$

$\eta_{volteo} \rightarrow$  Factor de seguridad.

La presa esta en equilibrio cuando la sumatoria de los momentos del concreto  $M_Z$  es igual a la sumatoria de los momentos del agua  $M_V$ , es decir cuando el **Factor de seguridad =1.0**, sin embargo debido a la dificultad de encontrar con precisión las diferentes fuerzas y sollicitaciones se debe considerar un factor de seguridad a la rotación sea mayor que uno [9]

Por lo tanto, debido a que los factores de seguridad son altos, está garantizado que la presa vertedora o azud es estable en el terreno donde se asienta la misma.

### 2.2.1.2 Diseño de la bocatoma de fondo. [3]



**Figura 2.9:** Dimensiones Específicas de la Bocatoma de Fondo.

- Cálculo de la altura inicial del agua h.

$$h = \frac{2}{3} X(h_o) \text{ [m]} \quad (2.77)$$

Dónde:  $h_o$  = Nivel mínimo en épocas de sequía 0.2 [m].



**Tabla 2.9:** ÁNGULO DE INCLINACIÓN DE LA REJILLA. [ 3 ]

$\beta$	X
0	1
2	0.980
4	0.964
6	0.944
8	0.927
10	0.910
12	0.894
14	0.879
16	0.865
18	0.851
20	0.837
22	0.825
24	0.812
26	0.8

$$h = 0,1066 \text{ m}$$

- A continuación esta el cálculo de la distancia d entre ejes de las barras.

$$d = \frac{a}{100} + (0,025 e) \text{ [m]} \quad (2.78)$$

Donde:  $a =$  Espaciamiento de barras

$\beta =$  Ángulo de inclinación de la rejilla

$e =$  Espesor de las barras

**Tabla 2.10:** APERTURA DE BARROTES Y ESPESOR DE REJILLA [8]

a (cm)	Espesor (plg)
1	3/8''
2	3/4''
3	3/4''
4	1 1/2''

5	1 1/2''
6	1 1/2''
7	1 1/2''
8	1 1/2''
9	1 1/2''
10	1 1/2''

La apertura de barros se selecciona tomando en cuenta los diferentes materiales que son arrastrados por el río, tales como ramas, hojas, etc.

$$d = 0,0875 \text{ m}$$

- Cálculo del coeficiente c de contracción.

$$c = 0,6 \left( \frac{a}{100d} \right) (\cos \beta)^{3/2} \quad (2.79)$$

$$c = 0,2921$$

- Cálculo de la longitud L teórica de la rejilla.

$$L = \frac{Qd}{(c\mu b)(2gh)^{1/2}} \text{ [m]} \quad (2.80)$$

Donde:  $\mu = [0.68 - 0.85]$       Coeficiente de derrame igual a 0,7, [ 2 ]

$b =$  ancho del vertedero igual a 0,6 [m]

$$L = 0,1691 \text{ m}$$

Para evitar que hojas y otros elementos puedan reducir el área de captación se aumenta en 20% la longitud de la rejilla.

$$L' = 1,2L \quad [m] \quad (2.81)$$

$$L' = 0,203 \quad m$$

- Cálculo del número  $n$  de espacios entre barrotes.

$$n = \frac{100b}{a} \quad (2.82)$$

$$n = 12$$

- Cálculo del número  $N$  de barrotes.

$$N = n + 1 \quad (2.83)$$

$$N = 13$$

- Cálculo del ancho real de la rejilla  $b'$

$$b' = b + N(0,025e) \quad [m] \quad (2.84)$$

$$b' = 1,0875 \quad m$$

- El ancho del canal colector de la toma de agua  $B$  con una pendiente interna del  $26^\circ$  es igual a:

$$B = L' \cos\beta \quad [m] \quad (2.85)$$

$$B = 0,182455 \quad m$$

- La profundidad crítica  $Y_c$  del canal es:

$$Y_c = \left( \frac{Qd^2}{gB^2} \right)^{1/3} \quad [m] \quad (2.86)$$

$$Y_c = 0,1402 \quad m$$

- Cálculo de la velocidad crítica del canal  $V_c$ .

$$V_c = (gY_c)^{1/2} \quad \left[ \frac{m}{s} \right] \quad (2.87)$$
$$V_c = 1,1723 \quad m/s$$

- Luego se calcula la altura  $H_2$  del agua al final del canal.

$$H_2 = 1,1Y_c \quad [m] \quad (2.88)$$

$$H_2 = 0,15422 \text{ m}$$

- Cálculo del rango de seguridad  $P$  para el canal.

$$P = 0,5H_2 \quad [m] \quad (2.89)$$

$$P = 0,07711 \text{ m}$$

- Cálculo de la longitud  $b''$  del canal.

$$b'' = \frac{(b' + a_m)}{0,9962} \quad [m] \quad (2.90)$$

Donde:  $a_m$ : [0.1 - 0.2]      Ancho muro de contención igual a 0,1. [2]

El valor de 0.9962 viene del coseno de  $5^0$  debido a la inclinación del canal.

$$b'' = 1,1920 \text{ m}$$

La distancia correspondiente a la altura del canal es:

$$h_p = 0,08715 b'' \quad (2.91)$$

El valor de 0.08715 viene del seno de  $5^0$  debido a la inclinación del canal.

$$h_p = 0,10388$$

- Cálculo de la altura inicial del canal  $H_1$ .

$$H_1 = \sqrt{\frac{2Y_c^3}{H_2} + \left( H_2 - \frac{0,087488b''}{3} \right)^2} - \frac{0,087488(2b'')}{3} \quad [m] \quad (2.92)$$

$$H_1 = 0,1525 \text{ m}$$

- Cálculo de la velocidad final  $V_f$  del agua.

$$V_f = \frac{Q_d}{H_2 B} \left[ \frac{m}{s} \right] \quad (2.93)$$

$$V_f = 1,063 \frac{m}{s}$$

Condición de velocidad:

Si  $V_f < V_c$  las ecuaciones están correctas caso contrario se modifica datos.

### Condiciones de posición

- Cálculo del ancho  $L_R$  del canal.

$$L_R = B \quad [m] \quad (2.94)$$

$$L_R = 0,1824 \text{ m}$$

- Para calcular la profundidad del canal se mayor a al valor  $B$  en 1.5 veces.

$$L'_R = 1,5 B \quad [m] \quad (2.95)$$

$$L'_R = 0,2736 \text{ m}$$

$$i' = \frac{X_R - L_R}{2} \quad [m] \quad (2.96)$$

El valor de  $X_R$  y de  $Y_R$  se determina con ayuda del valor de  $L'_R$ , el cual se compara con el valor de  $X_{mod}$  en el perfil de Creager de la tabla N° 2.8 y se toma el valor inmediato superior por tanto:

$$X_R = 0,8314$$

$$Y_R = -1,0247$$

$$i' = 0,3289 \text{ m}$$

$$Y_P = -Y_R - (L' \text{ sen} \beta + i' \text{ tan} \beta) \quad (2.97)$$

$$Y_P = -0,7771$$

### Condición de Diseño.

Si:

$$Y_p \leq 0.5H \quad \text{OK}$$

### 2.2.1.3 Conducción

Para este diseño se ha tomado conducción por tubería.

#### Conducción Por Tubería. [4]

El agua captada por cualquiera de las dos bocatomas debe ser transportada hacia el desarenador o el tanque de presión para eso se debe tener la diferencia de niveles entre las obras donde se va a hacer la conducción de la tubería, para ello los primeros datos que se necesita son las alturas de las dos obras donde se pondrá la conducción, además la tubería usada será de PVC por razones económicas.

#### Cálculo del desnivel $H_1$ entre dos obras en conducción.

$$H_1 = H_A - H_B \quad [m] \quad (2.98)$$

Donde:  $H_A$ : Altura en captación; igual a 120 [msnm]

$H_B$ : Altura en desalojo del fluido; igual a 117 [msnm]

$$H_1 = 3 \text{ m}$$

#### Sumatoria de las pérdidas $\sum K$ según el número de accesorios. [4]

$$\sum K = (N^a \text{ de codos } 45^\circ)K_{45} + (N^a \text{ de codos } 90^\circ)K_{90} + (N^o \text{ de uniones})K_u + K_{es} \quad (2.99)$$

Donde:  $K_{es}$ = Pérdidas por entrada y salida; igual a 1.5 [adimensional]

$K_u$ = Pérdidas por unión; igual a 0.3 [adimensional]

$N^a$  de uniones. = 1

$$\sum K = 1,8$$

La ecuación de Bernoulli incluye todos los tipos de energía existentes en el agua desde la bocatoma hasta el desarenador o el tanque de presión y de la cual se hará uso para determinar el diámetro de tubería necesario en la conducción:

$$\frac{P_A}{\gamma} + \frac{V_A^2}{2g} + Z_A = \frac{P_B}{\gamma} + \frac{V_B^2}{2g} + Z_B + H_{rs} \quad (2.100)$$

Reduciendo la ecuación queda

$$H_{rs} = H_A - H_B = H_l \quad (2.101)$$

Ya que la presión en los dos puntos de estudio están a la atmósfera.

Las pérdidas de energía en la tubería son iguales a la diferencia de alturas entre los dos puntos, de acuerdo al levantamiento topográfico, esta altura es  $H_l$ . De la misma manera, las pérdidas de energía se producen debido a dos factores: pérdidas por fricción del agua contra las paredes del tubo a lo largo de la longitud de la tubería, la misma que tiene una longitud de  $L_T = 5$  [m] desde el sector de la bocatoma hasta donde finaliza la tubería, a este tipo de pérdidas se conoce como pérdidas primarias, y pérdidas por turbulencia en los accesorios o pérdidas secundarias, las cuales se toman en cuenta en la siguiente ecuación:

$$H_{rs} = \frac{16Q_d^2}{2g\pi^2 D^4} \left( \lambda_i \frac{L_T}{D} + \sum K \right) \quad (2.102)$$

Remplazando, los valores existentes, claro que hay que mencionar que el valor  $\lambda_i$  se asume igual a 0,02; despejando la ecuación se tiene:

$$\begin{aligned} f(D) &= (H_l g \pi^2) D^5 - (8Q_d^2 \sum K) D - 8Q_d^2 \lambda_i L_T \\ f(D) &= 209,166 D^5 - 0,01296 D - 0,0008653 \end{aligned} \quad (2.103)$$

Se calcula la primera derivada de la ecuación anterior, para realizar el método de Newton Raphson



$$f'(D) = (5H_1g\pi^2)D^4 - (8Q_d^2 \Sigma K) \quad (2.104)$$

$$f'(D) = 1450,83 D^4 - 0,01296$$

Ahora se procede a realizar el método numérico anteriormente mencionado, inicializando el valor de  $D_i$  con 0,20 m. y se saca la nueva raíz, de la siguiente manera.

$$D = D_i - \frac{f(D)}{f'(D)} \quad (2.105)$$

El nuevo valor de  $D$  se reemplaza en  $D_i$  hasta que el valor de  $D$  sea igual a  $D_i$ .

**Cálculo del área de la tubería utilizando el diámetro  $D = 0,1042$  m.**

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \quad (2.106)$$

$$A = 0,00687 \text{ m}^2$$

Los valores de viscosidad en función a la temperatura están en el Anexo 2, la misma que sirve para el cálculo del número de Reynolds.

**Cálculo de la velocidad  $v$  en la tubería.**

$$v = \frac{Q_d}{A} \left[ \frac{m}{s} \right] \quad (2.107)$$

$$v = 4,36 \frac{m}{s}$$

**Cálculo del número de Reynolds. (Anexo 3)**

$$R_e = \frac{vD}{\lambda} \quad (2.108)$$

$$R_e = 2,74 \times 10^4$$

Una vez realizado los cálculos anteriores reemplazamos en la ecuación de Colebrook-White (1939) y se iguala a cero, que es además válida para todo tipo de flujos y rugosidades. Es la más exacta y universal, pero el problema radica en su complejidad y que requiere de iteraciones:

$$f(\lambda_i) = \frac{1}{\sqrt{\lambda_i}} + 2 \log \left[ \left( \frac{k}{3,71 D} \right) + \left( \frac{2,51}{R_e \sqrt{\lambda_i}} \right) \right] \quad (2,109)$$

Para aplicar el método de Newton Raphson se debe sacar la primera derivada que está dada por:

$$f'(\lambda_i) = \frac{0,5 \left[ \sqrt{\lambda_i} \left( \left( \frac{k}{3,71 D} \right) + 0,86858896 \frac{2,51}{R_e} \right) + \frac{2,51}{R_e} \right]}{\lambda_i^{3/2} \left( \sqrt{\lambda_i} \left( \frac{k}{3,71 D} \right) + \frac{2,51}{R_e} \right)} \quad (2,110)$$

Para comenzar a iterar se tiene el valor de  $\lambda_i$  de 0.002 como se menciono anteriormente.

Y se tiene el método de la siguiente manera.

$$\lambda = \lambda_i - \frac{f(\lambda_i)}{f'(\lambda_i)} \quad (2,111)$$

$$\lambda = 0,024$$

A continuación se reemplaza el valor de  $\lambda$  en  $\lambda_i$  es decir que se debe re calcular el Diámetro de la tubería  $D$ , ya que depende del valor  $\lambda_i$ , y posteriormente se reemplaza en la ecuación de Colebrook-White y seguir el mismo procedimiento hasta que el valor de  $\lambda_i = \lambda$

$$\lambda_i = \lambda \quad (2,112)$$

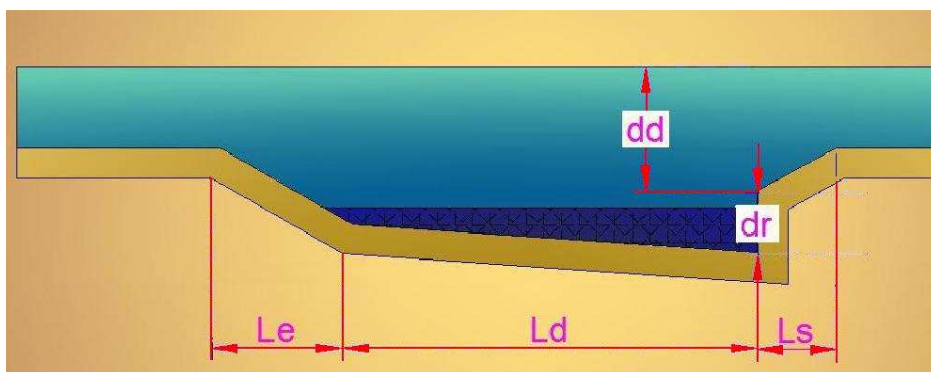
Cuando se cumpla esta igualdad se obtiene la medida  $D$  que será la longitud del diámetro de la tubería de conducción.

$$D = 0,09353 \text{ m} = 9.35 \text{ cm}$$

#### 2.2.1.4 Diseño del desarenador. [3]

Debido a que el agua que es transportada desde las obras de captación hacia la casa de máquinas y la turbina tiene elementos en suspensión como arena y sedimentos, es necesario asentar los mismos pues se corre el riesgo de dañar gravemente los álabes de la turbina por la abrasión que éstos producen. Para esto se utiliza el desarenador el cual tiene por objetivo disminuir al máximo la velocidad del agua para que las partículas que se suspendan en él se asienten en el fondo para luego ser removidas. Para que las partículas se decanten, se debe disminuir la velocidad del agua por medio de la disminución de la pendiente anterior del canal o tubería. La velocidad de la corriente en el desarenador no debe ser superior a 0,5 m/s debido a que a velocidades mayores las partículas no se decantan.

La longitud total del desarenador se divide en tres tramos que son: entrada, decantación y salida. Para el funcionamiento correcto del desarenador es importante distinguir estas longitudes además de las profundidades de decantación y de recolocación que sirven para poder retener una cierta cantidad de sedimentos recolectados por el mismo.



**Figura 2.10:** Desarenador.

- Cálculo del ancho del tanque desarenador  $W$ . [3]

$$W = \frac{Q_d}{V_H d_d} \quad [m] \quad (2,113)$$

Donde:  $V_H$ : (0.2 – 0.5) [m/s] Velocidad horizontal; igual a 0,2 m/s.

$d_d$ : [m] Profundidad de decantación, se recomienda esta distancia menor que 1 m; igual a 0,3 m.

$$W = 0,5 \text{ m}$$

- Cálculo de la longitud de la base del tanque desarenador  $L_d$ .

$$L_d = 150 \frac{V_H}{V_{SD}} d_d \quad [m] \quad (2,114)$$

**Tabla 2.11:** TAMAÑO DE PARTÍCULA Y VELOCIDAD DE SEDIMENTO.

<b>d (mm)</b>	<b>Vsd (cm/s)</b>
0.05	0.178
0.1	0.692
0.15	1.560
0.20	2.16
0.25	2.7
0.30	3.24
0.35	3.78
0.40	4.32
0.45	4.86
0.50	5.4
0.55	5.94
0.60	6.48
0.70	7.32
0.80	8.07
1	9.44
2	15.29
3	19.25
5	24.9

Se selecciona un tamaño de partícula de 1 mm debido a que al desarenador la partícula es más pequeña que la seleccionada en el azud debido a que las partículas de mayor tamaño se sedimentan en la base de este.

$$L_d = 0,95 \text{ m}$$

- Capacidad del tanque colector  $m$ , y frecuencia de velocidad del depósito se da por la siguiente ecuación.

$$m = (Q_d T) U \quad [\text{Kg}] \quad (2,115)$$

Donde:

$T = 604800 \text{ [s]}$  Periodo de tiempo de cada vaciado del tanque es decir 1 vez por cada semana.

$U: [\text{Kg}/\text{m}^3]$  Turbidez; igual a  $0,008 \text{ Kg}/\text{m}^3$ . [2]

$$m = 145,52 \text{ Kg}$$

- La siguiente expresión mayor la masa por seguridad en un 100%

$$m_R = 2 m \quad (2,116)$$

$$m_R = 290,304 \text{ Kg}$$

- Cálculo del volumen de sedimento  $V$ .

$$V = \frac{m_R}{den_{arena}} \quad [\text{m}^3] \quad (2,117)$$

Densidad de la arena igual a  $2600 \text{ Kg}/\text{cm}^3$  [2]

$$V = 0,1116 \text{ m}^3$$

- A continuación se halla la profundidad del colector  $d_r$ .

$$d_r = \frac{V}{L_d W} \quad [\text{m}] \quad (2,118)$$

$$d_r = 0,2342 \text{ m}$$

- Para determinar el ancho del colector  $W_1$  a la entrada se utiliza la siguiente expresión.

$$W_1 = \frac{W}{3} \quad [m] \quad (2,119)$$

$$W_1 = 0,16667 \text{ m}$$

- Cálculo de la longitud de transición  $L_s$  a la salida del desarenador.

$$L_s = \frac{W_1}{\tan(12,5^\circ)} \quad [m] \quad (2,120)$$

$$L_s = 0,7517 \text{ m}$$

- Cálculo de la longitud del desarenador  $L_e$  a la entrada.

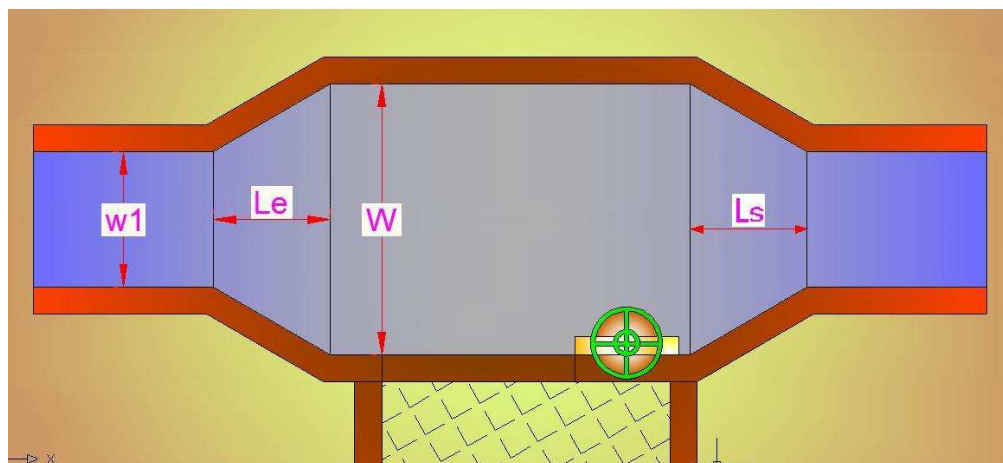
$$L_e = 2,5 W \quad [m] \quad (2,121)$$

$$L_e = 1,25 \text{ m}$$

- Cálculo del encofrado del desarenador.

$$E = (d_d + d_r)[2(L_e + L_d + L_s) + 2W]2 \quad [m^2] \quad (2,122)$$

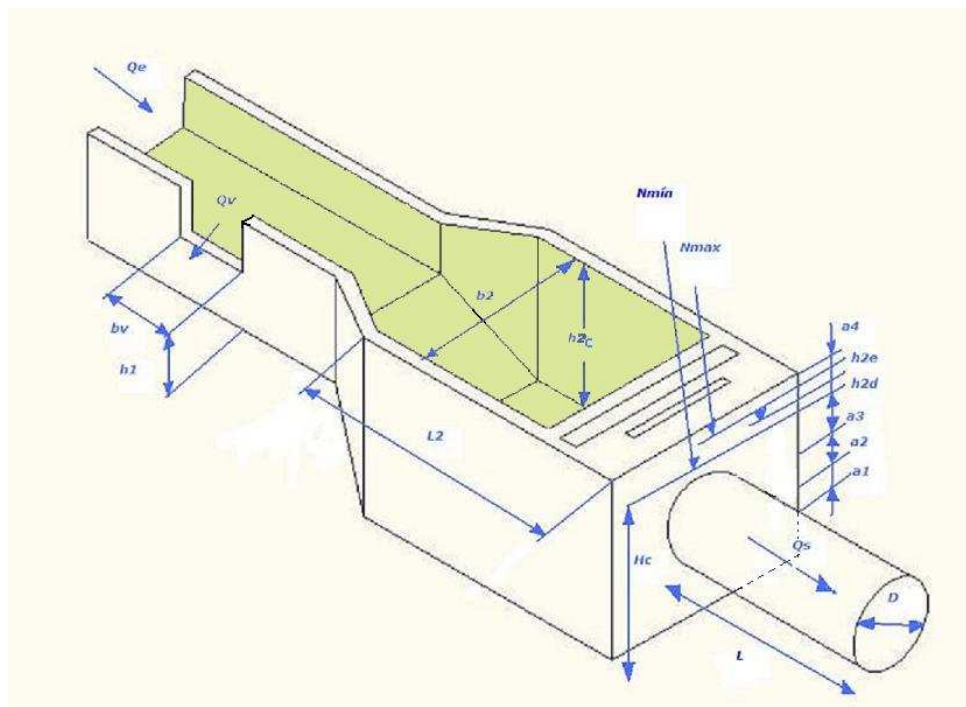
$$E = 7,38 \text{ m}^2$$



**Figura 2.11:** Vista Superior del Desarenador.

### 2.2.1.5 Diseño del tanque de presión. [2] [3]

Para asegurar el caudal constante en época de estiaje y además un correcto funcionamiento de la PCH, el caudal de diseño se aumenta 10 veces de acuerdo a un criterio empírico para obtener dimensiones coherentes



**Figura 2.12:** Dimensiones Generales del Tanque de Presión.

- Cálculo del diámetro  $D$  de la tubería de presión según Bondschú.[13]

$$D = 1,27 \frac{Q_d^{0,4268}}{1,3H_B^{0,1423}} \quad [m] \quad (2,123)$$

$H_B$ : Altura de caída bruta; .6 m

$$D = 0,1694m$$

- Velocidad  $V_T$  del fluido que pasa por el tanque de presión.

$$V_T = \frac{4Q_d}{\pi D^2} \left[ \frac{m}{s} \right] \quad (2,124)$$

$$V_T = 1,3295 \frac{m}{s}$$

- Se toma un valor de altura equivalente al diámetro de la tubería de presión mediante la siguiente ecuación.

$$a_2 \approx D \quad [m] \quad (2,125)$$

$$a_2 = 0,17 \text{ m}$$

- Cálculo del ancho  $b_2$  del tanque de presión. [2]

$$b_2 = \frac{Q}{V_2 h_2} \quad [m] \quad (2,126)$$

$V_2$ : Velocidad media en cámara.  $(0.6 - 1) \text{ [m/s]} = 0,6 \text{ [m/s]}$

$$b_2 = 1,1733 \text{ m}$$

- Cálculo de la altura  $h_{2d}$  del volumen de la cámara del tanque de presión.

$$h_{2d} = \frac{Q}{7b_2 \sqrt{h_2}} \quad [m] \quad (2,127)$$

$$h_{2d} = 0,085 \text{ m}$$

**La distancia que se obtiene a continuación  $h'_{2e}$  servirá para comparar la condición.**

Condición de diseño para la cámara de presión.

SI:  $h'_{2e} < h_2 \Rightarrow$  La condición está correcta.

Caso contrario.

SI:  $h'_{2e} > h_2$  ; hay que variar  $h_2$

Se asume una altura de la cámara  $h_2$  de 1,5 m.



$$h_{2e}' = a_1 + 2D + h_{2d} \quad [m] \quad (2,128)$$

$$h_{2e}' = 0,6475 \text{ m}$$

$$h_{2e}' < h_2$$

0,6475 < 1,5 La condición está correcta.

- La longitud de la cámara de presión  $L_2$  se determina de la siguiente manera.

$$L_2 = \frac{0,304QL\sqrt{h_2}}{1,3H_B D^2} \quad [m] \quad (2,129)$$

$$L_2 = 1,61 \text{ m}$$

- Cálculo de la altura del nivel máximo  $h_{2e}$ .

$$h_{2e} = \frac{0,25 Q}{b_2 \sqrt{h_2}} \quad [m] \quad (2,130)$$

$$h_{2e} = 0,15 \text{ m}$$

- Cálculo de la altura total  $h_{2c}$  de la cámara de presión.

$$h_{2c} = h_2 + h_{2e} + a_4 \quad [m] \quad (2,131)$$

$$h_{2c} = 2,0183 \text{ m}$$

- Cálculo del encofrado del tanque de presión.

$$E = 2h_{2c}(2L_2 + 2b_2) \quad [m^2] \quad (2,132)$$

$$E = 8,7274 \text{ m}$$

#### 2.2.1.6 Diseño tubería de presión [2] [4]

Para encontrar el diámetro de la tubería de presión que se utilizará, se lo determina con la siguiente ecuación.

$$D = 0,35 \sqrt[5]{\frac{Q^2 L}{H_b}} \quad (2.133)$$

Donde  $D$  = diámetro de la tubería de presión (m)

$Q$  = caudal; igual a 0,03 (m<sup>3</sup>/s)

$L$  = longitud de tubería; iguala 7 (m)

$H_b$  = Altura bruta; igual a 3 (m)

Al reemplazar los datos obtenidos de las mediciones realizadas en la ecuación (2.133), se tiene el siguiente resultado:

$$D = 0,35 \sqrt[5]{\frac{(0,03)^2 * 7}{3}} = 0,07609 \text{ m} = 7,6909 \text{ cm} = 3 \text{ in}$$

$$D = 3 \text{ in}$$

Es así que el sistema de la tubería de presión quedará conformado por:

- ◆ Desagüe de entrada
- ◆ 7 m. de tubería de 3"
- ◆ Una reducción de 3" a 2"
- ◆ Una válvula de globo de 2"

Por lo cual, el cálculo para las pérdidas se lo debe realizar como una tubería en serie, teniendo que tomar en cuenta las siguientes ecuaciones que rigen a los sistemas de tuberías en serie:

$$Q = Q_1 = Q_2 = Q_3 = \dots \quad (2.134)$$

$$H_r = H_{r1} + H_{r2} + H_{r3} + \dots \quad (2.135)$$

$$V_1 D_1^2 = V_2 D_2^2 = V_3 D_3^2 = \dots \quad (2.137)$$

### **Pérdidas primarias ( $H_{rp}$ )**

Las pérdidas primarias se calculan con la ecuación de DARCY WESIBACH

$$H_{rp} = \lambda * \frac{L * V^2}{2Dg} \quad (2.138)$$

Donde:  $\lambda$  = Coeficientes de pérdidas primarias

$L$  = longitud de las tuberías de 3" (m)

$V$  = velocidad del agua en las tuberías (m/s)

$D$  = Diámetros de las tuberías (m)

$g$  = gravedad de la tierra (9,81 m/s)

Para obtener el factor de pérdida primaria  $\lambda$ , se lee su valor en el diagrama de MOODY mediante el número de REYNOLDS (anexo3) y el material de la tubería a utilizarse, que en este diseño será tubería lisa de Polietileno.

Para calcular el número de REYNOLDS ( $R_e$ ) se aplica la siguiente ecuación [4]:

$$R_e = V * \frac{D}{\nu} \quad (2.139)$$

Donde:  $V$  = velocidad del agua en la tubería (m/s)

$\nu$  = viscosidad cinemática del agua (m<sup>2</sup>/s)

$D$  = diámetro de la tubería (m)

La medición de la temperatura del agua se realizó con un termómetro y la misma se mantenía en un promedio de 25 °C, de modo que el valor de la viscosidad cinemática para esta temperatura es de 8.94 x 10<sup>-7</sup>, (Anexo 2)

Para calcular la velocidad se aplica la ecuación de la continuidad:

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} * V \quad (2.140)$$

Despejando la velocidad de la ecuación (2.140) queda:

$$V = 4 * \frac{Q}{\pi D^2} \quad (2.141)$$

Donde :  $Q = 30 \text{ lt/s} = 0.03 \text{ m}^3/\text{s}$

$D = 77.93\text{mm} = 0.07793\text{m}$  (Anexo 4)

$$V = 0,1886 \text{ m/s}$$

### Cálculo del número de REYNOLDS

$$R_e = 1,64478 \times 10^4$$

Con este valor de REYNOLDS y con el tipo de material de la tubería, se procede a leer los valores de  $\lambda$  en el Diagrama de MOODY, teniendo los siguientes valores: (Anexo 3).

$$\lambda = 0,027$$

Reemplazando los datos obtenidos en la ecuación, las pérdidas primarias son:

$$H_{rp} = 0,023 \text{ m}$$

### Pérdidas secundarias ( $H_{rs}$ ) [4]

Las pérdidas secundarias se producen en los accesorios que están conectados a la tubería y cada uno de estos tiene su propio coeficiente de pérdida. Las pérdidas secundarias se calculan utilizando la siguiente ecuación:

$$H_{rs} = K * \frac{V^2}{2g} \quad (2.142)$$

Donde:  $K =$  Coeficiente de pérdida secundaria

$V =$  velocidad del agua en la tubería (m/s)

$g =$  gravedad de la tierra (9,81 m/s)

Los accesorios utilizados en este sistema, tienen los siguientes coeficientes de pérdida:

- ◆ Entrada con resalte de tubería  $K_1 = 1$
- ◆ Contracción suave de 3" a 2"  $K_2 = 0.2$
- ◆ Una válvula de globo de 2"  $K_3 = 0,15$

Por lo tanto la ecuación para pérdidas secundarias queda expresada de la siguiente manera:

$$H_{rs} = K_1 * \frac{V^2}{2g} + K_2 * \frac{V^2}{2g} + K_3 * \frac{V^2}{2g} + K_4 * \frac{V^2}{2g} \quad (2.143)$$

$$H_{rs} = 0,00245m$$

Reemplazando los valores de  $H_{rp}$  y  $H_{rs}$  en la ecuación, las pérdidas totales son:

$$H_r = H_{rp} + H_{rs} \quad (2.144)$$

$$H_r = 0,025m$$

Reemplazando los valores de  $H_b$  y  $H_r$ , se obtiene el valor de la altura neta:

$$H_n = H_b - H_r \quad (2.145)$$

$$H_n = 5,974 m$$

Según el diseño previo, la tubería de presión consta de:

- 1 manguera de PVC de 3", de 7 metros de largo.
- 1 reducciones de 3" a 2"
- 1 mangueras de polietileno de 2" 1 metro de largo que se conecta al inyector.

Se toma la decisión de enterrar la tubería de presión por las siguientes razones:

- Evitar la exposición a los rayos solares que acortan drásticamente la vida útil de la tubería de PVC.
- Contrarrestar las fuerzas de los fluidos que provocan que se mueva la tubería y corra el riesgo de romperse.
- Para lo cual se tomo en consideración la norma ASTM D 2321 "Recomendaciones Prácticas" para El fondo de la zanja debe estar liso, seco y estabilizado si es necesario.
- Si se requiere de material para la fundición, este debe ser de un material convenientemente identificado por ASTM D 2321. El material debe nivelarse y compactarse a un mínimo de 85% STANDARD PROCTOR DENSITY.
- Colocar el material de relleno de zanja debajo de la tubería. • Se requiere consolidar alrededor de la superficie de la tubería usando las herramientas convenientes.
- El relleno de zanja debe colocarse en una primera y segunda capa uniformemente que no exceda de 12 plg. Y cada capa debe compactarse a un mínimo de 85% STANDARD PROCTOR DENSITY.

- Los primeros rellenos de zanjas deben normalmente extenderse a una altura igual a 75% del diámetro de la tubería, si la tubería será puesta bajo el agua, consulte al ingeniero del proyecto para determinar si se requiere de material adicional.
- El relleno de zanja final, debe ser de material que esté libre de piedras grandes u objetos punzo-penetrantes.
- Se debe obtener una compactación adecuada antes de que cualquier equipo se maneje encima de la tubería.

Instalación Subterránea de Tuberías” la cual recomienda:

**Tabla 2.12:** TIPOS DE SUELOS SEGÚN LA NORMA ASTM D 2321

<b>CLASE I</b>	<b>CLASE II</b>	<b>CLASE III</b>
Piedra angular 1/4in. a 1-1/2, incluyendo varios materiales que pueden estar localmente disponibles como coral, escoria aplastada, la piedra aplastada y cáscaras aplastadas.	Arenas toscas y arenas gruesas ½ in. como tamaño de partícula máximo, incluyendo las arenas diversamente graduadas y arenas gruesas que contienen porcentajes pequeños de hullas menudas, generalmente granular y no-cohesivo, húmedo o seco	Finas arenas y la arcilla enarenada, incluye arena-arcilla fina y mezclas del graba-arcilla.

Además de esto la misma norma específica como realizar el relleno de la zanja.

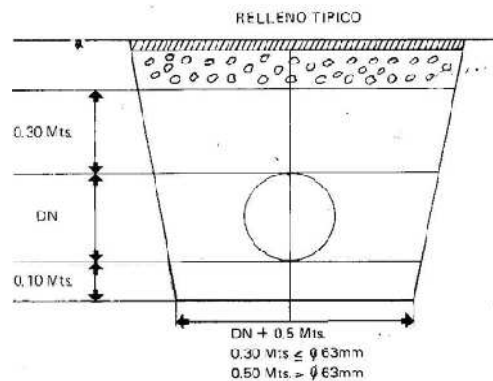
### **Relleno inicial**

Los requisitos de compactación específicos pueden variar de trabajo a trabajo pero, deben adaptarse generalmente al anclado-empotrado y Rellenos iniciales a 90 por ciento de Standard Proctor Density como lo determinado por "American Association of State Highway Official's Method: T99." En ciertas aplicaciones no-críticas, un nivel más bajo de consolidación puede ser especificado por el ingeniero que dirige la obra.

La compactación debe llevarse a cabo en capas de 6 plg hasta a la cima de la tubería. La compactación no debe hacerse directamente encima de la tubería si no por lo menos un pie de capa de tierra encima de la misma.

### **Relleno final.**

Los rellenos finales de cierta calidad pueden excavar de otra tierra. Este material debe estar libre de vacíos, trozos de arcilla, piedras y cantos rodados más grande de 8 plg en su diámetro. En todos los casos el ingeniero que dirige la obra debe juzgar la conveniencia del material para el uso como relleno.



**Figura 2.13:** Relleno Final de Tubería

En la figura se muestra el detalle de la zanja por donde va enterrada la tubería, dicha zanja tiene una profundidad de 70 cm., previa a la colocación de la tubería se debe hacer un colchón de arena de aproximadamente 8 cm. en la base de la zanja, posteriormente se ubica la tubería y esta debe ser cubierta con una capa de aproximadamente 20 cm. de la misma arena que sirve como colchón, la razón por la que se debe utilizar esta capa de arena que envuelve a la tubería es porque ésta no provoca fisuras ni deformaciones en la manguera. Por último se debe rellenar el resto de zanja con el material excavado de la misma.

#### 2.4. Selección del tipo de turbina [2] [5]

Uno de los principales criterios que se deben manejar a la hora de seleccionar el tipo de turbina que se va a utilizar en una central, es la **velocidad específica cinemática** ( $N_s$ ) y la **velocidad específica dinámica** ( $N_q$ ), estos valores se obtienen a partir de las siguientes ecuaciones:

$$N_q = \frac{N\sqrt{Q}}{\sqrt[4]{H_n^3}} \quad (2.146)$$

$$N_s = \frac{N\sqrt{P}}{\sqrt[4]{H_n^5}} \quad (2.147)$$

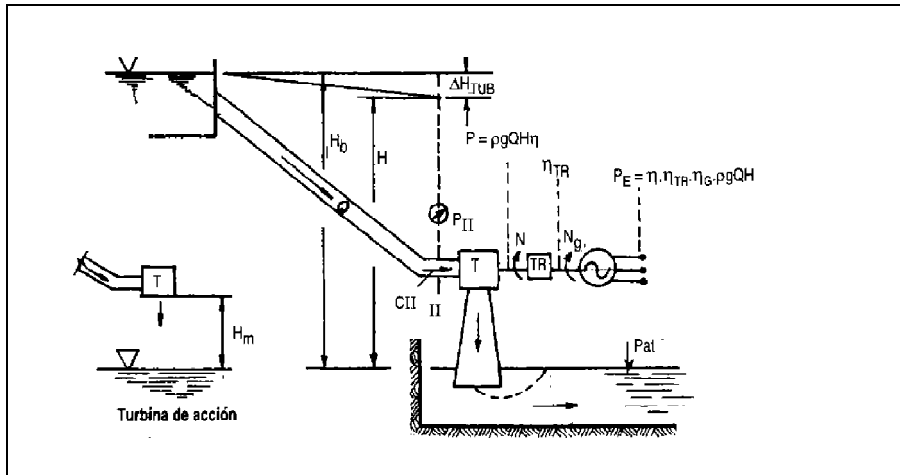
Donde:  $P$  = Potencia al eje de la turbina, [C.V.]

$Q$  = Caudal que fluye por la turbina

$H_n = \text{Altura Neta de la Picocentral}$

$N = \text{Velocidad de giro de la turbina [RPM]}$

De acuerdo al esquema de una P.C.H. mostrada en la figura N° 2.12, la potencia generada se obtiene de las siguientes ecuaciones:



**Figura 2.14:** Esquema de un Grupo de Generación

$$P_E = P \eta_{TR} \eta_G \quad (2.148)$$

$$P = \frac{\rho(gQH_n \eta)}{k} \quad (2.149)$$

$$P = \frac{1000QH_n \eta}{102} \quad (2.150)$$

$$\eta_{GR} = \eta(\eta_{TR} \eta_G) \quad (2.151)$$

Donde:

$P_E = \text{potencia eléctrica en los bornes del generador, Kw}$

$P = \text{potencia al eje de la turbina, Kw}$

$Q = \text{caudal de la turbina, m}^3/\text{s}$

$H_n = \text{altura neta, m}$

$\rho = \text{densidad del agua, } 1000 \text{ Kg/m}^3$

$\eta = \text{eficiencia de la turbina, adimensional}$

$\eta_{TR} = \text{eficiencia de la transmisión, adimensional}$

$\eta_G = \text{eficiencia del generador, adimensional}$

$\eta_{GR} = \text{eficiencia del grupo de generación, adimensional}$

$K = \text{constante: } K=1000 \text{ w/Kw}$



$g = \text{gravedad}$

Para calcular la potencia en el eje de la turbina, se asumió una eficiencia de la turbina del 90%, es decir,  $\eta=0.9$  según Anexo N° 5 y reemplazando los datos obtenidos anteriormente en la ecuación (2.146).

$$P = \frac{(1000QH)\eta}{102}$$
$$P = \frac{1000 \times 0.03 \times 5,944 \times 0.9}{102}$$
$$P = 1.57 \text{ Kw} = 2.11 \text{ C.V.}$$

Asumiendo una  $\eta_{GR} = 0.65$  según Anexo 5, y reemplazando este valor en la ecuación (2.151) se encuentra  $\eta_{TR} * \eta_G$ .

$$\eta_{GR} = \eta(\eta_{TR}\eta_G)$$
$$\eta_{TR}\eta_G = \frac{\eta_{GR}}{\eta}$$
$$\eta_{TR}\eta_G = \frac{0.65}{0.9}$$
$$\eta_{TR}\eta_G = 0.722$$

La potencia eléctrica en los bornes del generador, reemplazando todos los valores anteriores en la ecuación (2.148) será:

$$P_E = P * \eta_{TR} * \eta_G$$
$$P_E = 1.57 \text{ Kw} * 0.722$$
$$P_E = 1.13 \text{ Kw}$$

Para seleccionar el tipo de turbina se requiere definir el número de revoluciones N con que va a girar la turbina, el cual está relacionado con el diámetro del rodete, llamado diámetro de paso. Existen dos maneras para definir el número de revoluciones de la turbina:

- La primera, consiste en considerar que la turbina se va a acoplar directamente al eje del generador y por lo tanto su velocidad será una de las velocidades síncronas

- La segunda forma y la que se utilizará consiste en asumir un diámetro de paso, calcular el número óptimo de revoluciones necesario y emplear un sistema de transmisión por bandas o engranajes entre la turbina y el generador, para lo cual se utiliza las siguientes ecuaciones:

$$N = \frac{84,54 K_u \sqrt{H_n}}{D_p} \quad (2.152)$$

Donde:  $N =$  Número óptimo de revoluciones de la turbina  $\text{RPM}$

$H =$  altura neta de la turbina

$D_p =$  diámetro de paso del rodete

$K_u =$  coeficiente de velocidad de rotación, su valor se puede estimar en 0.44 [2]

Asumiendo un diámetro de rodete de 0.4.

$$N = \frac{84,64 \times 0,44 \times \sqrt{5,974}}{0,4}$$

$$N = 227,56 \approx 230 \text{ rpm}$$

Con los datos obtenidos anteriormente y utilizando las ecuaciones (2.146 y 2.147) se procede a calcular los números específicos

$$N_q = \frac{230 \sqrt{0,03}}{\sqrt[4]{5,974^3}}$$

$$N_q = 20,92$$

$$N_s = \frac{230 \sqrt{2,11}}{\sqrt[4]{5,974^5}}$$

$$N_s = 72$$

Con los valores de  $N_q$  y  $N_s$ , se selecciona el tipo de turbina en la tabla. En esta tabla se puede observar el rango de aplicación de las turbinas hidráulicas según su tipo. En ellas también se puede determinar el número de toberas de la turbina.

**Tabla 2.13: RANGO DE APLICACIÓN DE LAS TURBINAS HIDRÁULICAS FUENTE OLADE**

TIPO DE TURBINA	$N_q$	$N_s$
Turbina Pelton de 1 Tobera	hasta 9	hasta 10
Turbina Pelton de 2 Toberas	4 a 13	14 a 42
Turbina Pelton de 3 Tobera o más	5 a 22	17 a 73
Turbina Michell – Banki	18 a 60	60 a 200
Turbina Francis Lenta	18 a 68	69 a 125
Turbina Francis Normal	38 a 68	125 a 225
Turbina Francis Rápida	68 a 135	225 a 450
Turbina Axial	105 a 300	350 a 1000

Según los resultados obtenidos se selecciona una turbina Michell - Banki. En el caso de microsistemas, en el mercado se pueden encontrar muchos modelos, por lo cual en la tabla se exponen los rangos de valores para caudal y salto con los cuales se podría seleccionar el tipo de turbina más apropiado para el sistema.

**Tabla 2.14: CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LAS TURBINAS HIDRÁULICAS**

TURBINA	Inventor y año de patente	$N_s$ (rpm, HP, m, rpm)	Q $M^3/s$	H m	P Kw	$\eta$ máx %
PELTON	Lester Pelton EEUU 1880	1 Ch: 30	0,0 5-50	3 0-1800	2- 3000000	9 1
		2 Ch: 30-50				
TURGO	Eric	60- Ch: 50-70	0,0	1	5-	8

	<b>O</b>	Creudson (Gran Bretaña) 1920	260	25-10	5-300	8000	5
	<b>MICHELL-BANKI</b>	A.G. Michell (Australi a) 1903 D. Banky (Hung.) 1917- 1919	40- 160	0,0 25-5	1 -50 ( 200)	1- 750	8 2
	<b>Bomba Rotodinámica</b>	Dionisio Papin 1689	30- 170	0,0 5-0,25	1 0-250	5- 500	8 0
	<b>FRANCIS</b>	James Francis (Gran Bretaña) 1848	L: 60-150 N: 150-250 R: 250-400	1- 500	2 -750	2- 750000	9 2
	<b>DERIAZ</b>	P. Deriaz (Suiza) 1956	60- 400	50 0	3 0-130	1000 00	9 2
	<b>KAPLAN y de Hélice</b>	V. Kaplan (Austria ) 1912	300- 800	10 00	5 -80	2- 200000	9 3
	<b>AXIALES:</b> - Tubular - Bulbo - Generador periférico	Kuhne- 1930 Hugenin - 1933 Harza- 1919	300- 800	60 0	5 -30	1000 00	9 3

### **2.4.1 Cálculo de los conductores por caída de voltaje [10]**

El voltaje en las terminales de la carga es por lo general menor que el voltaje de alimentación, la diferencia de voltaje entre estos dos puntos se conoce como la “caída de voltaje”. Las normas técnicas para instalaciones eléctricas recomiendan que la máxima caída de voltaje desde la alimentación hasta la carga no deba exceder al 5%.

Una caída de voltaje excesiva (mayor del 5%) conduce a resultados indeseables debido a que el voltaje en la carga se reduce.

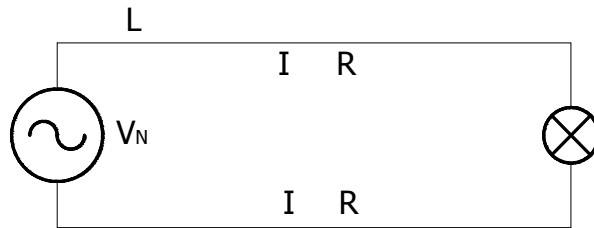
En las lámparas incandescentes se reduce notablemente el nivel de iluminación, en las lámparas fluorescentes se tienen problemas, como dificultad para arrancar, parpadeo, etc., en el equipo de control, en los motores la reducción de voltaje se traduce en un incremento de la corriente, lo cual produce sobrecalentamiento y algunas veces causa problemas de arranque, por esta razón no es suficiente calcular los conductores por corriente, es decir seleccionar el calibre de un conductor de acuerdo con la corriente que circulará por él.

También es necesario que la caída de voltaje en el conductor no exceda de los valores establecidos por el reglamento de obras e instalaciones eléctricas (que son 2% caída de voltaje en instalaciones residenciales y un máximo de 5% en instalaciones industriales, desde el punto de alimentación hasta el último punto).

Para estar seguros de que las caídas de voltaje no excedan esos valores es necesario calcular las caídas de voltaje en los circuitos derivados y en los alimentadores. Para esto se tiene la siguiente fórmula con la cual se puede calcular el porcentaje de Caída de Tensión.

#### **2.4.1.1 Sistemas monofásicos**

El estudio de la caída de voltaje se puede efectuar para casos específicos, similares a los que se tienen en las instalaciones eléctricas, pero el concepto general es el mismo usado en circuitos eléctricos. Considerando un circuito simplificado:



**Figura 2.15:** Circuito Eléctrico Simplificado

La potencia que consume la carga es:

$$W = V_N I \cos \phi \quad (2.153)$$

$$I = \frac{W}{V_N \cos \phi} \quad (2.154)$$

Donde:  $V_N$  = Voltaje nominal [V]

$I$  = corriente [A]

La caída de voltaje por resistencia en el conductor es:

$$E = (2R)I \quad (2.155)$$

La resistencia por conductor es:

$$R = \frac{\rho L}{s} = \frac{1}{50} \frac{L}{s} \quad (2.156)$$

Donde:  $\rho$  = es la resistividad del cobre aproximado a 1/50

$L$  = longitud del cable

$s$  = sección del conductor en  $\text{mm}^2$  (Anexos 6)

De donde:

$$E = \frac{I}{25} \left( \frac{LI}{s} \right)$$

$$E\% = \frac{LI}{25s} \left( \frac{100}{V_N} \right)$$

$$E\% = 4 \frac{LI}{V_N s}$$

#### 2.4.1.2 Cálculo del conductor para la distribución de electricidad.

Para el diseño del sistema de distribución se consideran solo cargas resistivas, pues la energía generada se utiliza principalmente en iluminación y artefactos eléctricos de baja carga inductiva y capacitiva a considerar. Además las distancias a transmitir la energía generada son pequeñas.

Las carga a considerarse para el diseño es de 1000 W

##### **Circuito C1: Generador - Cajetín de distribución**

Carga: 1000 W

Longitud: 500 m

Para este valor de carga, la corriente es:

$$I = \frac{1000 \text{ W}}{120 \text{ V}} = 8,33 \text{ A}$$

Calibre del conductor N° AWG 8. Para este alambre  $s = 8.3670 \text{ mm}^2$ , también  $L = 400 \text{ m}$ . La caída de voltaje en porcentaje es:

$$E\% = \frac{4 \times 500 \times 8,33}{120 \times 8.3670} = 16.6 \%$$

##### **Circuito C2: Cajetín de distribución – Vivienda**

Carga: 1000 W

Longitud: 15 m

Para este valor de carga, la corriente es:

$$I = \frac{1000}{120} = 8,33 \text{ A}$$

Calibre del conductor N° AWG 8. Para este alambre  $s = 8.3670 \text{ mm}^2$ ,  $L = 100 \text{ m}$ . La caída de voltaje en porcentaje es:

$$E\% = \frac{4 \times 15 \times 8,33}{120 \times 8.3670} = 0,4979\%$$

Este porcentaje de caída de tensión se encuentra dentro del rango admisible, por lo tanto para el segundo tramo de distribución queda seleccionado el conductor AWG 8.

### **Caída total de tensión**

La caída de tensión desde el generador hasta la vivienda es la suma de las caídas que se dan en C1 y C2

$$E\%_{\text{TOTAL-1}} = 16,6 \% + 0,4979\% = 17,1 \%$$

Este porcentaje de caída de tensión se encuentra fuera del rango permisible, por lo tanto habría la necesidad de utilizar transformadores, uno para elevar el voltaje y otro para bajarlo justo a la entrada de la caja de distribución.

## **2.5. Presupuesto del proyecto [20]**

### **2.5.1. Análisis económico**

El análisis económico y financiero de un proyecto es realizado con el fin de ayudar a la toma de decisión para que el proyecto pueda o no ser ejecutado. Puesto que la generación de energía es muy importante para el desarrollo y para elevar el nivel de vida de la población, debe considerarse de manera adecuada su rol de soporte productivo que cumple en la economía y la función social que ayuda a desempeñar.

Estos Análisis se realizan utilizando el método beneficio/costo, para lo cual se requiere definir cuáles son los costos, los beneficios, y cuantificados con la mayor precisión posible. En esta definición de costos se debe tener en cuenta que en la evaluación económica no se consideran los préstamos como in-



gresos, ni el pago de las deudas como costos. Estos factores se deben tener en cuenta para la evaluación financiera.

## 2.5.2. Costos

Los costos se subdividen en dos grupos: los de inversión y los de operación y mantenimiento, los cuales se pueden desagregar en los siguientes ítems:

### 2.5.2.1. Costos de inversión

Los costos de inversión son todos aquellos costos relacionados con los gastos que se van a realizar en el proyecto tales como: obras civiles, equipos electromecánicos, etc.

#### Costos de obras civiles

Este tipo de costo son considerados activos fijos y son aquellos gastos referentes a los realizados debido a la construcción de las distintas partes que conforman una pico central, como son: azud, bocatoma, desarenador, tanque de presión, obras complementarias, etc.,

**Tabla 2.15. COSTO CASA DE MÁQUINAS**

<b>MATERIALES</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNIT</b>	<b>SUBTOTAL</b>
Cemento	kg	150	0,13	19,50
Madera 6cmx6cm	m	5	0,66	3,30
Madera 6cmx3cm	m	3	0,33	0,99
Planchas de zinc 2,4 largo	U	2	8,50	17,00
Tabla de encofrado	U	3	1,50	4,50
Clavos de zinc	kg	0,5	2,00	1,00
Agregados	m3	3	5,00	15,00
			<b>TOTAL (A)</b>	61,29

<b>MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS</b>	<b>HORAS-EQUIPO</b>	<b>COSTO-HORA</b>	<b>SUBTOTAL</b>
Concreteira	12	10,00	120,00
Herramienta menor	20	0,30	6,00
<b>TOTAL (B)</b>			126,00

<b>MANO DE OBRA</b>	<b>CATEGORIA</b>	<b>HORAS-HOMBRE</b>	<b>COSTO-HORA</b>	<b>SUBTOTAL</b>
Maestro mayor	C1	20	1,75	35,00
Operador de Concreteira	OC	12	1,50	18,00
Ayudante 1	ST	20	1,25	25,00
Ayudante 2	ST	20	1,25	25,00
<b>TOTAL (C)</b>				103,00

<b>TRANSPORTE</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO TRANSP.</b>	<b>SUBTOTAL</b>
Cemento	kg	150	0,20	30,00
Madera 6cm x 6cm	m	5	1,00	5,00
Madera 6cm x 3cm	m	3	2,00	6,00
Plancha de zinc 2,4 m	U	2	3,00	6,00
Tabla de encofrado	U	3	2,00	6,00
Clavos	kg	0,5	2,00	1,00
Agregados	m <sup>3</sup>	3	8,00	24,00
<b>TOTAL (D)</b>				78,00

<b>COSTOS DIRECTOS (A+B+C+D)</b>	68,29
<b>COSTOS INDIRECTOS 15 %</b>	55,24
<b>PRECIO UNITARIO</b>	423,53

**Tabla2.16. COSTO TUBERÍA DE PRESIÓN**

<b>MATERIALES</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNIT.</b>	<b>SUBTOTAL</b>
Tubería 3"	m	7	4,00	28,00
Tubería 2"	m	3	3,00	9,00
Reducciones de acero	U	2	7,00	14,00

Aros de sujeción	U	6	2,00	12,00
Abrazaderas	U	2	0,30	0,60
			<b>TOTAL (A)</b>	63,60

<b>MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS</b>	<b>HORAS-EQUIPO</b>	<b>COSTO-HORA</b>	<b>SUBTOTAL</b>
Herramienta menor	3	0,30	0,90
		<b>TOTAL (B)</b>	0,90

<b>MANO DE OBRA</b>	<b>CATEGORIA</b>	<b>HORAS-HOMBRE</b>	<b>COSTO-HORA</b>	<b>SUBTOTAL</b>
Maestro mayor	C 1	4	1,75	7,00
Ayudante 1	ST	4	1,25	5,00
			<b>TOTAL (C)</b>	12,00

<b>TRANSPORTE</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO TRANSP.</b>	<b>SUBTOTAL</b>
Tubería 3"	m	7	4,00	28,00
Tubería 2"	m	3	4,00	12,00
Reducciones de acero	U	2	5,00	10,00
Aros de sujeción	U	6	1,00	6,00
Abrazaderas	U	2	1,00	2,00
			<b>TOTAL (D)</b>	58,00

<b>COSTOS DIRECTOS (A+B+C+D)</b>	134,50
<b>COSTOS INDIRECTOS 15 %</b>	20,18
<b>PRECIO UNITARIO</b>	154,68

**Tabla2.17. COSTOS DE EQUIPO ELECTROMECAÁNICO**

<b>MATERIALES</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>SUBTOTAL</b>
Turbina/generador	U	1	1900,00	1900,00
Cable	m	800	0,60	480,00
Transformador 5kva	U	2	1100,00	2200,00
			<b>TOTAL (A)</b>	4580,00

<b>MAQUINAS Y HERRAMIENTAS</b>	<b>HORAS-EQUIPO</b>	<b>COSTO-HORA</b>	<b>SUBTOTAL</b>
Andamios	4	4,00	16,00
Herramienta menor	5	0,30	1,50
<b>TOTAL (B)</b>			17,50

<b>MANO DE OBRA</b>	<b>CATEGORIA</b>	<b>HORAS-HOMBRE</b>	<b>COSTO-HORA</b>	<b>SUBTOTAL</b>
Maestro eléctrico	C 3	16	4,00	64,00
Ayudante eléctrico 1	TE	16	1,40	22,40
Ayudante eléctrico 2	TE	16	1,40	22,40
Ayudante eléctrico 3	TE	16	1,40	22,40
<b>TOTAL (C)</b>				131,20

<b>TRANSPORTE</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>SUBTOTAL</b>
Turbina/generador	U	1	100,00	150,00
Cable	m	800	0,20	160,00
Transformador 5kva	U	2	50,00	150,00
<b>TOTAL (D)</b>				460,00

<b>COSTOS DIRECTOS (A+B+C+D)</b>	5188,70
<b>COSTOS INDIRECTOS 15 %</b>	778,30
<b>PRECIO UNITARIO</b>	5967,00

### **Costo de operación y mantenimiento**

Estos costos están relacionados con todo aquello que pueda ayudar al correcto funcionamiento del generador así como a las reparaciones en caso de mal funcionamiento

**Tabla 2.21: COSTO OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO**

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pr. Unit USD</b>	<b>Pr. Total USD</b>
1	Desmontaje y chequeo del generador. Anual	10,00	10,00
1	Engrase cojinetes internos del generador. Anual	10,00	10,00
	Mantenimiento generador (limpieza bobinas, aislamientos)	40,00	40,00

1	<i>Imprevistos. Anual</i>		20,00
	Total gastos de mantenimiento cada año		<b>80,00</b>
1	Cambio Cojinetes turbina. Cada 5 años	20,00	20,00
	<i>Total gastos de mantenimiento cada 5 años</i>		<b>100,00</b>

Por tal razón el costo anual de mantenimiento es de 80 USD, y cada quinto año que corresponde hacer los cambios de rodamientos en la turbina los costos serán de 100 USD. Dando un total de 1160,00 de costos de mantenimiento

## 2.6. Estudio de rentabilidad

### 2.6.1. Forma de depreciación

Una forma adecuada de depreciación es considerar que el bien pierda su valor anualmente de manera uniforme, desde su valor inicial en el año de su instalación hasta cero en el último año de su vida útil (depreciación lineal).

El valor residual se puede calcular con la siguiente expresión:

$$VR_n = V_i - V_i \frac{(n)}{N} \quad (2.158)$$

Donde:

$VR_n$  = Valor residual en el año  $n$ , en dólares. (Total activos fijos)

$V$  = Valor inicial del bien, en el año de su instalación, en dólares.

$N$  = Vida útil del bien, en años = 15 años

$n$  = Año en que se calcula el valor residual, en años

Para este proyecto de Pico central en particular se tiene:

$$VR_n = V_i - V_i \frac{(n)}{N}$$

$$VR_{15} = 5691,49 - 5691,49 \frac{(14)}{15} = 379,43 \text{ USD}$$

El valor residual del equipo será de 379,43 USD.

### **2.6.1.1. Elaboración del cuadro de flujo de caja.**

Este cuadro se elabora considerando los siguientes rubros:

#### **Ingresos**

- Consumo de energía al valor que le representaría al tener servicio estatal.
- Valor residual de la instalación y equipo.

#### **Egresos**

- Inversiones
- Costo de operación y mantenimiento

El cuadro de flujo de caja se presenta en la tabla N° 2.24 ; a partir de estos resultados se obtienen los datos para el cálculo de los indicadores de Evaluación Económica.

#### **Flujo de caja**

Se toma en cuenta como beneficio el ahorro del valor de la energía consumida por el propietario anualmente como si lo estuviera comprando de la empresa estatal a este valor hay que sumarle en el año final (año 15avo) el valor residual del equipo.

Estos valores de beneficios se confrontan para el flujo de caja con los costos que serán: la inversión inicial que es un solo rubro en el primer año y el costo por operación y mantenimiento del sistema anualmente. La diferencia de los rubros beneficio-costos será el flujo de caja anual que genera el proyecto.

N°	Artefacto	Watt	kW	Horas de Utilización																								Total horas al día	Total kW Día	Días uso al Mes	Total kWh/mes				
				a.m.												p.m.																			
				01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12								
1	Refrigeradora*	200	0,2	■			■			■				■				■				■				■				8	1,60	30	48,00		
1	Equipo de sonido	200	0,2	■	■					■	■								■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	9	2,40	30	54,00		
2	TV + DVD	300	0,3						■	■				■	■	■					■	■	■						8	2,40	30	72,00			
1	Focos habitación 1	40	0,04					■	■	■											■	■	■	■					7	0,28	30	8,40			
1	Focos habitación 2	40	0,04					■	■	■												■	■	■					6	0,24	30	7,20			
1	Focos sala	40	0,04						■													■							6	0,24	30	7,20			
1	Foco patio	60	0,06	■	■	■	■	■														■	■	■	■	■	■	■	■	12	0,72	30	2,6		
1	Foco pasillo	40	0,04						■													■	■	■	■				5	0,20	30	6,00			
1	Foco cocina	40	0,04						■													■	■						5	0,20	30	6,00			
1	Bomba 1 HP	46	0,76													■	■												2	1,50	30	45,00			
3	Ventilador	200	0,60											■				■	■	■									12	7,2	30	18,00			
1	Licudadora**	300	0,3																											0,35	30	10,50			
																																16,13			483,90

**Tabla 2.23: CÁLCULO DE LA POTENCIA CONSUMIDA POR MES**

\*El tiempo neto de consumo de energía de una refrigeradora o un congelador en condiciones normales es de 6 a 8 horas diarias, ya que a pesar

de estar conectada las 24 horas del día, sólo consume energía por momentos, dependiendo del buen uso que se le dé.

\*\* Para los diferentes electrodomésticos pequeños que no tienen un uso continuo sino esporádico se ha tomado un valor promedio de consumo

en el día de 0.35 kw-día

En función a la tabla N° 2.23 se calcula los kilovatios consumidos en un año, que será el valor a utilizar en el flujo de caja. Se tiene:

Consumo en kilovatios por día = 16,13 Kw-h/ día

Consumo de kilovatios por mes = 16,13 Kw-h/ día x 30días = 483,90 Kw-h/ mes

Consumo de kilovatios por año = 483,90 Kw-h/ mes x 12 meses = 5806,80 Kw-h / año.

Por lo tanto el valor a cancelar por 1 año sería de:

5806,80 Kw-h / año x 0.0865 USD = **502,29** USD en cada año.

### Cálculo del flujo de caja interno

**Tabla 2.24: FLUJO DE CAJA INTERNO EN USD.**

AÑO	BENEFICIOS			COSTOS			FLUJO DE CAJA
	VALOR ENERGÍA	VALOR RESIDUAL	BENEFICIO TOTAL	INVERSIÓN	OPERAC. Y MANT.	COSTO TOTAL	
1				5691,49		5691,49	-5691,49
2	502,29		502,29		80,00	80,00	422,29
3	502,29		502,29		80,00	80,00	422,29
4	502,29		502,29		80,00	80,00	422,29
5	502,29		502,29		80,00	80,00	422,29
6	502,29		502,29		100,00	100,00	402,29
7	502,29		502,29		80,00	80,00	422,29
8	502,29		502,29		80,00	80,00	422,29
9	502,29		502,29		80,00	80,00	422,29
10	502,29		502,29		80,00	80,00	22,29
11	502,29		502,29		100,00	100,00	402,29
12	502,29		502,29		80,00	80,00	422,29
13	502,29		502,29		80,00	80,00	422,29
14	502,29		502,29		80,00	80,00	422,29
15	502,29	379,43	881,72		80,00	80,00	801,57



### 2.6.1.2. Cálculo de los indicadores del análisis beneficio-costo

Para determinar el valor de los beneficios y costos actualizados hay que hacerlo con una tasa de descuento  $i$ , del 12 % que es la tasa de interés pasiva de acuerdo con las condiciones de mercado y las disposiciones del banco central del Ecuador.

**Tabla 2.25: ANÁLISIS BENEFICIO – COSTO (ANEXO 7)**

AÑO	BENEFICIOS			COSTOS		
	VALOR ENERGÍA	FACTOR V. ACTUAL	BENEFICIO ACTUALIZADO	COSTO	FACTOR V. ACTUAL	COSTO ACTUALIZADO
1	0	0,9615	0	5691,49	0,9615	5472,36
2	502,29	0,9246	464,417334	80	0,9246	73,968
3	502,29	0,889	446,53581	80	0,889	71,12
4	502,29	0,8548	429,357492	80	0,8548	68,384
5	502,29	0,8219	412,832151	80	0,8219	65,752
6	502,29	0,7903	396,959787	100	0,7903	79,03
7	502,29	0,7599	381,690171	80	0,7599	60,792
8	502,29	0,7307	367,023303	80	0,7307	58,456
9	502,29	0,7026	352,908954	80	0,7026	56,208
10	502,29	0,6756	339,347124	80	0,6756	54,048
11	502,29	0,6496	326,287584	100	0,6496	64,96
12	502,29	0,6246	313,730334	80	0,6246	49,968
13	502,29	0,6006	301,675374	80	0,6006	48,048
14	502,29	0,5775	290,072475	80	0,5775	46,2
15	881,72	0,5553	489,535821	80	0,5553	44,424
<b>BENEFICIO TOTAL</b>			<b>5312,52</b>	<b>COSTO TOTAL</b>		<b>6313,72</b>

$$R_{B-C} = \frac{\text{VALOR ACTUAL TOTAL BENEFICIOS}}{\text{VALOR ACTUAL TOTAL COSTOS}} \quad (2.159)$$

$$R_{B-C} = \frac{5312,52}{6313,72} = 0,842$$

Ya que este cociente es menor que 1, significa que para la tasa de descuento  $i = 12$  los beneficios son menores a los costos, es decir la inversión no se puede recuperar.

### 2.6.1.3. Cálculo del valor actual neto (VAN)

Se calcula actualizando el flujo de caja a diversas tasas de descuento y sumando estos valores.

**Tabla 2.26: CÁLCULO VALOR ACTUAL NETO**

<b>AÑO</b>	<b>BENEFICIO ACTUALIZADO</b>	<b>COSTO ACTUALIZADO</b>
1	0	5470,14
2	464,42	73,968
3	446,54	71,12
4	429,36	68,384
5	412,83	65,752
6	396,96	79,03
7	381,69	60,792
8	367,02	58,456
9	352,91	56,208
10	339,35	54,048
11	326,29	64,96
12	313,73	49,968
13	301,68	48,048
14	290,07	46,2
15	452,53	44,424
<b>Total USD</b>	<b>5312,52</b>	<b>6313,72</b>

$$\text{VAN} = + 5312,52 - 6313,72 = -701,2 \text{ USD}$$

$$\text{VAN} = -701,2 \text{ USD}$$

Se tiene un valor actual neto de -701,2 USD que al ser negativa indica que no se podría recuperar la inversión inicial.

#### 2.6.1.4. Cálculo del costo del kw-h

Para saber cuánto cuesta el kilovatio consumido realmente en este proyecto se divide el costo total de la obra para el número de kilovatios consumidos y tenemos:

$$\begin{aligned} \text{Costo total} &= \text{Costo equipo (1er año)} + \text{costo de mantenimiento (14 años)} && (2.160) \\ \text{Costo P.C.H} &= (5689,17 + 1160) \text{ USD} = 6849,17 \text{ USD} \end{aligned}$$

- Energía consumida mensualmente = 483,90 Kw-h / mes
- Energía consumida anualmente = 483,90 Kw-h / mes x 12 meses = 5806,80 Kw-h / año
- Energía consumida en 14 años = 5806,80 Kw-h / año x 14 años = 81295,2 Kw-h / 14 años

(14 años de generación, pues el primer año es de implementación del S.C.E.E)

El costo real del Kw en este proyecto es de:

$$\begin{aligned} \text{CostoKw} &= \frac{\text{Costo total}}{\text{kW consumidos vida proyecto}} && (2.161) \\ \text{CostoKw} &= \frac{6849,17 \text{ USD}}{81295,20 \text{ kW}} = 0.084 \text{ USD} \end{aligned}$$

El costo del kilovatio utilizado en este proyecto será de 8,4 ctvs. usd.

El presente proyecto de P.C.H, está diseñado para generar 1Kw-h, a continuación se presenta el cálculo del costo del Kw-h si se consumiría la carga de 24 Kw-h/día, en donde se estaría aprovechando el 100% de la generación.

$$\text{Costo P.C.H} = (5689,17 + 1160) \text{ USD} = 6849,17 \text{ USD}$$

- Energía consumida diariamente = 1,0 Kw-h x 24 h = 24 Kw-h / día
- Energía consumida mensualmente = 24 Kw-h / día x 30 días = 720 Kw-h / mes

- Energía consumida anualmente = 720 Kw-h / mes = 8640 Kw-h / año
- Energía consumida en 14 años = 8640 Kw-h / año x 14 años = 120960 Kw-h / 14 años

(14 años de generación, pues el primer año es de implementación del P.C.H)

El costo del Kw en este caso es de:

$$CostokW = \frac{Costo\ total}{kW\ consumidos\ vida\ proyecto} \quad (2.162)$$

$$CostokW = \frac{6849,17\ USD}{120960kW} = 0.056USD$$

Si se aprovechara toda la energía generada, el kilovatio generado costaría 5,6 ctvs. De dólar, siendo mucho más rentable todavía el proyecto.

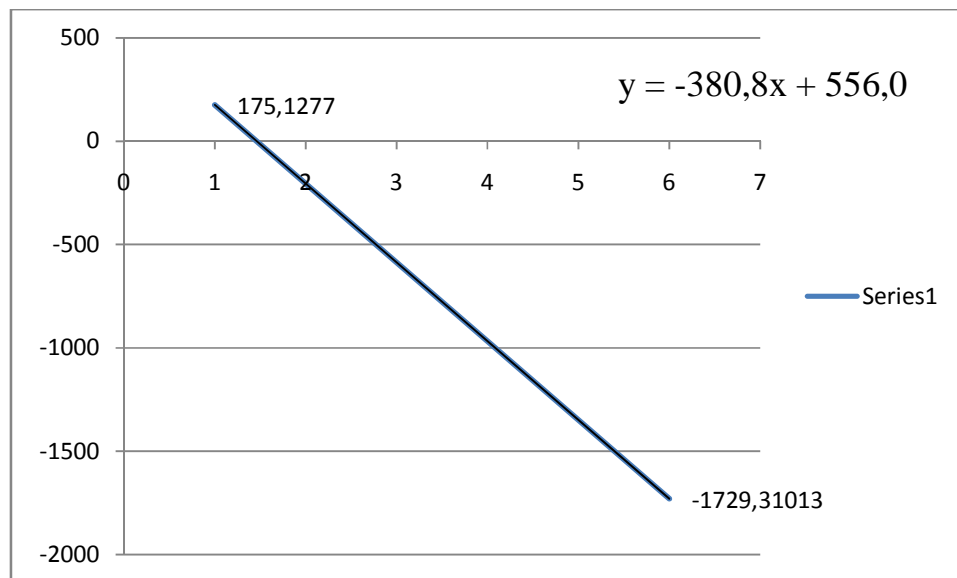
#### 2.6.1.5. Cálculo de la tasa interna de retorno TIR.

La TIR se calcula con los datos obtenidos de la (tabla 2.27) de la siguiente manera:

**Tabla 2.27: CÁLCULO TASA INTERNA DE RETORNO**

AÑO	FLUJO DE CAJA	TASA 1%		TASA 6%	
		Factor del Valor actual	VANE 1%	Factor del Valor actual	VANE 6%
1	-5691,49	0,9901	-5632,847217	0,9434	-5314,028065
2	422,29	0,9803	413,970887	0,89	368,4340894
3	422,29	0,9706	409,874674	0,8396	344,1307763
4	422,29	0,961	405,82069	0,7921	321,4505685
5	422,29	0,9515	401,808935	0,7473	300,2718171
6	402,29	0,9421	378,997409	0,705	267,1931733
7	422,29	0,9327	393,869883	0,6651	261,9628592
8	422,29	0,9235	389,984815	0,6274	244,6764729
9	422,29	0,9143	386,099747	0,5919	228,5324402
10	422,29	0,9053	382,299137	0,5584	213,4758381
11	402,29	0,8963	360,572527	0,5268	189,9496072

12	422,29	0,8875	374,782375	0,497	186,2668404
13	422,29	0,8787	371,066223	0,4688	173,9558453
14	422,29	0,87	367,3923	0,4423	162,4976143
15	895,56	0,8614	771,435384	0,4173	321,9199857
VANE :			175,127769	VANE :	-1729,310136



**Figura 2.16:** Cálculo de la TIR

La ecuación de la recta es:  $VANE = -380,89 i + 556,02$

Reemplazando  $VANE = 0$  en la ecuación de la recta tenemos  $TIR = 1,45\%$

De acuerdo al resultado obtenido, este proyecto no sería rentable ya que la Tasa Interna de Retorno es menor que el Interés anual en vigencia ( $i=4\%$ ).

### CONCLUSIÓN

Luego de realizado el análisis económico del proyecto, se concluye que al tener un TIR del 1.45 % el proyecto no es rentable, ya que no se lograra la recuperación del capital.

## CAPÍTULO III

### 3. EVALUACIÓN DEL RECURSO EÓLICO [12]

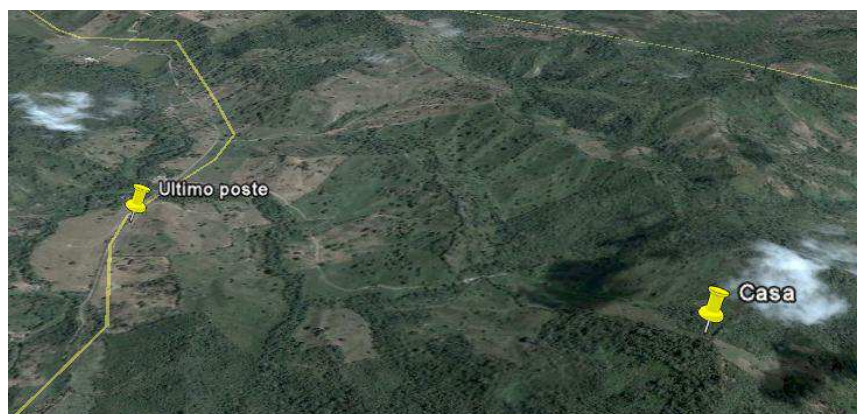
#### 3.1. Evaluación del recurso eólico disponible

La cantidad de energía que puede generar una turbina eólica depende mucho de las características vigentes en el sitio de instalación, debido a esto la producción puede variar de un sitio a otro.

El análisis requerido depende directamente de la escala prevista, el método más exacto para conocer el potencial de producción de energía del viento, es la instalación de uno o más anemómetros, los cuales, periódicamente generan datos de la dirección y la velocidad del viento. Estos datos se analizan en relación con las características del terreno, con el fin de estimar la producción potencial de energía a largo plazo y durante épocas del año.

##### 3.1.1. Topografía

Para el estudio topográfico se realizó mediante el método del GPS y cartas topográficas de la región, en una primera etapa se configuró modelos topográficos preliminares que posteriormente fueron afinados con el fin de determinar las coordenadas UTM de los puntos base. Posteriormente, mediante software especializado, se procedió a comprobar las coordenadas



**Figura 3.1:** Topografía del Terreno

### 3.1.2. Estudio eólico

El estudio eólico consiste en determinar las diferentes variables que afectan tanto la velocidad como la dirección del viento, como son: la topografía del terreno, la rugosidad.

Cuando se tiene información confiable sobre el régimen de viento en un lugar, ésta deberá ser analizada adecuadamente, para ser combinada con las características de generación de un equipo; pudiéndose estimar, entonces, la cantidad de energía que puede suministrar el equipo eólico en el lugar seleccionado.

La potencia eólica de una zona se determina mediante la ecuación 3.1 y esta depende de la densidad del aire, de la velocidad y del área de barrido.

$$P_{EOLICA} = \frac{1}{2} \rho A v^3 \quad [w] \quad (3.1)$$

*Donde*

*P es la potencia eólica*

*$\rho$  es la densidad del aire [Kg/m<sup>3</sup>]*

*A es el área de barrido de las aspas [m<sup>2</sup>]*

*v es la velocidad del viento promedio en el lugar [ $\frac{m}{s}$ ]*

### 3.1.3. Velocidad del viento

Es el desplazamiento de la masa del aire en un determinado tiempo, este es el factor que más influye en la determinación del potencial eólico de un lugar toda vez que el potencial de viento es función cúbica de la velocidad del mismo, a diferencia de la densidad que es una función lineal para su incidencia.

En tal virtud el conocimiento de estos dos parámetros físicos garantiza la determinación del verdadero potencial que tiene el viento.

Cuando se tiene información confiable sobre el régimen de viento en un lugar, esta deberá ser analizada adecuadamente, para ser combinada con las características de generación de un equipo, pudiéndose estimar, entonces, la cantidad de energía que puede suministrar un equipo eólico en el lugar seleccionado. La siguiente tabla indica posibilidades de uso de la energía eólica, con base a valores promedios de velocidad de viento anual.

**Tabla 3.1 RELACIONES GENERALES ENTRE VIABILIDAD Y VELOCIDAD DE VIENTO PARASU USO COMO FUENTE DE ENERGÍA (POWER GUIDE, 1994)**

<b>Promedio anual de velocidad del viento a 10 metros de altura</b>	<b>Posibilidad de Uso de la Energía Eólica</b>
Menor a 3 m/s	Usualmente no es viable, a menos que existan circunstancias especiales para evaluar mejor el recurso
3 – 4 m/s	Puede ser una buena opción para equipos eólicos de bombeo de agua(Aerobomba), poco viable para generación eléctrica con equipos eólicos(Aerogeneracion)
4 – 5 m/s	Aerobombas son competitivas económicamente a los equipos diesel, aerogeneración con equipos autónomos es muy viable.
5 - 6 m /s	Viable para aerobombeo y aerogeneración con sistemas autónomos
Más de 6 m/s	Viable para aerobombeo, aerogeneración con sistemas autónomos y para sistemas conectados a la red eléctrica.

Debe quedar claro que esta tabla es una indicación rápida referencia y no pretende ser completamente concluyente.



**Tabla 3.2:** DATOS RECOLECTADOS DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO DESDE EL 2000 AL 2009 POR LA DAC - ESMERALDAS

[13]

<b>REGISTRO HISTORICO DE LA VELOCIDAD MAXIMA DEL VIENTO EN KT</b>																	
<b>AEROPUERTO " GRAL. RIVADENEIRA " - TACHINA</b>																	
<b>E S M E R A L D A S</b>																	
	<b>LATITUD 0.0° 58' N</b>						<b>LONGITUD 79°37' W</b>						<b>ELEVACION 7 m</b>				
<b>AÑO</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEP</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>S.T</b>	<b>Prom</b>	<b>Máx</b>	<b>Mín</b>	
<b>2000</b>	14	14	12	10	14	20	20	21	24	20	24	25	218	<b>18</b>	25	10	
<b>2001</b>	22	19	15	17	20	23	21	26	23	25	24	23	258	<b>22</b>	26	15	
<b>2002</b>	20	20	20	20	12	14	15	16	17	18	10	12	194	<b>16</b>	20	10	
<b>2003</b>	14	15	12	15	14	12	14	16	25	14	14	10	175	<b>15</b>	25	10	
<b>2004</b>	10	12	12	12	15	12	12	16	15	14	16	15	161	<b>13</b>	16	10	
<b>2005</b>	12	12	10	18	10	15	19	30	31	16	18	16	207	<b>17</b>	31	10	
<b>2006</b>	16	14	14	12	16	14	6	14	14	16	12	14	162	<b>14</b>	16	6	
<b>2007</b>	12	12	12	12	10	12	12	16	18	22	16	18	172	<b>14</b>	22	10	
<b>2008</b>	21	15	16	12	14	16	18	16	16	19	18	18	199	<b>17</b>	21	12	
<b>2009</b>	18	16	16	14	16	16	16	14	16								
<b>Prom</b>	<b>15</b>	<b>14</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>180</b>	<b>15</b>	<b>19</b>	<b>11</b>	
<b>Máx.</b>	<b>22</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>23</b>	<b>21</b>	<b>30</b>	<b>31</b>	<b>25</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>258</b>	<b>22</b>	<b>31</b>	<b>16</b>	

1 KT=0.514791m/s;1.85325 km/h

Prom= promedio.

De acuerdo a los datos obtenidos en la estación meteorológica del Aeropuerto Gral. Rivadeneira en la provincia de Esmeraldas se determina que la velocidad promedio de 7,72 m/s, hay que destacar que esta velocidad ha sido medida a 7 m de altura por lo cual hay que corregir dicho valor y encontrar la velocidad a la altura en que va estar colocado el aerogenerador, esto se logra mediante la siguiente ecuación:

$$v_{h_2} = v_{h_1} \left( \frac{h_2}{h_1} \right)^b \quad (3.2)$$

Donde :

$v_{h_1}$  : velocidad del viento a 7m de altura

$v_{h_2}$  : velocidad del viento a 15m de altura

$h_1$  : 7 m

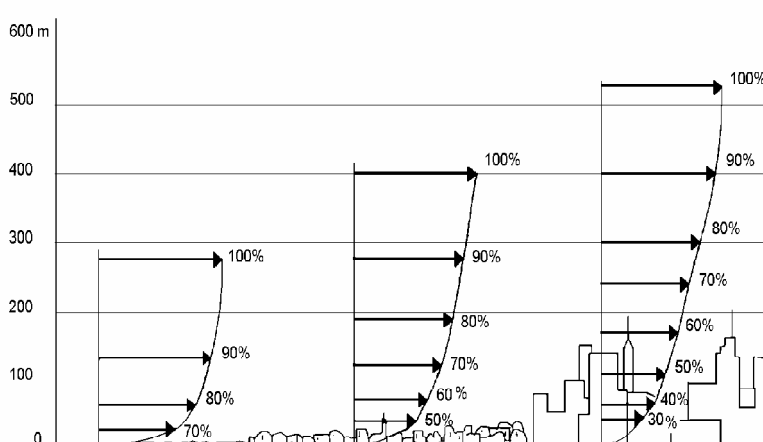
$h_2$  : 15 m

$b$  : coeficiente de rugosidad

### 3.1.4. Mapa de rugosidad

A gran altura de la superficie terrestre, esta apenas ejerce influencia sobre el viento. Sin embargo, en las capas más bajas de la atmosfera, la velocidad del viento se ven afectadas por la fricción con la superficie terrestre, esto es debido a la rugosidad del terreno, la influencia de los obstáculos, y la influencia del contorno del terreno.

En general, cuanto más pronunciada sea la rugosidad del terreno mayor será la ralentización que experimenta el viento. De esta manera, los bosques y grandes ciudades ralentizan mucho el viento, mientras que las superficies de agua son mucho más lisas y tendrán por tanto menos influencia sobre el viento, la hierba alta y los arbustos ralentizan el viento de una forma considerable.



**Figura 3.2:** Variación del Viento de Acuerdo a la Rugosidad

Existe cierta escala de rugosidades que es aceptada en general, y muy utilizada en la industria eólica, esta es:

**Tabla 3.3: COEFICIENTE DE RUGOSIDAD**

Nivel de rugosidad del terreno	b
No rugoso (arena, nieve, mar)	0,10 - 0,13
Poco rugoso(hierba, campo de cereales)	0,13 - 0,20
Rugoso (bosques, casa pequeña)	0,20 - 0,27
Muy rugoso (edificios grandes)	0,27 - 0,40

Sin embargo, en la mayoría de los casos, la rugosidad no caerá exactamente dentro de una de las clases de rugosidad, por lo que tendremos que hallar una rugosidad media.

Entonces la potencia eólica en el sitio escogido se determinada de la siguiente forma:

$$P_{EOLICA} = \frac{1}{2} \rho A v^3 \quad [w]$$

$$v_{15m} = v_{7m} \left( \frac{h_2}{h_1} \right) = 7,72 \left( \frac{15}{7} \right)^{0,22}$$

$$v_{15m} = 9,129 \frac{m}{s}$$

$$P_{EOLICA} = \frac{1}{2} (1,25) \left( \frac{1 \times \pi \times 2,8^2}{4} \right) (9,129^3)$$

$$P_{EOLICA} = 2927,9 \text{ w}$$

Pero debido a que esta potencia solo se trata de la potencia eólica, es decir, la potencia que se puede extraer del viento, se debe determinar la potencia eléctrica para lo cual se deberá tener en cuenta el rendimiento eléctrico además de un coeficiente de potencia el máximo teórico que se puede conseguir es de 0,59. Entonces se tiene que:

$$P_{Electrica} = \eta_{Eléctrico} C_p P_{Eólica} \quad [w] \quad (3.3)$$

$$\eta_{Electrico} = 0,95 \text{ Asumido}$$

$$C_p = 0,55 \text{ Asumido}$$

$$P_{Electrica} = (0,95) (0,55) (2927,9)$$

$$P_{Electrica} = 1529,82 \text{ w}$$

Esta potencia eléctrica sería la potencia que se generaría bajo los parámetros indicados, dicha potencia podría variar de acuerdo a como varíen los distintos parámetros, tales como velocidad del viento así como el diámetro de las palas.

### 3.1.5. Selección de la potencia del generador [15]



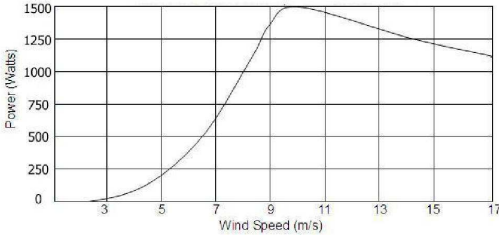
Para la selección del aerogenerador se ha tomado en cuenta la demanda de energía del lugar donde va a ser instalada, Tabla 2.1, y la cantidad de horas que se tiene presencia de viento, suponiendo que cada día el viento sopla a la velocidad promedio durante 13 horas, se calcula la potencia mínima del generador.

$$P_{\text{generador}} = \frac{\text{Consumo diario}}{\text{Horas al día de Viento}} \quad [\text{w}] \quad (3.4)$$
$$P_{\text{generador}} = \frac{16130 \text{ kw-h/Día}}{13 \text{ h}}$$
$$P_{\text{generador}} = 1240,76 \text{ w}$$

De acuerdo a esto el generador deberá tener una potencia mínima de 1240,76 w, ya que con esta potencia se estaría satisfaciendo la demanda, de no existir un aerogenerador con esta potencia, se deberá seleccionar uno de mayor potencia, puesto que esto daría mayor fiabilidad al sistema. Para la selección del generador además de la potencia se tuvo en cuenta los costos y la disponibilidad de los mismos en nuestro país.

Una vez tomado en cuenta todos estos antecedentes se optó por un aerogenerador marca EXMORK con potencia nominal de 1500w, el cual tiene las siguientes características:

**Tabla 3.4:** CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL AEROGENERADOR EÓLICO

<b>AEROGENERADOR 1500W</b>	
Foto	
Potencia nominal	1500W
Potencia máxima	1800W
Diámetro de la hélice	3,2 m
Velocidad de Arranque	3 m/s*
Velocidad Potencia nominal	9 m/s
Rotación @ potencia nominal:	380 rpm
Controlador/Inversor	<p>electrónico externo con entrada adicional de 10A Solar TIPO: OUTDOOR</p> 
Voltaje de Salida	Disponible en 24V /48V
Tipo de recarga:	Voltaje constante, banca de batería mínima: 800Ah
Generador:	Trifásico con Imanes permanentes
Protección sobre velocidad	electrónica y side furling
Curva de potencia*	
Material	<p>Aspas: Fibra de vidrio Cuerpo: Aluminio</p>

### 3.1.6. Dimensionamiento del banco de baterías [16]

Pequeños sistemas eléctricos de viento puede proporcionar electricidad en sitios remotos, fuera de la red, pero para lograr un correcto abastecimiento se necesita de un banco de baterías, ya que, así se lograría tener un flujo constante de energía, evitando las variaciones de potencia en el aerogenerador, debido a las cambiantes condiciones del clima, y de esta forma se asegura tener la capacidad de reserva suficiente para proporcionar la electricidad que se necesita.

Para un correcto dimensionamiento del banco de baterías se debe tener en cuenta ciertos factores, tales como:

- Consumo de electricidad por día
- Número de Días de Autonomía
- La profundidad del límite de descarga
- Temperatura ambiente en el banco de baterías

Para determinar el consumo de electricidad diario se tendrá que conocer la potencia de cada uno de los aparatos eléctricos y/o electrónicos que se deseen alimentar así también su periodo de uso, estos datos se encuentran en la TABLA 2.22

$$\text{Consumo} = 16,13 \text{ Kw-h/día}$$

Para determinar los días de autonomía se tomara en cuenta el tipo de clima o la regularidad de la velocidad del viento así como también la presencia del mismo, se recomienda que para sistemas aislados la autonomía puede ser de 2 – 5 días, algo a tomar en cuenta es el hecho que entre más días de autonomía se necesitara un banco de batería más grande, y esto a su vez encarecerá el proyecto.

Por lo cual se decidió colocar un banco de baterías con una autonomía de 2 días

La profundidad de descarga es el límite de la retirada de energía a la que se exponga el banco de baterías durante un ciclo. Un ciclo es una descarga y carga de una batería a cualquier porcentaje de descarga. La cantidad de descarga de la batería (en porcentaje) comparada a su capacidad cuando está llena determina la necesidad para una carga pequeña, moderada o deep cycle. A esto se le llama la profundidad de descarga de la batería (DOD) y es medida en porcentaje. Por ejemplo, 40% DOD indica una batería que ha sido descargada por un 40% de su capacidad total y tiene una carga remanente del 60

Se recomienda que nunca se descargue una batería de ciclo profundo por debajo del 50% de su capacidad. La vida de la batería y su capacidad se ven afectados por la temperatura, las baterías tienen

mejor rendimiento en temperaturas moderadas. De hecho, el nivel de temperatura para la mayoría de clasificaciones de la batería es de 77 ° C. Las temperaturas frías tienden a reducir la capacidad de la batería, mientras que las altas temperaturas tienden a acortar la duración de la batería.

La temperatura promedio en la zona donde se ejecutará el proyecto es de 25 °C = 77 °F de acuerdo a esta temperatura se encuentra un factor de corrección.

**Tabla 3.5:** FACTOR DE CORRECCIÓN EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA AMBIENTE [16]

Temperatura de la Batería (°F)	Factor de Corrección	Temperatura de la Batería (°F)	Factor de Corrección
80	1.00	40	1.30
70	1.04	30	1.40
60	1.11	20	1.59
50	1.19		

### 3.1.6.1. Cálculo del banco de baterías

Consumo = 16130 w-h/día (A)

Autonomía = 2 días (B)

Profundidad de descarga = 80% (C)

Temperatura = 77 °F (D) = 1.00

Voltaje inversor = 48 Voltios (E)

$$BB = \left( \frac{A \times B \times D}{C \times E} \right) \quad (3.5)$$

$$BB = \left( \frac{16130 \text{ w-h/Día} \times 2 \text{ Dias} \times 1}{0,8 \times 48} \right)$$

$$BB = 840,1 \text{ Ah}$$

Una vez determinado la corriente necesaria que deberá brindar el banco de batería se tendrá que encontrar el tipo y número de baterías necesarias así como el tipo de conexión para cumplir dicho requerimiento.

Para esto se seleccionó baterías de ciclo profundo MT242500L con las siguientes características:

**Tabla 3.6: BATERÍA SELECCIONADA (ANEXO 8)**

Modelo o Número de Parte	Volt. (V)	Cap.@20Hr. (Ah)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Altura (mm)	Peso (Kg)
MT242500L	24	250	521	269	220	78

Además se deberá determinar el tipo de conexión más adecuado que deberá tener el banco de baterías para que cumpla con las características de voltaje y corriente.

*CORRIENTE*

$$\#B = \frac{A_{BANCOBATERIAS}}{A_{BATERIASELECCIONADA}} \quad (3.6)$$

$$\#B = \frac{840,1 \text{ Amp}}{250,1 \text{ Amp}} = 3,36 \approx 4$$

*#B = 4 Baterías en Paralelo*

*VOLTAJE*

$$\#B = \frac{V_{INVERSOR}}{V_{BATERIASELECCIONADA}} \quad (3.7)$$

$$\#B = \frac{48 \text{ V}}{24 \text{ V}} = 2$$

*#B = 2 Baterías en Serie*

El número total de baterías individuales que se necesita para completar su banco de baterías será:

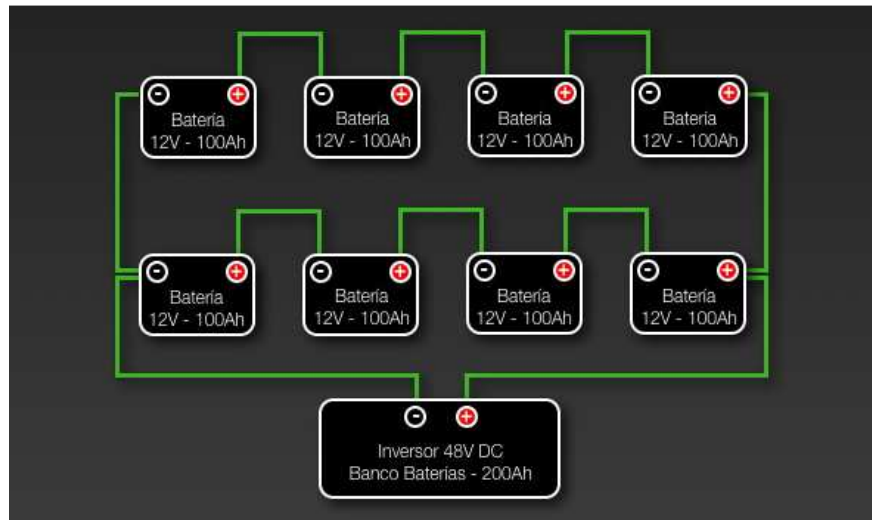
$$\#B_{total} = (\# \text{ Baterías en Serie }) (\# \text{ Baterías en Paralelo}) \quad (3.8)$$

$$\#B = 2 \times 4 = 8 \text{ Baterías}$$

La cantidad total en el banco de baterías es de 8 baterías.

La conexión recomendada es una conexión en serie y paralelo para lograr cumplir con los requerimientos del sistema



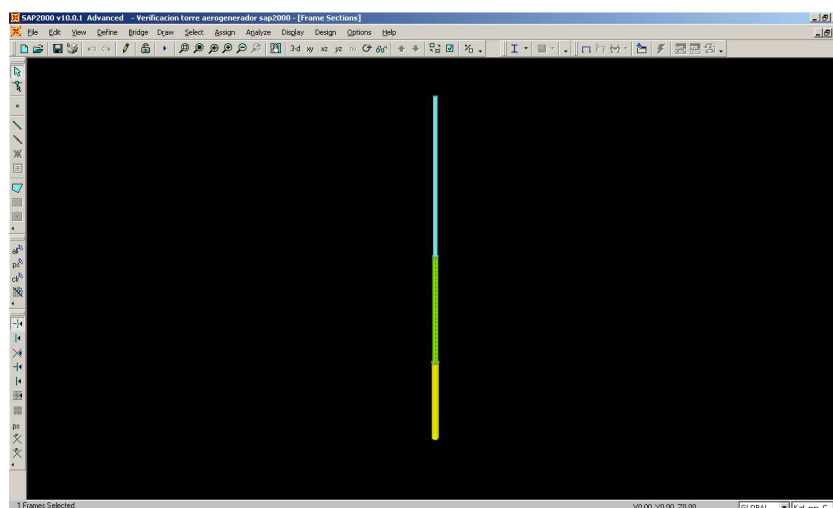


**Figura 3.3:** Esquema de Conexión del Banco de Baterías

### 3.2. Cálculo estructural [18]

El diseño de la torre del generador será de suma importancia ya que la misma soportará las cargas vivas y muertas. Debido a esto se necesitara que la misma sea estable y rígida, y que además soporten todas las fuerzas y reacciones que serán producidas por todos los medios, sean estos mecánicos o físicos.

Como criterios para el diseño de la torre será, que tenga suficiente resistencia, su montaje sea práctico y sea económica.

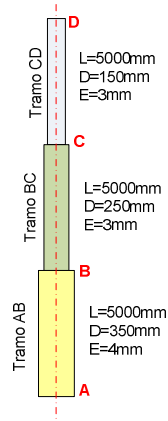


**Figura 3.4:** Torre del Aerogenerador

### 3.2.1. Cargas que actúan en la torre del aerogenerador [18]

#### 3.2.1.1. Cargas muertas.

Son aquellas que se mantienen en magnitud constante y con una posición fija durante la vida útil de la estructura; generalmente la mayor parte de las cargas muertas es el peso propio de la estructura. Es la que puede calcularse con una buena aproximación a partir de la configuración de diseño, de las dimensiones de la estructura y de la densidad del material. Su símbolo “D”, corresponde a la inicial en inglés de Dead (muerto).



**Figura 3.5:** Tramos de Tubería para la Torre del Generador

En la torre se tiene las siguientes cargas muertas:

#### **Tubo tramo AB**

Se dispondrá de planchas de acero las cuales serán baroladas para darle la forma de tubo, para encontrar el peso que dispondrá la plancha se utilizara la siguiente ecuación:

$$P = \frac{L * A * E * 7.85}{1000000} [kg] \quad (3.9)$$

Donde:

*L*: Largo del tubo = 5000 mm

*A*: Perímetro del tubo = 1100 mm

*E*: Espesor de la plancha = 4 mm

$$P = \frac{(5000)(1100)(4)(7.85)}{1000000}$$

$$P = 172.7 \text{ kg}$$

El mismo cálculo se lo realiza para el tramo BC y CD y sus resultados están en la siguiente tabla:

**Tabla 3.7: CARGAS MUERTAS**

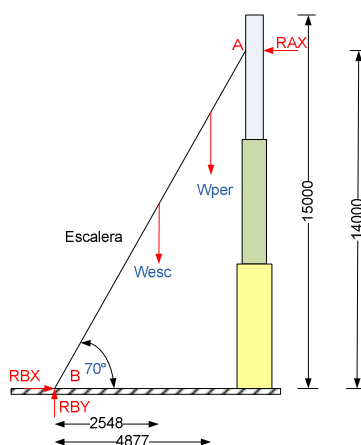
Denominación	Carga
Aerogenerador	80 kg
Tubo tramo AB	172.7 kg
Tubo tramo BC	92.55 kg
Tubo tramo CD	55.58 kg
Bridas	96.8 kg
Otros	5 kg
<b>Total</b>	<b>452.63 kg</b>

### 3.2.1.2. Cargas vivas.

Las cargas vivas son cargas variables en magnitud y posición debidas al funcionamiento propio de la estructura, es decir que son aquellas debidas al uso u ocupación de la construcción y que la identifican. Incluyen personas, mobiliario, objetos móviles o divisiones que puedan cambiar de sitio, empujes de cargas de almacenes. Generalmente actúan durante períodos cortos de la vida de la estructura. También incluyen el impacto. Su símbolo corresponde a la inicial de Live (vivo).

En la torre se incluye una carga viva que provoca el operario que colocará el aerogenerador en la cima de la misma, de la siguiente manera:

En la figura se tiene una persona subida en la escalera la cual produce una carga puntual (RA) en la torre, y mediante las condiciones de equilibrio se tiene:



**Figura 3.6: Diagrama de Equilibrio: Escalera**

$$\sum F_y = 0 \quad ( 3.10 )$$

$$R_{By} = W_{esc} + W_{per}$$

$$R_{By} = 30 \text{ kg} + 80 \text{ kg} = 110 \text{ kg}$$

$$\sum F_x = 0 \quad ( 3.11 )$$

$$R_{Bx} = R_{Ax}$$

$$\sum M_B = 0 \quad ( 3.12 )$$

$$R_{Ax} (14000) = W_{esc} (2548) + W_{per} (4877)$$

$$R_{Ax} = 33.32 \text{ kg} = R_{Bx}$$

Por lo tanto se tendrá una carga viva en dirección “x” de 30.54 kg con respecto a la torre

También se dispondrá de una opción en la que el operario se subirá a la torre para el montaje mediante cinturones los cuales provocaran una carga de 80 Kg en dirección vertical “y”

### 3.2.1.3. Cargas de viento.

Estas cargas dependen de la ubicación de la estructura, de su altura, del área expuesta y de la posición. Las cargas del viento se manifiestan como presiones y succiones. En algunas normas se especifica el cálculo de estas presiones de acuerdo a las características de la estructura para lo cual se basa en el ASCE-7-98 (Anexo 9)

$$P_v = (C_e \times q_s \times I_w) \times C_q \quad ( 3.13 )$$

$C_e$  = Factor de altura, exposición y ráfaga. (Tabla 16G - exposición C)

$I_w$  = Factor de importancia. (Tabla 16 K - grupo 3)

$C_q$  = Coeficiente de fuerza de viento. (Tabla 16H - grupo 4)

$q_s$  = Presión específica de Viento

$$q_s = 0,0256 (v^2) [psf] \quad ( 3.14 )$$

Donde :

$$v = \text{Velocidad del viento. (mph)} = 20 \frac{m}{s} = 44.72 \text{ mph}$$

$$q_s = 5,119 [psf]$$

$$q_s = 0,00256 \frac{kg}{cm^2} (35 cm)$$

$$q_s = 0,0875 \frac{kg}{cm^2}$$

Si  $h = 0 ft$

$$P_v = 1,06 \times 0,08743 \times 1 \times 0,8 \quad ( 3.15 )$$

$$P_v = 0,07414 \frac{kg}{cm} = 0,007414 \frac{kg}{mm}$$

Si  $h = 49 ft$

$$P_v = 1,43 \times 0,08743 \times 1 \times 0,8 \quad ( 3.16 )$$

$$P_v = 0,10 \frac{kg}{cm} = 0,001 \frac{kg}{mm}$$

Carga puntual debida a los alabes:

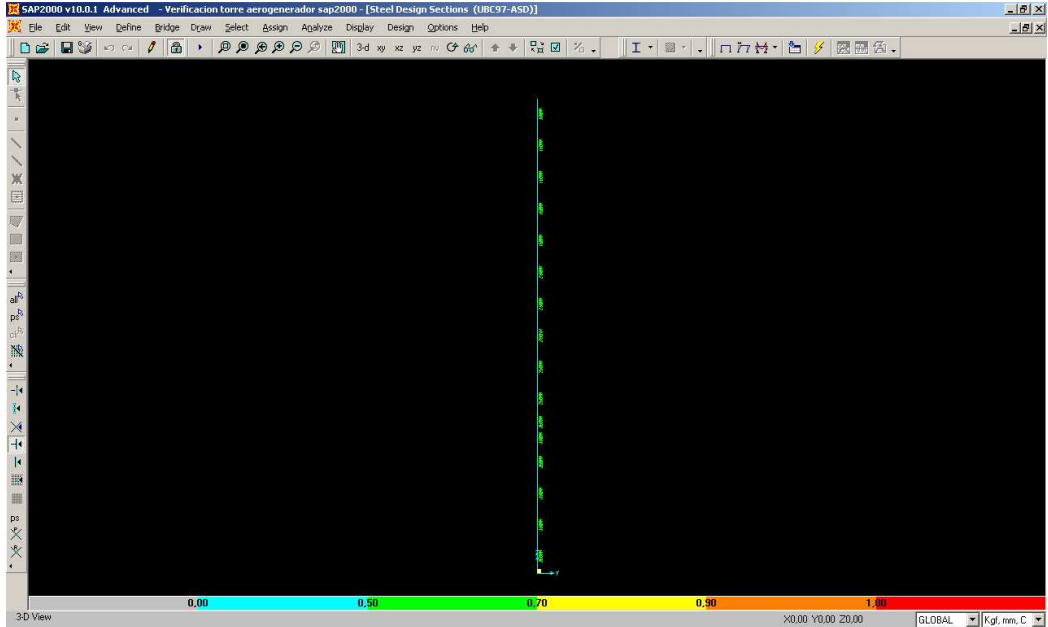
$$P_v = 0,0025 \frac{kg}{cm^2} (0,16 m^2) \left( \frac{100^2}{1 m^2} \right) \quad ( 3.17 )$$

$$P_v = 4 kg$$

### 3.2.2. Verificación de la torre del aerogenerador.

El análisis se realiza en el software SAP 2000, el cual requiere datos de cargas vivas y muertas, además de cargas de viento que interviene en la torre.

- Verificación por código de colores:



**Figura 3.7:** Verificación Mediante Código de Colores SAP 2000

Mediante los códigos de colores se puede apreciar que la estructura si resiste aunque esta está sobredimensionada, ya que lo normal sería que este en el rango de colores verde y amarillo, pero se justifica por la razón de que las cargas de mayor valor son axiales y las de menor valor como las de viento y el peso de la escalera son radiales las que producen que los tubos de la torre se flexionen.

Las condiciones para el diseño más crítico se encuentran en el empotramiento de la torre, entonces para un tramo de un metro desde la placa base se tiene el siguiente cálculo proporcionado por el programa SAP2000

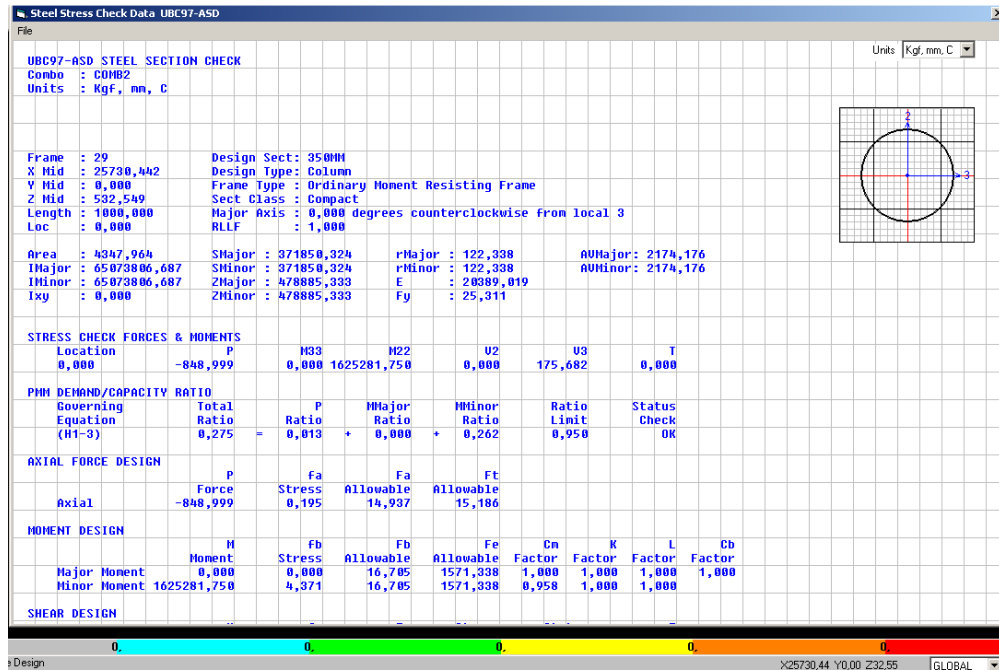


Figura 3.8: Resultados Proporcionados por SAP 2000

Los detalles de cálculo los esfuerzos reales STRESS, los permitidos ALLOWABLE, y la relación entre estos marca el color de la barra.

Las posibilidades de que exista la combinación 2, cargas vivas+ muerta+ sismo, haría que la torre se comporte de la siguiente manera

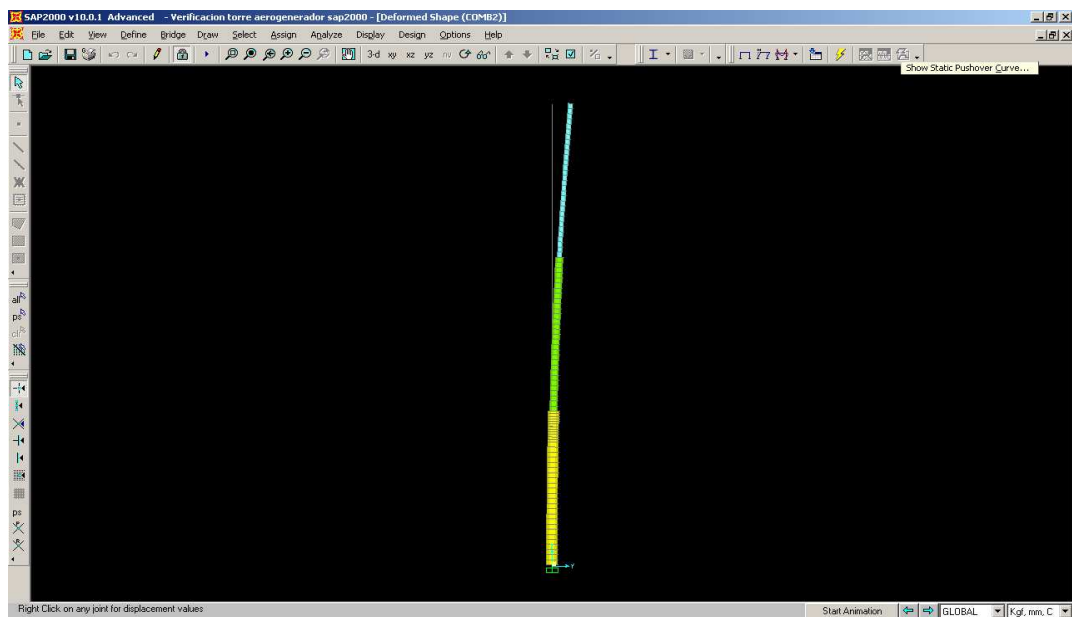
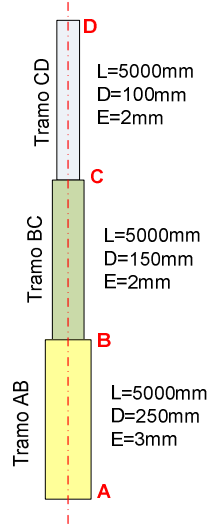
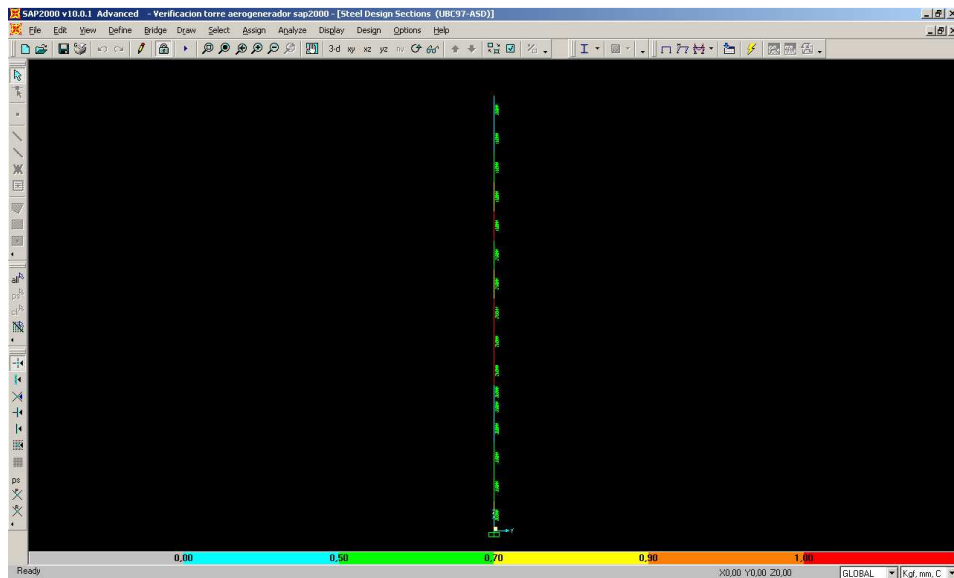


Figura 3.9: Comportamiento de la Torre

Variando los diámetros de las diferentes secciones de la torre como los que se muestran en la figura, se pudo verificar que la torre falla.



**Figura 3.10:** Torre con Diferentes Diámetros



**Figura 3.11:** Verificación Mediante Código de Colores SAP 2000

Luego del análisis realizado mediante SAP 2000 de las diferentes opciones de diámetro para la torre, se determinó que la primera opción es la apropiada, ya que esta, reúne todas las características mecánicas para soportar las cargas presentes en la misma, también brinda un elevado factor de seguridad; además la segunda opción no cumple con las características mecánicas mínimas para soportar las cargas.



### 3.2.3. Cálculo de la placa base

Una columna transfiere su carga a la cimentación por medio de la placa base. Si el área  $A_2$  de soporte de concreto es mayor que el área  $A_1$  de la placa, la presión permisible será mayor. En este caso, el concreto que rodea el área de contacto proporciona un soporte lateral apreciable a la parte cargada directamente dando como resultado una mayor capacidad del concreto para resistir la carga.

La placa base se calcula mediante el momento flector y la reacción en el empotramiento, lo cual ya fue calculado mediante el software Sap2000 y son los siguientes:

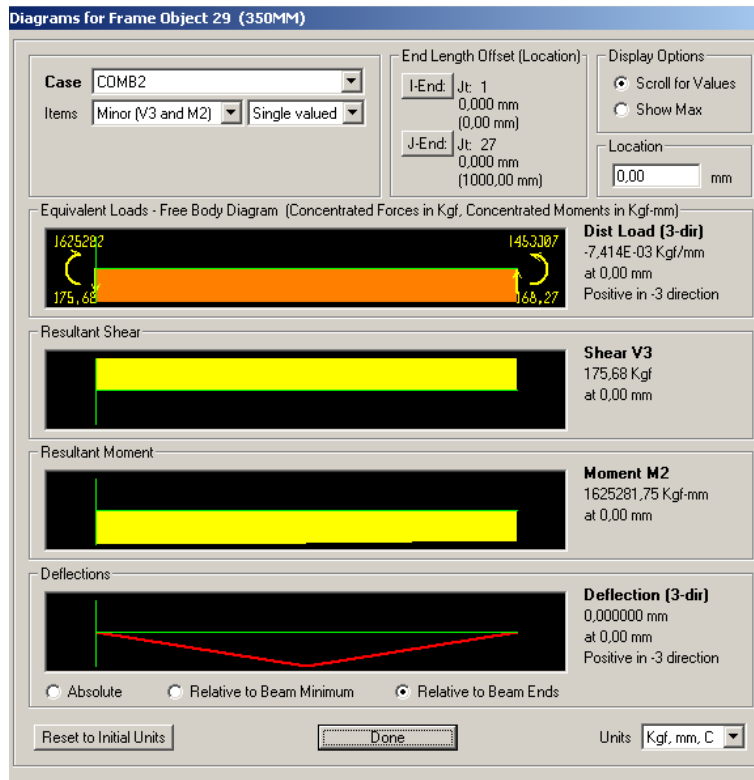


Figura 3.12: Momento Flector en el Empotramiento

Momento flector es:

$$M_{f_{\max}} = 1625281,75 \text{ kg}\cdot\text{mm} = 141092,37 \text{ lb in}$$

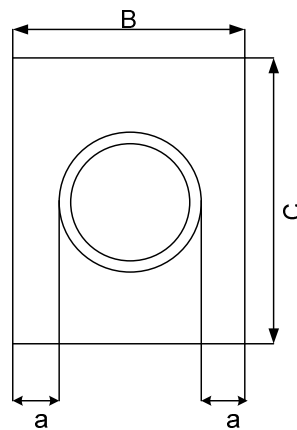
Reacción en el empotramiento A:

$$R_A = 452,63 \text{ kg} = 997,87 \text{ lb}$$

Las dimensiones principales de la placa son:

**Tabla 3.8:** DIMENSIONES DE LA PLACA

<b>f'c</b>	210 kg/cm <sup>2</sup>	2986.9 psi
<b>B</b>	51 cm	20.1 in
<b>C</b>	51 cm	20.1 in
<b>Di</b>	35 cm	13.8 in



**Figura 3.13:** Dimensiones de la Placa

El esfuerzo permisible del material de contacto (concreto) es:

$$F_p = 0,35 f' c \quad (3.18)$$

$$F_p = (0,35)(2986,9) = 1045,415 \text{ psi}$$

Condición :

$$F_p \geq \frac{P}{B \times C} \pm 6 \frac{M}{B \times C^2} \quad (3.19)$$

$$F_p \max \geq \frac{997,87}{20,1 \times 20,1} + 6 \frac{141092,37}{20,1 \times 20,1^2} = 106,72 \text{ psi}$$

$$F_p \max \geq \frac{997,87}{20,1 \times 20,1} - 6 \frac{141092,37}{20,1 \times 20,1^2} = -101,77 \text{ psi}$$

Por lo tanto cumple con la condición y se puede utilizar las dimensiones de B y C para la placa.  
Se procede a continuación a calcular el espesor de la placa:

$$Pendiente = \frac{fp \text{ max} - fp \text{ min}}{C} \quad (3.20)$$

$$Pendiente = \frac{106,72 + 101,77}{20,1} = 10,37$$

$$q = fp \text{ max} - (Pendiente)(x)$$

$$q = 106,72 - 10,37 x$$

$$V = 106,72x - 5,185 x^2$$

$$M = 53,36x - 1,73 x^2$$

Ahora se halla M cuando  $x = a = 0,08 \text{ m} = 3,14 \text{ in}$

$$M = (53,36)(0,08) - (1,73)(0,08^2) \quad (3.21)$$

$$M = 4,26 \text{ lb in}$$

$$t = \sqrt{\frac{6 M}{0,75 F_y}} \quad [mm] \quad (3.22)$$

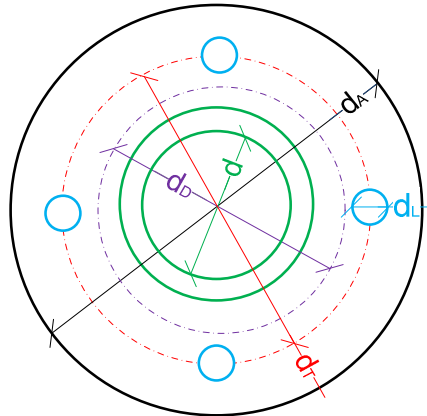
$$t = \sqrt{\frac{6 (4,26)}{0,75 (36)}}$$

$$t = 0,97 \text{ in} \approx 1 \text{ in} = 25,4 \text{ mm}$$

### 2.2.2 Diseño de bridas [17]

#### Determinación de fuerzas

Se diseñara la brida para el caso crítico de la torre corresponde al punto "B" y se diseñara según las Normas DIN 2870, se considerará un tamaño de brida según el siguiente esquema:



**Figura 3.14:** Dimensiones de la Brida

### Fuerza del tubo.

Es la fuerza transmitida del tubo o envoltura a la unión de bridas y viene dado por:

$$P_R = p \times \frac{\pi}{4} \times d^2 \quad [kg] \quad (3.23)$$

Donde :

$P_R$ : Fuerza del tubo

$p$ : Presión interior

$d$ : Diámetro interior del tubo

Como para este caso ya se conoce la fuerza del tubo que viene a ser el peso que ejerce el aerogenerador y el peso del tubo se tiene:

$$P_R = 80 + 92,55 + 55,58 \quad [kg] \quad (3.24)$$

$$P_R = 228,13 \text{ kg} = 2237,2 \text{ N}$$

Entonces se procede a encontrar la presión interior para dicha fuerza:

$$p = \frac{P_R \times 4}{\pi \times d^2} \quad \left[ \frac{N}{mm^2} \right] \quad (3.25)$$

$$p = \frac{(2237,2)(4)}{\pi(350-8)^2}$$

$$p = 0,024 \frac{N}{mm^2}$$

### Fuerza de superficie anular.

Resulta por la presión interior sobre la superficie anular entre el perímetro interior del tubo y círculo de la junta.

$$P_F = p \times \frac{\pi}{4} (d_D^2 - d^2) \quad [N] \quad (3.26)$$

Donde:

$P_F$ : Fuerza de superficie anular

$d_D$ : Diámetro medio de la junta

$$P_F = 0,024 \times \frac{\pi}{4} (385,5^2 - 342^2)$$

$$P_F = 553,1 \text{ N}$$

### Fuerza de presión interior.

La fuerza de presión interior viene dada por:

$$P_i = P_R + P_F \quad [N] \quad (3.27)$$

$$P_i = 2237,2 + 553,1$$

$$P_i = 2790,3 \text{ N}$$

### Fuerza de la junta.

La fuerza de la junta ha de garantizar una hermeticidad permanente en el trabajo y se deriva en fuerza de junta para la deformación previa, y fuerza de junta de trabajo.

- **Fuerza de junta para la deformación previa.**

Esta fuerza depende de la forma, dimensiones y material de la junta, así como de la calidad de la superficie de apoyo.

$$P_{DV} = \pi \times d_D \times k_O \times k_D \quad [kp] \quad (3.28)$$

Donde:

$P_{DV}$ : Fuerza en la junta

$k_O$ : Anchura efectiva de la junta

$k_D$ : Resistencia a la deformación del material de la junta

El factor  $k_D$  \*  $k_D$  viene dado en tablas y su valor es 4  $b_D$  para juntas metálicas, donde  $b_D$  es el espesor de la junta donde se asumirá un espesor de 2mm, por lo tanto.

$$P_{DV} = \pi \times 382,5 \text{ mm} \times 4 \frac{kp}{\text{mm}^2} \times 2 \text{ mm}$$

$$P_{DV} = 9613,3 \text{ kp}$$

- **Fuerza de la junta de trabajo.**

Para la hermeticidad en el trabajo ha de ser la fuerza de la junta.

$$P_{DB} = p \pi d_D k_1 S_D \quad [N] \quad (3.29)$$

Donde:

$k_1$  = valor característico de la fuerza

$S_D$  = factor de seguridad

$$P_D = 0,024 \times \pi \times 382,5 \times 6 \times 1,2$$

$$P_{DB} = 207,7 \text{ N}$$

**Fuerza de los pernos.**

La unión de bridas se apretará de modo que en el montaje se garantice la deformación previa necesaria de la junta.

La fuerza del perno en condiciones de trabajo viene dado por:

$$P_{SB} = P_R + P_F + P_{DB} \quad [N] \quad (3.30)$$

$$P_{SB} = 2237,7 + 553,1 + 207,7$$

$$P_{SB} = 2998,5$$

La fuerza del perno para condiciones de montaje, deberá ser de por lo menos el 20% de la fuerza del perno en condiciones de trabajo.

$$P_{SO} = 20\% P_{SB} + P_{SB} \quad [N] \quad (3.31)$$

$$P_{SO} = 0,2 \times 2998,5 + 2998,5$$

$$P_{SO} = 3597,6 \text{ N}$$

La fuerza total para los pernos viene dado por la suma de las fuerzas en condiciones de trabajo y montaje:

$$\begin{aligned}P_S &= P_{SB} + P_{SO} \quad [N] & (3.32) \\P_S &= 2998,5 + 3597,6 \\P_S &= 6596,1 \quad [N]\end{aligned}$$

### **Cálculo de la brida.**

El cálculo de la brida se realizara por una parte con la fuerza del perno en condiciones de montaje  $P_{SO}$  y los valores característicos del material y coeficientes de seguridad en vigor para las condiciones de montaje.

### **Momento de flexión exterior.**

El momento de flexión exterior en condiciones de montaje viene dado por:

$$M_O = P_{SO} a_D \quad [Nmm] \quad (3.33)$$

$$a_D = \frac{1}{2}(d_t - d_D) \quad [mm] \quad (3.34)$$

$$a_D = \frac{1}{2}(415 - 382,5)$$

$$a_D = 16,25 \text{ mm}$$

$$M_O = 3596,6 \times 16,25$$

$$M_O = 58461 \text{ Nmm}$$

Para la condición de trabajo se tiene:

$$M_I = (P_R \times a_R) + (P_F \times a_F) + (P_{DB} \times a_D) \quad [Nmm] \quad (3.35)$$

Los brazos de palanca se calculan como sigue:

$$a_F = \left( \frac{2d_t - d - d_D}{4} \right) \quad [mm] \quad (3.36)$$

$$a_F = \frac{(2 \times 415) - 350 - 382,5}{4}$$

$$a_F = 24,4 \text{ mm}$$

$$a_R = \frac{1}{2} [d_t - (d + s_R)] \quad [mm] \quad (3.37)$$

Donde:

$d_t$ : diámetro entre centros de agujeros

$s_R$ : espesor de pared del tubo

$$a_R = \frac{1}{2} [415 - (350 + 4)]$$

$$a_R = 30,5 \text{ mm}$$

Y para la condición de trabajo se tiene:

$$M_I = (2237,2 \times 30,5) + (553,1 \times 24,4) + (207,7 \times 16,25)$$

$$M_I = 85105,4 \text{ N mm}$$

### Resistencia de la brida.

La resistencia de la brida es una magnitud de cálculo con la dimensión de un momento de resistencia y se maneja como tal.

El módulo de resistencia para la brida en condiciones de montaje y trabajo respectivamente viene dado por:

$$W_o = \frac{M_o}{\sigma_{adm}} \quad (3.38)$$

$$W_I = \frac{M_I}{\sigma_{adm}} \quad (3.39)$$

$W$ : módulo de resistencia

$\sigma_{adm}$ : esfuerzo admisible del material de la brida

Para el cálculo se considerará el módulo de resistencia más bajo que se considerará para este caso como crítico, por lo tanto se tiene:



$$W_0 = \frac{58461}{19613} = 2,98 \text{ mm}^3$$

$$W_0 = \frac{85105,4}{19613} = 4,33 \text{ mm}^3$$

**Espesor de la brida:**

$$h_F = \sqrt{\frac{\frac{4 \times W_1}{\pi} - [(d + S_F)(S_F^2 - S_I^2)]}{(d_a - d - 4d_L)}} \times \eta \quad [\text{mm}] \quad (3.40)$$

*Donde:*

$S_F$ : espesor del cuello de la brida

$S_I$ : espesor del tubo

$d_a$ : diámetro exterior de la brida

$d_L$ : diámetro del agujero del perno

$\eta$ : coeficiente de seguridad

$$h_F = \sqrt{\frac{\frac{4 \times 2,98}{\pi} - [(342 + 0)(2^2 - 3^2)]}{(480 - 342 - [4 \times 10])}} \times 2$$

$$h_F = 5,91 \text{ mm}$$

Por lo tanto se selecciona un espesor de plancha de acero comercial A36 para la brida de 6.35 mm ó 1/4 in

### **Cálculo de los pernos [19]**

El cálculo de los pernos se lo realizará por una parte con la fuerza del perno en condiciones de montaje " $P_{SO}$ " y los valores característicos del material y coeficiente de seguridad en vigor, y por otra parte con la fuerza del perno en condiciones de trabajo " $P_{SB}$ "

El diámetro del núcleo de rosca de una unión de bridas con N pernos es:

$$d_K = \sqrt{\left(\frac{4}{\pi \times N}\right) \left(\frac{P_s}{K}\right)} + C \quad [mm] \quad (3.41)$$

Donde:

$P_s$  : fuerza total de los pernos

$N$  . número de pernos

$K$  . limite de fluencia para pernos SAE 1 (  $225,6 \text{ N/mm}^2$  )

$S$  : coeficiente de seguridad [ 2–5 ] recomendado

$c$  : suplemento de construcción [ 0– 3 ] mm

$$d_K = \sqrt{\left(\frac{4}{\pi \times 4}\right) \left(\frac{6595,6}{\frac{196,1}{4}}\right)} + 2$$

$$d_K = 8,54 \text{ mm}$$

Se selecciona por lo tanto 4 pernos M10 para cada unión bridada.

### 3.3. Obra civil [18]

Antes que la instalación pueda ejecutarse, la obra civil debe ser realizada completamente. Esta obra consiste de las cimentaciones en concreto para el anclaje de la torre y del tanque de almacenamiento o caseta de ubicación de las baterías. La cimentación debe ser hecha de tal forma que la torre quede perfectamente vertical.

Se debe de tener en cuenta además que:

- La torre soportara todo el empuje del viento sobre el molino y el viento por ráfagas, dependiendo del lugar puede llegar, a 20 o 25 m/s., por lo que la buena calidad y ubicación de la cimentación depende la vida del molino y su eficiencia en la generación.
- De la buena ubicación de los anclajes depende que la torre quede vertical y opere eficientemente
- La profundidad de este anclaje está determinada por el tipo de cargas que recibirá la torre.

### 3.4. Presupuesto del proyecto [20]

#### 3.4.1. Costos

Para determinar los costos de obras civiles se tuvo que realizar un pre-diseño de las mismas, las cuales constan de un plinto, una columna y una torre, los cuales están compuestos por los siguientes materiales:

**Tabla 3.9 OBRA CIVIL**

<b>MATERIALES</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>SUBTOTAL</b>
Varilla corrugada 20 mm	m	10	2,00	20,00
Varilla corrugada 16 mm	m	10	1,25	12,50
Varilla corrugada 14 mm	m	20	0,95	19,00
Varilla corrugada 8 mm	m	35	0,30	10,50
Cemento	Kg	200	0,13	26,00
Tablas de encofrado	U	3	1,00	3,00
Clavos	kg	1	1,00	1,00
Agregados	m <sup>3</sup>	2	4,00	8,00
<b>TOTAL (A)</b>				<b>100,00</b>

<b>MAQUINARIA Y HERRAMIENTA</b>	<b>HORAS-EQUIPO</b>	<b>COSTO-HORA</b>	<b>SUBTOTAL</b>
Concretera	6	10,00	60,00
Herramienta menor	24	0,30	7,20
<b>TOTAL (B)</b>			<b>67,20</b>

<b>MANO DE OBRA</b>	<b>CATEGORIA</b>	<b>HORAS-HOMBRE</b>	<b>COSTO-HORA</b>	<b>SUBTOTAL</b>
Operador de Concretera	OC	6	1,50	9,00
Maestro mayor	C 1	20	1,75	35,00
Ayudante 1	ST	20	1,25	25,00
Ayudante 2	ST	20	1,25	25,00
Ayudante 3	ST	20	1,25	25,00
<b>TOTAL (C)</b>				<b>119,00</b>

<b>TRANSPORTE</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO TRANSPORTE</b>	<b>SUBTOTAL</b>
Varilla corrugada 20 mm	m	10	0,60	6,00
Varilla corrugada 16 mm	m	10	0,50	5,00
Varilla corrugada 14 mm	m	20	0,50	10,00
Varilla corrugada 8 mm	m	35	0,50	17,50
Cemento	kg	200	0,13	30,00
Tablas de encofrado	U	3	1,00	3,00
Clavos	kg	1	1,50	1,50
Agregados	m3	2	10,00	16,00
<b>TOTAL (A)</b>				89,00

<b>COSTOS DIRECTOS (A+B+C+D)</b>	375,20
<b>COSTOS INDIRECTOS 15 %</b>	56,28
<b>PRECIO UNITARIO</b>	431,48

**Tabla 3.10 TORRE ACERO**

<b>MATERIALES</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>SUBTOTAL</b>
Torre acero	U	1	900,00	850,00
<b>SUBTOTAL (A)</b>				850,00

<b>MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS</b>	<b>HORAS-EQUIPO</b>	<b>COSTO-HORA</b>	<b>SUBTOTAL</b>
Andamios	4	8,00	32,00
Herramienta menor	4	0,30	1,20
<b>TOTAL (B)</b>			33,20

<b>MANO DE OBRA</b>	<b>CATEGORIA</b>	<b>HORAS-HOMBRE</b>	<b>COSTO-HORA</b>	<b>SUBTOTAL</b>
Jefe de montaje	C 2	4	5,00	20,00
Ayudante 1	ST	4	1,25	5,00
Ayudante 1	ST	4	1,25	5,00
Ayudante 1	ST	4	1,25	5,00
<b>TOTAL (C)</b>				35,00

<b>TRANSPORTE</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO TRANSPORTE</b>	<b>SUBTOTAL</b>
-------------------	-----------------	-----------------	--------------------------	-----------------

Torre acero	U	1	100,00	100,00
			<b>SUBTOTAL (D)</b>	100,00

<b>COSTOS DIRECTOS (A+B+C+D)</b>	1018,00
<b>COSTOS INDIRECTOS 15 %</b>	152,73
<b>PRECIO UNITARIO</b>	1170,93

**Tabla 3.11 GENERADOR**

<b>MATERIALES</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>SUBTOTAL</b>
Generador, aspas y controlador	U	1	1200,00	1200,00
			<b>TOTAL (A)</b>	1200,00

<b>MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS</b>	<b>HORAS-EQUIPO</b>	<b>COSTO-HORA</b>	<b>SUBTOTAL</b>
Herramienta menor	6	0.30	1,80
		<b>TOTAL (B)</b>	1,80

<b>MANO DE OBRA</b>	<b>CATEGORIA</b>	<b>HORAS-HOMBRE</b>	<b>COSTO-HORA</b>	<b>SUBTOTAL</b>
Maestro electricista	C 3	6	4,00	24,00
Ayudante 1	ST	6	1,25	7,25
Ayudante 2	ST	6	1,25	7,25
			<b>TOTAL (C)</b>	39,00

<b>TRANSPORTE</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO TRANSPORTE</b>	<b>SUBTOTAL</b>
Generador, aspas y controlador	U	1	90,00	90,00
			<b>TOTAL (A)</b>	90,00

<b>COSTOS DIRECTOS (A+B+C+D)</b>	1330.80
<b>COSTOS INDIRECTOS 15%</b>	199.62
<b>PRECIO UNITARIO</b>	1530.42

**Tabla 3.11 SISTEMA ELECTRICO**

MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
Baterías	U	8	120,00	960,00
Inversor	U	1	350,00	450,00
Cable	m	80	0,50	40,00
<b>SUBTOTA (A)</b>				1450,00

MAQUINARIA Y HERRAMIENTA	HORAS-EQUIPO	COSTO-HORA	SUBTOTAL
Herramienta menor	4	0,30	1,20
<b>TOTAL (A)</b>			1,20

MANO DE OBRA	CATEGORIA	HORAS-HOMBRE	COSTO-HORA	SUBTOTAL
Maestro electricista	C 3	4	4,00	16,00
Ayudante 1	ST	4	1,25	5,00
Ayudante 2	ST	4	1,25	5,00
<b>TOTAL (C)</b>				26,00

TRANSPORTE	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO TRANSPORTE	SUBTOTAL
Baterías	U	8	5,00	32,00
Inversor	U	1	15,00	15,00
Cable	m	80	1,00	80,00
<b>TOTAL (D)</b>				127,00

<b>COSTOS DIRECTOS (A+B+C+D)</b>	1604,20
<b>COSTOS INDIRECTOS 15 %</b>	240,63
<b>PRECIO UNITARIO</b>	1844,83

**Tabla 3.16: COSTOS DE MANTENIMIENTO**

Cantidad	Descripción	Pr. Unit USD	Pr. Total USD
1	Imprevistos. Anual	20,00	20,00
	<b>Total gastos de mantenimiento cada año</b>		<b>80,00</b>
1	Cambio Cojinetes turbina. Cada 5 años	20	20
	<b>Total gastos de mantenimiento cada 5 años</b>		<b>100</b>

## 1.1. Estudio de rentabilidad

### 1.1.1. Forma de depreciación

Una forma adecuada de depreciación es considerar que el bien pierda su valor anualmente de manera uniforme, desde su valor inicial en el año de su instalación hasta cero en el último año de su vida útil (depreciación lineal).

El valor residual se puede calcular con la siguiente expresión:

$$VR_n = V_i - V_i \frac{(n)}{N} \quad [USD] \quad (3.42)$$

Donde:

$VR_n$  : valor residual en el año  $n$ , en dolares ( total activos fijos )

$V$  : valor inicial del bien, en el año de su instalación, en USD

$N$  : vida útil del bien en años ( 15 años )

$n$  : año en que se calcula el valor residual en años

Para este proyecto de Pico central en particular se tiene:

$$VR_{15} = 4208,4 - 4208,4 \left( \frac{14}{15} \right)$$

$$VR_{15} = 280,56 \text{ USD}$$

El valor residual del equipo será de 280,56 USD.

#### **Elaboración del cuadro de flujo de caja.**

Este cuadro se elabora considerando los siguientes rubros:

##### **Ingresos**

- Consumo de energía al valor que le representaría al tener servicio estatal.
- Valor residual de la instalación y equipo.

##### **Egresos**

- Inversiones
- Costo de operación y mantenimiento

El cuadro de flujo de caja se presenta en la tabla 3.19; a partir de estos resultados se obtienen los datos para el cálculo de los indicadores de Evaluación Económica.

### **Flujo de caja**

Se toma en cuenta como beneficio el ahorro del valor de la energía consumida por el propietario anualmente como si lo estuviera comprando de la empresa estatal, como se puede ver en la tabla 2.23; a este valor hay que sumarle en el año final (año 15avo) el valor residual del equipo.

Estos valores de beneficios se confrontan para el flujo de caja con los costos que serán: la inversión inicial que es un solo rubro en el primer año y el costo por operación y mantenimiento del sistema anualmente. La diferencia de los rubros beneficio costo será el flujo de caja anual que genera el proyecto.

En función a la tabla 2.23 se calcula los kilovatios consumidos en un año, que será el valor a utilizar en el flujo de caja. Se tiene:

Consumo en kilovatios por día = 16,13 kw-h / día

Consumo de kilovatios por mes = 16,13 kw-h / día x 30días (1mes) = 483,90 kw-h/ mes

Consumo de kilovatios por año = 411,9 kw-h /mes x 12 meses (1 año) = 5806,80 kw-h/ año.

Por lo tanto el valor a cancelar por 1 año sería de: 5806,80 kw-h/ año x 0.0865 USD = 502,29 USD en cada año.



### Cálculo del flujo de caja interno

**Tabla 3.19: FLUJO DE CAJA INTERNO EN USD.**

AÑO	BENEFICIOS			COSTOS			FLUJO DE CAJA
	VALOR ENERGÍA	VALOR RESIDUAL	BENEFICIO TOTAL	INVERSIÓN	OPERAC. Y MANT.	COSTO TOTAL	
1				4208,56		4208,56	-4208,56
2	502,29		502,29		80,00	80,00	422,29
3	502,29		502,29		80,00	80,00	422,29
4	502,29		502,29		80,00	80,00	422,29
5	502,29		502,29		80,00	80,00	422,29
6	502,29		502,29		100,00	100,00	402,29
7	502,29		502,29		80,00	80,00	422,29
8	502,29		502,29		80,00	80,00	422,29
9	502,29		502,29		80,00	80,00	422,29
10	502,29		502,29		80,00	80,00	422,29
11	502,29		502,29		100,00	100,00	402,29
12	502,29		502,29		80,00	80,00	422,29
13	502,29		502,29		80,00	80,00	422,29
14	502,29		502,29		80,00	80,00	422,29
15	502,29	280,56	782,85		80,00	80,00	702,02

### 3.5.2. Cálculo de los indicadores del análisis beneficio-costos

Para determinar el valor de los beneficios y costos actualizados hay que hacerlo con una tasa de descuento  $i$ , del 4 % (Anexo 7) que es la tasa de interés pasiva de acuerdo con las condiciones de mercado y las disposiciones del banco central del Ecuador.

**Tabla 3.20: ANÁLISIS BENEFICIOS-COSTO**

AÑO	BENEFICIOS			COSTOS		
	VALOR ENERGÍA	FACTOR V. ACTUAL	BENEFICIO ACTUALIZADO	COSTO	FACTOR V. ACTUAL	COSTO ACTUALIZADO
1	0	0,9615	0	4208,56	0,9615	4046,37
2	502,29	0,9246	464,42	80	0,9246	73,968

3	502,29	0,889	446,54	80	0,889	71,12
4	502,29	0,8548	429,36	80	0,8548	68,384
5	502,29	0,8219	412,83	80	0,8219	65,752
6	502,29	0,7903	396,96	100	0,7903	79,03
7	502,29	0,7599	381,69	80	0,7599	60,792
8	502,29	0,7307	367,02	80	0,7307	58,456
9	502,29	0,7026	352,91	80	0,7026	56,208
10	502,29	0,6756	339,35	80	0,6756	54,048
11	502,29	0,6496	326,29	100	0,6496	64,96
12	502,29	0,6246	313,73	80	0,6246	49,968
13	502,29	0,6006	301,68	80	0,6006	48,048
14	502,29	0,5775	290,07	80	0,5775	46,2
15	782,02	0,5553	434,55	80	0,5553	44,424
<b>BENEFICIO TOTAL</b>			<b>5257,52</b>	<b>COSTO TOTAL</b>		<b>4887,72</b>

$$R_{B-C} = \frac{\text{VALOR ACTUAL TOTAL BENEFICIOS}}{\text{VALOR ACTUAL TOTAL COSTOS}} \quad ( 3.43 )$$

$$R_{B-C} = \frac{5257,52}{4887,72} = 1.1$$

Ya que este cociente es mayor que 1, significa que para la tasa de descuento  $i = 12$  los beneficios son mayores que los costos, es decir tenemos otro indicador que el proyecto es rentable y se recupera dentro del período de vida útil en los primeros años la inversión.

### 3.5.3. Cálculo del valor actual neto (VAN)

Se calcula actualizando el flujo de caja a diversas tasas de descuento y sumando estos valores.

**Tabla 3.21: VALOR ACTUAL NETO**

<b>AÑO</b>	<b>BENEFICIO ACTUALIZADO</b>	<b>COSTO ACTUALIZADO</b>
1	0	4046,37
2	464,42	73,968
3	446,54	71,12

4	429,36	68,384
5	412,83	65,752
6	396,96	79,03
7	381,69	60,792
8	367,02	58,456
9	352,91	56,208
10	339,35	54,048
11	326,29	64,96
12	313,73	49,968
13	301,68	48,048
14	290,07	46,2
15	434,25	44,424
<b>Total USD</b>	<b>5257,52</b>	<b>4887,72</b>

$$\text{VAN} = + 5257,52 - 4887,72 = + 369,8 \text{ USD}$$

$$\text{VAN} = + 369,8 \text{ USD}$$

Se tiene un valor actual neto de 369,8 USD que se empezaría a recuperar después de los 15 años de funcionamiento del proyecto.

#### 3.5.4. Cálculo del costo del kw-h

Para saber cuánto cuesta el kilovatio consumido realmente en este proyecto se divide el costo total de la obra para el número de kilovatios consumidos y tenemos:

$$\text{Costo total} = \text{Costo equipo (1er año)} + \text{costo de mantenimiento (14 años)}$$

$$\text{Costo total S.C.E.E} = (4208,56 + 1160) \text{ USD} = 5368,56 \text{ USD}$$

- Energía consumida mensualmente = 483,90 kw-h/mes
- Energía consumida anualmente = 483,90 kw-h/ x 12 meses = 5806,80 kw-h/Año
- Energía consumida en 14 años = 5806,80 kw -h/Año x 14 años = 81295,2 Kw  
(14 años de generación, pues el primer año es de implementación del S.C.E.E)

El costo real del Kw en este proyecto es de:

$$CostokW = \frac{Costo\ total}{kW\ consumidos\ vida\ proyecto} \quad ( 3.44 )$$

$$CostokW = \frac{5368,56\ USD}{81295,20\ kW} = 0.066\ USD$$

El costo del kilovatio utilizado en este proyecto será de 6,6 ctvs. Usd.

El presente proyecto de S.C.E.E, está diseñado para generar 1,5 kw-h, a continuación se presenta el cálculo del costo del kw-h si se consumiría la carga de 36 kw-h cada día, en donde se estaría aprovechando prácticamente el 100% de la generación.

Costo total S.C.E.E = (4208,56+ 1160) USD = 5368,56USD

- Energía consumida diariamente = 1,5 kw-h x 24 h = 36 kw-h/día
- Energía consumida mensualmente = 36 kw-h/día x 30 días = 1080 kw-h/mes
- Energía consumida anualmente = 1080 kw-h/mes x 12 = 12960 kw-h/año
- Energía consumida en 14 años = 12960 kw-h/año = 181440 kw-h/14años

(14 años de generación, pues el primer año es de implementación del S.C.E.E)

El costo del Kw en este caso es de:

$$CostokW = \frac{Costo\ total}{kW\ consumidos\ vida\ proyecto} \quad [ USD ] \quad ( 3.45 )$$

$$CostokW = \frac{5368,56\ USD}{181440\ kW} = 0,029\ USD$$

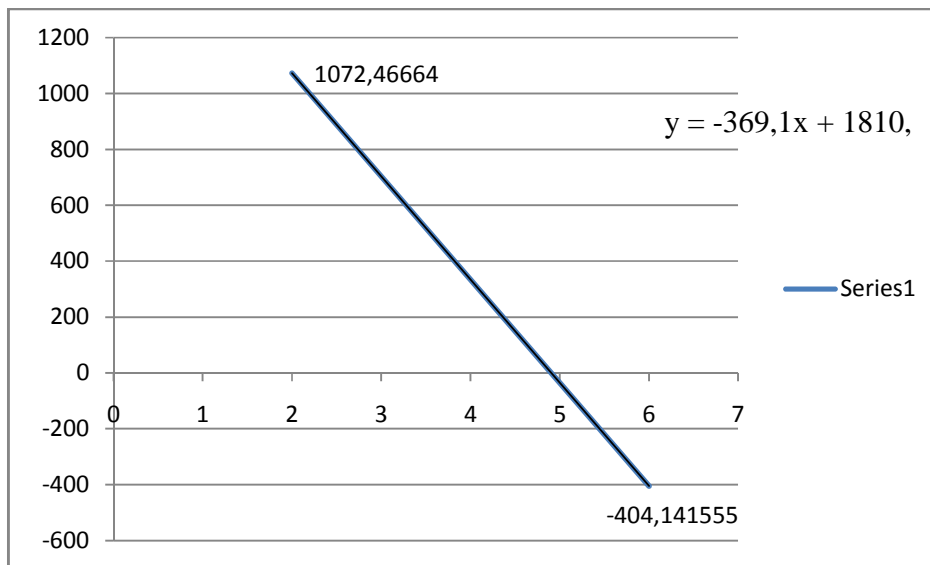
Si se aprovechara toda la energía generada, el kilovatio generado costaría 2,9 ctvo. de dólar, siendo mucho más rentable todavía el proyecto.

### 3.5.5. Cálculo de la tasa interna de retorno TIR

La TIR se calcula con los datos obtenidos de la (tabla 4.5) de la siguiente manera:

**Tabla 3.22: TASA INTERNA DE RETORNO**

A Ñ O	FLUJO DE CAJA	TASA 1%		TASA 6%	
		Factor del Valor actual	VANE 1%	Factor del Valor actual	VANE 6%
1	-4208,56	0,9901	-4166,8952	0,9434	-3970,3555
2	422,29	0,9803	413,970887	0,89	368,434089
3	422,29	0,9706	409,874674	0,8396	344,130776
4	422,29	0,961	405,82069	0,7921	321,450569
5	422,29	0,9515	401,808935	0,7473	300,271817
6	402,29	0,9421	378,997409	0,705	267,193173
7	422,29	0,9327	393,869883	0,6651	261,962859
8	422,29	0,9235	389,984815	0,6274	244,676473
9	422,29	0,9143	386,099747	0,5919	228,53244
10	422,29	0,9053	382,299137	0,5584	213,475838
11	402,29	0,8963	360,572527	0,5268	189,949607
12	422,29	0,8875	374,782375	0,497	186,26684
13	422,29	0,8787	371,066223	0,4688	173,955845
14	422,29	0,87	367,3923	0,4423	162,497614
15	702,02	0,8614	604,720028	0,4173	252,349668
		VANE :	1486,82973	VANE :	404,141555



**Figura 3.15:** Cálculo de la TIR

La ecuación de la recta es:  $VANE = -369,15i + 18108$

Reemplazando  $VANE = 0$  en la ecuación de la recta tenemos  $TIR = 4,9 \%$

De acuerdo al resultado obtenido, este proyecto sería rentable ya que la Tasa Interna de Retorno es mayor que el Interés anual en vigencia ( $i=4\%$ ).

### **CONCLUSIÓN**

Luego de realizado el análisis económico del proyecto, se concluye que al tener un TIR del 4,9 % el proyecto es rentable, ya que se lograra la recuperación del capital y se asegura un margen ganancia para la inversión realizada

## CAPÍTULO IV

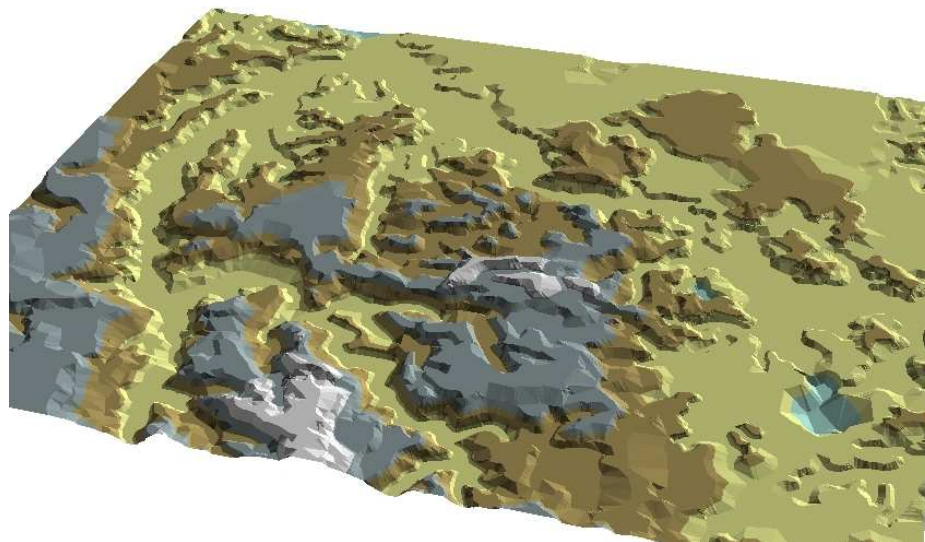
### 4. EVALUACIÓN DEL SUMINISTRO DE ENERGÍA A TRAVÉS DE LA RED DE EMPRESA ELÉCTRICA ESMERALDAS

#### 4.1. Levantamiento topográfico

En primera instancia se debe tener en cuenta los planos cartográficos de la región de manera que estos sean una ayuda para este estudio. Es importante recopilar la información cartográfica, ya que, en estos planos se encuentra la información geológica y topográfica, la ubicación, vías de acceso a la zona, la vegetación, los ríos y las curvas de nivel. La escala a la que se pudo encontrar esta información es suficiente para el propósito donde se puede ir posicionando los diferentes elementos de la línea de transmisión. La información que proporcionan estos planos debe corroborarse con un reconocimiento de campo y establecer si se debe modificar el diseño la ubicación de las obras.



**Figura 4.1:** Ubicación de la Casa



**Figura 4.2:** Imagen 3D del Lugar

#### **4.2. Planilla de estructura[21]**

La Planilla de Estructuras se realizó con ayuda de trabajadores de la CNEL-Milagro, para realizar la Planilla de Estructura se debe tomar en cuenta todos los elementos necesarios para la instalación del tendido eléctrico, tales como: postes, transformadores, cables, etc. Los cuales están detallados en la siguiente tabla.





16	Hormigón	11	53	UP2		ACSR														TE
17	Hormigón	11	71	UP2		ACSR														
18	Hormigón	11	86	UA		ACSR														TTM
19	Hormigón	11	117	2UR		ACSR														2 TTM
20	Hormigón	11	104	UA		ACSR														TE
21	Hormigón	11	93	UA		ACSR														TE
22	Hormigón	11	29	UP2		ACSR														TE
23	Hormigón	11	43	UA		ACSR														TTM
24	Hormigón	11	48	UA		ACSR														TE
25	Hormigón	11	86	UA		ACSR														TE
26	Hormigón	11	102	UA		ACSR														TE
27	Hormigón	11	60	UA		ACSR														TTM
28	Hormigón	11	54	UA		ACSR														TE
29	Hormigón	11	64	UP2		ACSR														TE
30	Hormigón	11	74	UA		ACSR														TTM
31	Hormigón	11	81	UR2		ACSR														2TTM
32	Hormigón	11	70	UP2		ACSR														
33	Hormigón	11	74	UP2		ACSR														TE
34	Hormigón	11	25	UR		ACSR	10 KVA	Autopro												TTM

**NOMENCLATURA**

**ESTRUCTURAS**

- UR UNICA RETENCION
- UP2 UNICA PASANTE DOBLE
- UR2 UNICA RETENCION DOBLE
- UA UNICA ANGULAR
- UP UNICA PASANTE SIMPLE

**TENSORES**

- TE TENSOR DE EMPUJE
- TTM TENSOR A TIERRA A MEDIA TENSION
- TTB TENSOR A TIERRA A BAJA TENSION
- TPPM TENSOR POSTE A POSTE

NOTA: En todos los TPPM el poste de apoyo son de 9 m y cada uno lleva un TTB

### 4.3. Transformadores

#### 4.3.1. Transformadores monofásicos

Los transformadores monofásicos, tanto de columnas como acorazados, se usan en distribución de energía eléctrica, por ejemplo para reducir, en líneas de MT de 13,2 kV a BT, 220V. Se los suele encontrar, de pequeña potencia en soportes de líneas eléctricas rurales. También se los encuentra, en potencias altas, para constituir bancos trifásicos, con tres de ellos, en sistemas de distribución Ejemplos: 10 kVA; 13200/220 V

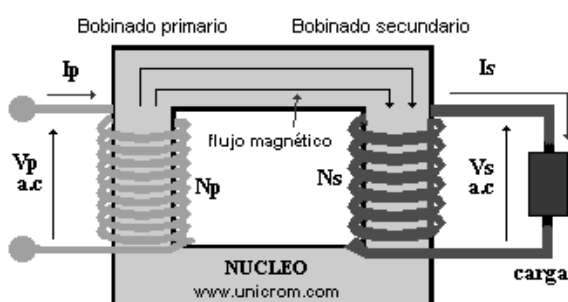


Fig. 4.4: Transformador Monofásico

#### 4.4. Costo total de la instalación.

Para la determinación del costo total de la instalación del tendido de la red de distribución se utilizaron los valores dados por CNEL-Milagro, los cuales se detallan a continuación.

Tabla 4.2: PRESUPUESTO DE LA INSTALACIÓN.

MATERIALES	CANT.	P. UNITARIO	P. PARCIAL
Abrazadera simple 5 1/2"	40	\$4,53	\$181,20
Abrazadera doble 5 1/2"	1	\$5,37	\$5,37
Aislador de retención de porcelana ANSI 54-3	18	\$3,64	\$65,52
Aisl. de susp. 6" de porcelana	52	\$7,98	\$414,96
Aisladores pin ANSI 55-5	24	\$4,46	\$107,04
Cable Al ACSR No. 2 (provee CNEL Milagro)	2410	\$0,68	\$1.638,94
Cable tensor 3/8 "	390	\$1,20	\$468,00
Cable Cu. No. 8, 7 desnudo	12	\$1,50	\$18,00
Caja fusible 15 Kv. 100 A.	1	\$76,29	\$76,29
Conector P/P Cu-Al No. 2 KSU 23	1	\$2,67	\$2,67
Extensión p/p simple	2	\$9,64	\$19,28

Extensión p/p doble	11	\$11,95	\$131,45
Grapa L/C No. 2/0	2	\$7,62	\$15,24
Grapas de retención 6 - 2/0	10	\$10,93	\$109,30
Grapas de retención Angular 6 - 2/0	16	\$10,93	\$174,88
Grap. Mord. tres pernos	92	\$3,56	\$327,52
Plintos	36	\$6,94	\$249,84
Postes 11 mts. Circulares x 500 Kg	33	\$205,49	\$6.781,17
Postes 9 mts. Circulares	5	\$140,38	\$701,90
Tensor de empuje	13	\$141,21	\$1.835,73
Transformadores de 5 KVA (Provee CNELMilagro)	1	\$1.049,75	\$1.049,75
Tuerca de ojo 5/8	26	\$1,92	\$49,92
Varilla de P/T 5/8 X 6'	1	\$8,00	\$8,00
Varilla anclaje 5/8 X 2 mts.	23	\$10,78	\$247,94
<b>COSTO MATERIALES</b>			<b>\$14.679,91</b>

#### **MANO DE OBRA**

Estructura de M.T monofásica UP	1	\$7,96	\$7,96
Estructura de M.T monofásica UP2	11	\$9,09	\$99,99
Estructura de M.T monofásica UR	8	\$10,51	\$84,08
Estructura de M.T monofásica UR2	1	\$12,79	\$12,79
Estructura de M.T monofásica UA	16	\$10,51	\$168,16
Tensor a Tierra de M.T "TTM"	18	\$14,20	\$255,60
Tensor a Tierra de B.T "TTB"	5	\$14,20	\$71,00
Excavaciones para anclaje de tensores	23	\$9,62	\$221,26
Tensor de Empuje (9m) "TE"	13	\$14,20	\$184,60
Tensor Poste-Poste "TPP"	5	\$9,60	\$48,00
Montaje de Caja Portafusible 15 KV 100A "S1"	1	\$10,31	\$10,31
Montaje de Transformador Sin Bajantes	1	\$41,60	\$41,60
Tendido y Regulado de Conductor ACSR No.2	2410,2	\$0,21	\$506,14
Excavaciones para postes de H.A o de madera	38	\$9,62	\$365,56
Izado de Postes de H.A de 9 a 14 mts	38	\$36,67	\$1.393,46
<b>COSTO MANO DE OBRA</b>			<b>\$3.470,51</b>
Carga Transporte y Descarga de Postes de H.A. de 9 y 11 mts	38	\$12,19	\$463,22
Distancia (Km)			80
<b>MATERIALES (A)</b>			<b>\$14.679,91</b>
<b>MANO DE OBRA (B)</b>			<b>\$3.470,51</b>
<b>TRANSPORTE 1</b>			<b>\$463,22</b>
<b>FACTOR DISTANCIA (2)</b>			<b>\$462,73</b>
<b>TOTAL TRANSPORTE (C=1+2)</b>			<b>\$925,95</b>
<b>IMPREVISTOS 3% (D) sobre A+B</b>			<b>\$544,51</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS 12% (E) sobre A+B+C+D</b>			<b>\$2.114,50</b>

<b>IVA 12% sobre (A+B+D)</b>			<b>\$2.243,33</b>
<b>COSTO TOTAL</b>			<b>\$ 24.904.66</b>

Teniendo un precio referencial de la Empresa Eléctrica de \$ 27.833,72 de línea de tendido eléctrico.

## CAPÍTULO V

### **5. DISCUSIÓN Y SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA MÁS ADECUADA.**

#### **5.1. Estudio del impacto ambiental para cada alternativa**

En el desarrollo e implementación de diversos proyectos de cualquier tipo y escala a los que estos estén sujetos, siempre será necesario tener en cuenta los impactos y afectaciones tanto de tipo negativo o positivo que dichos proyectos causen en el medio en el cual se planea ejecutarlos, sobre todo a nivel ambiental y dentro de ello el nivel cultural refiriéndose a la parte humana que vera aprovechados los beneficios del proyecto.

Por tanto al tener claro que para desarrollar un proyecto, en este caso generación eléctrica de tipo hidráulica o eólica, se torna necesario la evaluación de impactos ambientales que dichas propuestas podrían causar en el medio determinado y elegido para establecer el proyecto, por lo cual se requiere recurrir al análisis mediante un sistema de evaluación, en este caso se ha elegido como la más idónea un método de primer grado como lo es el análisis a través de la Matriz de Leopold, que no es más que una matriz de análisis causa – efecto, en la cual se abarcan diversos factores ambientales que podrían ser afectados por distintas acciones que se llevarían a cabo antes, durante, y después del desarrollo y ejecución del proyecto.

A continuación encontramos las matrices de evaluación de impactos ambientales a través del Método de Leopold tanto para la propuesta de generación de energía eléctrica hidráulica, como para la propuesta eólica.

## Matriz de Leopold de la P.C.H

ACCIÓN													PARÁMETROS AMBIENTALES			
													Afectación Positiva	Afectación Negativa	Agregación de Impactos	
<b>A.- MODIFICACIÓN DEL RÉGIMEN</b>																
a.- Modificación del hábitat														0	5	-25
b.- Alteración de la cubierta vegetal	-5	-4	-3											0	9	-143
c.- Alteración de la hidrología	-4	-5	-4											0	8	-109
<b>B.- TRANSFORMACIÓN DEL TERRITORIO</b>																
a.- Caminos	-1	-1	-1	-1	-1	-1								2	2	2
b.- Acueductos	-4	-4	-4	-4	-4	-4								13	7	7
c.- Barreras	-3	-3	-3	-3	-3	-3								13	7	7
d.- Canales	-3	-3	-3	-3	-3	-3								8	8	13
e.- Presas y embalses	-4	-4	-4	-4	-4	-4								2	2	2
f.- Desmontes y rellenos	-4	-4	-3	-4	-4	-3								2	2	2
<b>C.- EXTRACCIÓN DE RECURSOS</b>																
b.- Excavaciones superficiales	-4	-4	-4											13	12	13
c.- Escombreras	-4	-4	-3											4	13	3
<b>D.- PROCESOS</b>																
a.- Generación de electricidad	-2	-4	-4											2	0	0
<b>E.- ALTERACIÓN DEL TERRITORIO</b>																
a.- Paisajes	-3	-5	-4											3	0	3
<b>F.- ACCIDENTES</b>																
a.- Fallas de funcionamiento	-3	-4	-4											0	12	-108
<b>G.- OTROS</b>																
a.- Operación del proyecto														10	1	182
<b>A.- CARACTERÍSTICAS FÍSICO, QUÍMICAS</b>																
<b>A1.- Tierra</b>																
a.- Materiales de construcción														10	1	67
b.- Suelos	-5	-4	-3											0	12	-108
c.- Geomorfología	-4	-5	-4											0	12	-108
<b>A2.- Aguas</b>																
a.- Aguas continentales	-5	-5	-5											2	2	2
b.- Calidad del agua	-4	-4	-4											13	7	7
<b>A3.- Procesos</b>																
a.- Erosión	-2	-4	-4											8	8	-89
b.- Compactación y asentamientos	-3	-3	-4											6	6	-51
c.- Estabilidad	-3	-4	-5											10	10	-106
<b>B.- CONDICIONES BIOLÓGICAS</b>																
<b>B1.- Flora</b>																
a.- Arbustos	-3	-3	-2											8	8	-80
b.- Hiervas	-2	-2	-2											8	8	-28
c.- Microflora	-4	-3	-3											8	8	-96
<b>B2.- Fauna</b>																
a.- Pajaros (aves)	-3	-3	-3											7	7	-68
b.- Animales terrestres (incluso reptiles)	-3	-4	-4											12	12	-140
c.- Microfauna	-3	-5	-4											12	12	-158
<b>C.- FACTORES CULTURALES</b>																
<b>C1.- Usos del territorio</b>																
a.- Espacios abiertos y salvajes	-4	-4	-4											14	14	-195
<b>C2.- Nivel cultural</b>																
a.- Empleo				5	4	4	2	4	2	2	5	4	3	5	5	5
b.- Densidad de población				2	2	2	1	4	2	1	4	2	1	4	3	4
<b>D.- RELACIONES ECOLÓGICAS</b>																
a.- Cadenas alimentarias	-3	-2	-2											12	12	-108
<b>AFECCIONES POSITIVAS</b>	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
<b>AFECCIONES NEGATIVAS</b>	13	12	14	13	7	7	7	8	13	13	12	4	13	3	0	0
<b>AGREGACION DE IMPACTOS</b>	-198	-178	-197	-109	-40	-34	-35	-43	-108	-127	-89	-28	-129	-30	-49	COMPROBACIÓN
																-1296
																-1296

## **a. Identificación de Acciones que pueden causar impacto**

Las actividades identificadas en la Propuesta de generación de Energía Eléctrica Hidráulica, son las siguientes:

### **1) Modificación del régimen:**

Esta actividad es fundamental para esta propuesta ya que se necesitará de un lugar en especial para hacer la instalación, además que por dicha actividad se verá mayormente alterada la cubierta vegetal, las especies de fauna buscaran otros lugares para habitar, esta actividad es fundamental y de mayor impacto al medio.

### **2) Transformación del territorio:**

Se deberá realizar trochas, caminos, acueducto, presas para poder llegar y hacer funcionar esta propuesta por lo cual también tendrá una alteración en esta actividad ya que se necesita hacer caminos para llegar al lugar escogido y así poder llegar al lugar escogido sin ningún riesgo.

### **3) Extracción de Recursos:**

Las actividades aquí son un fuerte impacto ambiental ya que alteraran hábitat de microorganismos de plantas y animales lo cual puede generar extinción de alguna de estas especies.

### **4) Procesos:**

El mayor impacto aquí sería el ruido que puede generar el generador de electricidad y en esta propuesta es indispensable su uso.

### **5) Alteración del Territorio:**

El paisaje es lo indispensable cuando uno ingresa a un lugar natural por lo cual la instalación de esta propuesta se va de lo ecológico lo cual se va de lado de la conservación sin embargo es indispensable alguna de estas propuestas para generar energía eléctrica.



## **6) Accidentes:**

Este sería un factor menos indispensable porque durante el proceso de ejecución de cualquier tipo de proyectos se debe tener muy en cuenta la bioseguridad que es la que permitirá no tener este tipo de impactos.

## **7) Otros:**

Esto por algún caso fortuito puede ser suspendido o definitivamente dejar sin hacer esta propuesta.

### **b. Identificación de los factores ambientales del entorno susceptibles a recibir impactos**

Los factores ambientales que se han considerado son los más susceptibles de sufrir impactos ambientales, ya sean estos positivos o negativos, los cuales son los siguientes.

**1) Tierra:** Este elemento es muy susceptible a recibir impactos ya que se pisotea la tierra, se altera la vegetación, los microorganismos, la fauna en total buscan mejores lugares para vivir.

**2) Aguas:** El elemento agua es la influencia de factores naturales esta la presión que ejercen el ser humano y diferentes especies de fauna que se benefician de la utilización de este recurso natural, por todo ello en esta propuesta es la que mayormente se ve afectada ya que este es un proceso de energía hidroeléctrica.

**3) Procesos:** Aquí la introducción de equipos necesarios para este sistema de energía alternativa pueden ocasionar un pequeño impacto ambiental.

**4) Flora y Fauna:** Este recurso de biodiversidad es importante en un lugar natural como lo es la Finca la Mar en Esmeraldas ya que gracias a ello uno puede apreciar muchas cosas existentes ahí. Además, este recurso se ve afectado por las diferentes acciones que se realizan como lo son el ruido, caminatas, trabajo en si de la propuesta.

**5) Nivel cultural:** este proyecto afecta directamente el aspecto cultural ya que genera trabajo a la gente de la zona pero a la vez los aleja de los aspectos tradicionales que ellos mantenían como lo es alumbrarse con velas o con candelabros.

**6) Relaciones ecológicas:** las actividades generales que ocasionan la elaboración de dicha propuesta nos dan como resultado la alteración de las cadenas alimenticias ya que desde la macro fauna migran a

mejores lugares para vivir por lo cual ellos son los primeros eslabones de la cadena alimenticia que se pierde en este proceso.

### **c. Análisis y propuestas para prevención – mitigación de impactos**

Las medidas de mitigación se requieren estudios más profundos de los diferentes componentes estudiados en la matriz de impactos, como son tierra, agua, procesos, flora, fauna, nivel cultural y relaciones ecológicas existentes en la zona. El presente estudio brinda una visión clara de las acciones que están afectando a los recursos y los impactos tanto positivos como negativos generados por las mismas. Es así, como a través de este documento se sugiere la implementación de las siguientes medidas de prevención, sin olvidar que en la actualidad los estudios de impactos ambientales se realizan antes, durante y después de la ejecución del proyecto.

**1) Modificación del régimen:** considerar que solo se debe alterar la parte donde se va a ejecutar el proyecto y así evitar el menor impacto ambiental posible. En la parte del agua considerar que cantidad de H<sub>2</sub>O será necesario para producir energía siempre y cuando sea ecológico.

**2) Transformación del territorio:** estas dos primeras actividades serán la de mayor afectación al medio por lo cual se sugiere considerar solo la parte indispensable y hacer el menor ruido al momento de realizar el trabajo.

**3) Extracción de Recursos:** Se deberá hacer un estudio minucioso después de la ejecución de este proyecto ya que este alterara un sistema vital para flora y fauna.

**4) Procesos:** dar charlas al personal que trabajará en el proyecto de concienciación hacia la naturaleza para el momento de ejecutar el proyecto hagan el menor ruido y así evitar perturbar la flora y fauna del entorno.

**5) Alteración del Territorio:** tratar de lo posible que todo los materiales que se utilicen sean del entorno para así evitar un impacto visual negativo y a la vez ayudar a la conservación de la naturaleza y la reutilización de los materiales.

**6) Accidentes:** Ser constante en las medidas de bioseguridad para evitar cualquier accidente.

**Tabla 5.1: CRITERIOS DE PREVENCIÓN MITIGACIÓN Y COMPENSACIÓN – PROPUESTA HIDRÁULICA**

<b>PT</b>	<b>ACCIÓN</b>	<b>MEDIDAS PREVENTIVAS</b>	<b>MEDIDAS DE MITIGACIÓN</b>	<b>MEDIDAS DE COMPENSACIÓN</b>
- 196	Modificación del Hábitat	Ordenamiento territorial, es decir que se tenga georeferenciada, designada y delimitada correctamente la zona en la cual se pretende ejecutar el proyecto, para evitar posibles afectaciones a zonas no involucradas.	Contar un con un plan operativo del proyecto en el cual se tenga en cuenta el manejo correcto del recurso hídrico, analizando constantemente la calidad y niveles de dicho recurso.	No se puede sugerir una medida de compensación en este caso debido que la modificación del hábitat es necesaria, de lo contrario la sugerencia sería que el proyecto no se ejecute.
- 178	Alteración de la Cub. Vegetal	Designar el área vegetal a ser intervenida, de manera que se pueda evitar la alteración innecesaria de otras especies vegetales.	De ser el caso recuperar las especies vegetales afectadas, contando con un plan de replantación que permita mitigar la erosión y compactación de los suelos cuya cubierta sea intervenida.	Contar con medidas de control de vegetación tipo herbácea que pueda desmejorar el proyecto, y a su vez compensar esta alteración contando con un manejo adecuado de la vegetación tipo arbusto que es necesaria para la protección de los suelos.
<b>PT</b>	<b>ACCIÓN</b>	<b>MEDIDAS PREVENTIVAS</b>	<b>MEDIDAS DE MITIGACIÓN</b>	<b>MEDIDAS DE COMPENSACIÓN</b>
- 197	Alteración de la Hidrología	Desarrollar un estudio adecuado que permita contar con datos exactos de la cantidad, área y niveles de recurso hídrico a ser requeridos para el proyecto.	Contar con un plan a largo plazo que permita controlar los alcances y posibles imprevistos del proyecto para de esta forma asegurar la sostenibilidad del recurso hídrico.	No se puede sugerir una medida de compensación ya que esta acción es primordial, el recurso hídrico es la base de esta propuesta y es imposible compensar su alteración.
- 109	Caminos	Ordenamiento territorial, delimitación exacta del área designada para abrir caminos. Estudio de capacidad de carga, necesario para contar con un control de la cantidad de gente que puede movilizarse en esta área. Uso de herramientas manuales livianas.	Contar con señalética informativa y preventiva, para de esta forma evitar la posible presencia de de contaminación por basura así como posibles actividades que destruyan el camino.	Mantenimiento y limpieza continua. Limitación de sectores aledaños para compensar esta intervención.
- 108	Desmontes y Rellenos	Establecer en el proyecto de construcción un sector específico para escombreras. Designar correctamente las áreas que serán intervenidas con desmontes.	Realizar limpiezas en el sector, para evitar contaminación, alteración de cadenas tróficas, muerte de especies de fauna y flora.	Recoger y asignar todo el material desechado a un lugar más apropiado para este tipo de material.

<b>PT</b>	<b>ACCIÓN</b>	<b>MEDIDAS PREVENTIVAS</b>	<b>MEDIDAS DE MITIGACIÓN</b>	<b>MEDIDAS DE COMPENSACIÓN</b>
- 129	Paisajes	Designar correctamente el área paisajística a ser intervenida.	Procurar la utilización de materiales propios del medio como la madera para mitigar el impacto visual que se da al crear un nuevo paisaje en medio de naturaleza no intervenida.	Contar con un plan continuo de mejora y mantenimiento del área que formara parte del nuevo paisaje que se establecerá al desarrollar la propuesta de generación eléctrica hidráulica.

### Matriz de Leopold del S.C.E.E

ACCIÓN	A.- MODIFICACIÓN DEL RÉGIMEN			B.- TRANSFORMACIÓN DEL TERRITORIO		C.- EXTRACCIÓN DE RECURSOS			D.- PROCESOS	E.- ALTERACIÓN DEL TERRITORIO	F.- ACCIDENTES		G.- OTROS	AFECTACIONES POSITIVAS			AFECTACIONES NEGATIVAS			AGREGACION DE IMPACTOS
														0	3	-30	0	9	-62	
<b>A.- CARACTERISTICAS FISICO, QUIMICAS</b>																				
<b>A1.- Tierra</b>																				
a.- Materiales de construcción																		0	3	-30
b.- Suelos																	0	9	-62	
c.- Geomorfología																	0	8	-75	
<b>A2.- Procesos</b>																				
a.- Compactación y asentamientos																	0	7	-60	
b.- Estabilidad																	0	9	-90	
<b>B.- CONDICIONES BIOLÓGICAS</b>																				
<b>B1.- Flora</b>																				
a.- Hievas																	0	8	-34	
b.- Microflora																	0	8	-50	
<b>B2.- Fauna</b>																				
a.- Pajaros (aves)																	0	7	-85	
b.- Microfauna																	0	9	-71	
<b>C.- FACTORES CULTURALES</b>																				
<b>C1.- Usos del territorio</b>																				
a.- Espacios abiertos y salvajes																	0	11	-100	
<b>C2.- Nivel cultural</b>																				
a.- Empleo																	7	1	145	
b.- Densidad de población																	7	1	17	
<b>D.- RELACIONES ECOLÓGICAS</b>																				
a.- Cadenas alimentarias																	0	9	-47	
<b>AFECTACIONES POSITIVAS</b>	0	0	0	2	2	2	2	2	2	0	0	2	COMPROBACIÓN							
<b>AFECTACIONES NEGATIVAS</b>	9	10	6	10	11	9	10	10	2	10	3	0	-542							
<b>AGREGACION DE IMPACTOS</b>	-105	-90	-102	-37	-56	-84	-81	-38	21	-70	-28	26	-542							

#### **a. Identificación de Acciones que pueden causar impacto**

Las actividades identificadas en la Propuesta de generación de Energía Eléctrica Eólica, son las siguientes:

**1) Modificación del régimen:** Necesario para desarrollar y ejecutar el proyecto de generación eléctrica a través del recurso eólico, actividades presentes mientras dure los trabajos de construcción, así como en la etapa de operación del proyecto.

**2) Transformación del territorio:** Importante acción para contar con acceso mientras se de la etapa de construcción así como la etapa de ejecución del proyecto propuesto, es necesario para levantar y construir las estructuras requeridas en esta propuesta.

**3) Extracción de Recursos:** Acción necesaria e ineludible para establecer el proyecto de generación eléctrica eólica, además es una tarea complementaria y requerida para el proceso de construcción de los diversos componentes del proyecto de generación eléctrica eólica.

**4) Procesos:** Principal objetivo a cumplirse dentro del proyecto propuesto.

**5) Alteración del Territorio:** Complementario y medio en el cual se desarrolla el proyecto de generación eléctrica el cual puede ser bastante alterado.

**6) Accidentes:** Este sería un factor menos indispensable porque durante el proceso de ejecución de cualquier tipo de proyectos se debe tener muy en cuenta la bioseguridad que es la que permitirá no tener este tipo de impactos.

**7) Otros:** Esto por algún caso fortuito puede ser suspendido o definitivamente dejar sin hacer esta propuesta.

#### **b. Identificación de los factores ambientales del entorno susceptibles a recibir impactos**

Los factores ambientales que se han considerado son los más susceptibles de sufrir impactos ambientales, ya sean estos positivos o negativos, los cuales son los siguientes.

**1) Tierra:** Este elemento es muy susceptible a recibir impactos ya que se pisotea la tierra, se altera la vegetación, los microorganismos, la fauna en total buscan mejores lugares para vivir.

**2) Aire:** Este es de primordial análisis ya que se verá directamente afectado ya que se generara energía a través del viento considerando las diferentes características de este factor elemental de la naturaleza.

**3) Procesos:** Aquí la introducción de equipos necesarios para este sistema de energía alternativa pueden ocasionar un pequeño impacto ambiental.

**4) Flora y Fauna:** Este recurso de biodiversidad es importante en un lugar natural como lo es la Finca la Mar en Esmeraldas ya que gracias a ello uno puede apreciar muchas cosas existentes ahí. Además, este recurso se ve afectado por las diferentes acciones que se realizan como lo son el ruido, caminatas, trabajo en sí de la propuesta.

**5) Uso del Territorio:** este es el mayor impacto ya que se requiere un espacio de tierra para ser estudiada para la futura ejecución del proyecto.

**6) Nivel cultural:** este proyecto afecta directamente el aspecto cultural ya que genera trabajo a la gente de la zona pero a la vez los aleja de los aspectos tradicionales que ellos mantenían como lo es alumbrarse con velas o con candelabros.

**7) Relaciones ecológicas:** las actividades generales que ocasionan la elaboración de dicha propuesta nos dan como resultado la alteración de las cadenas alimenticias ya que desde la macro fauna migran a mejores lugares para vivir por lo cual ellos son los primeros eslabones de la cadena alimenticia que se pierde en este proceso.

### **c. Análisis y propuestas para prevención – mitigación de impactos**

Las medidas de mitigación se requieren estudios más profundos de los diferentes componentes estudiados en la matriz de impactos, como son tierra, aire, procesos, flora, fauna, uso del territorio, nivel cultural y relaciones ecológicas existentes en la zona. El presente estudio brinda una visión clara de las acciones que están afectando a los recursos y los impactos tanto positivos como negativos generados por las mismas. Es así, como a través de este documento se sugiere la implementación de las siguientes medidas de prevención, sin olvidar que en la actualidad los estudios de impactos ambientales se realizan antes, durante y después de la ejecución del proyecto.

- 1) **Modificación del régimen:** considerar que solo se debe alterar la parte donde se va a ejecutar el proyecto y así evitar el menor impacto ambiental posible. En la parte del agua considerar que cantidad de H<sub>2</sub>O será necesario para producir energía siempre y cuando sea ecológico.
  
- 2) **Transformación del territorio:** estas dos primeras actividades serán la de mayor afectación al medio por lo cual se sugiere considerar solo la parte indispensable y hacer el menor ruido al momento de realizar el trabajo.
  
- 3) **Extracción de Recursos:** Se deberá hacer un estudio minucioso después de la ejecución de este proyecto ya que este alterara un sistema vital para flora y fauna.
  
- 4) **Procesos:** dar charlas al personal que trabajará en el proyecto de concienciación hacia la naturaleza para el momento de ejecutar el proyecto hagan el menor ruido y así evitar perturbar la flora y fauna del entorno.
  
- 5) **Alteración del Territorio:** tratar de lo posible que todo los materiales que se utilicen sean del entorno para así evitar un impacto visual negativo y a la vez ayudar a la conservación de la naturaleza y la reutilización de los materiales.
  
- 6) **Accidentes:** Ser constante en las medidas de bioseguridad para evitar cualquier accidente.



**Tabla 5.2: CRITERIOS DE PREVENCIÓN MITIGACIÓN Y COMPENSACIÓN – PROPUESTA EÓLICA**

PT	ACCIÓN	MEDIDAS PREVENTIVAS	MEDIDAS DE MITIGACIÓN	MEDIDAS DE COMPENSACIÓN
-105	Modificación del Hábitat	Ordenamiento territorial, es decir que se tenga georeferenciada, designada y delimitada correctamente la zona en la cual se pretende ejecutar el proyecto, para evitar posibles afectaciones a zonas no involucradas.	Contar un con un plan operativo del proyecto en el cual se tenga en cuenta el manejo correcto del recursos naturales necesarios para esta propuesta.	No se puede sugerir una medida de compensación en este caso debido que la modificación del hábitat es necesaria, de lo contrario la sugerencia seria que el proyecto no se ejecute.
-90	Alteración de la Cub Vegetal	Designar el área vegetal a ser intervenida, de manera que se pueda evitar la alteración innecesaria de otras especies vegetales.	Planificar la recuperación de cubierta vegetal replantando especies arbustivas que eviten la erosión y compactación de suelos.	Dar un manejo adecuado y continuo de la vegetación tipo arbusto replantada con el fin de que no exista intervención en el área del proyecto y a la vez evitar la destrucción del suelo y vegetación.
-102	Ruidos y vibración	Emplear técnicas constructivas adecuadas. Manejo de herramientas y maquinarias en buen estado, procurando de esta forma evitar fallos de funcionamiento que generen ruidos y vibraciones exagerados. Revisar cuidadosamente que	Durante el tiempo de construcción dar un mantenimiento adecuado a las herramientas. Tratar de ocupar el tiempo adecuadamente de manera que los lapsos para el uso de las herramientas sean	No se puede sugerir una medida de compensación en este caso, debido a que las herramientas que produzcan ruido y vibraciones serán ocupadas solo en la etapa de construcción. En lo que se refiere a
PT	ACCIÓN	MEDIDAS PREVENTIVAS	MEDIDAS DE MITIGACIÓN	MEDIDAS DE COMPENSACIÓN
		El equipo que conforma la torre de generación de energía eólica se encuentre en buen estado y prever que exista algún tipo de aditamento que pueda controlar y menguar los ruidos y vibraciones que la torre produzca. Usar equipo de seguridad adecuado entre lo que se recomendaría orejeras y gafas.	Bien aprovechados.	La torre eólica en si es necesario que cuente con un mantenimiento continuo y mejoras en su estructura.
-84	Perforaciones	Contar con equipo en buen estado. Utilizar equipo de seguridad adecuado. Delimitar correctamente el lugar a ser sometido a las perforaciones.	Mantenimiento del equipo de perforación durante el tiempo de construcción de la propuesta con lo que se evitara afectaciones graves en fauna y flora.	No se recomiendan medidas de compensación ya que esta acción solo se llevara a cabo mientras se de la etapa de construcción.
-81	Excavaciones Superficiales	Designar correctamente las áreas que se someterán a esta acción. Utilizar herramientas livianas y en buen estado.	Manejar un plan de replantación que permita la recuperación de suelos y vegetación superficial que sea afectada por las excavaciones.	Esta acción es necesaria para la ejecución de la propuesta por lo cual no es posible dar una medida de compensación mientras dure la etapa de construcción. Se recomienda contar con un plan continuo de cuidado de suelos y vegetación para evitar erosión y compactaciones.

<b>PT</b>	<b>ACCIÓN</b>	<b>MEDIDAS PREVENTIVAS</b>	<b>MEDIDAS DE MITIGACIÓN</b>	<b>MEDIDAS DE COMPENSACIÓN</b>
-70	Paisajes	Designar correctamente el área paisajística a ser intervenida.	Procurar la utilización de materiales propios del medio para mitigar el impacto visual que se da al crear un nuevo paisaje.	Contar con un plan continuo de mejora y mantenimiento del área que formara parte del nuevo paisaje que se establecerá al construir la torre eólica.



#### **a. Identificación de Acciones que pueden causar impacto**

Las actividades identificadas en la Propuesta de generación de la Empresa Eléctrica, son las siguientes:

**1) Modificación del régimen:** Importante y necesario para desarrollar y establecer el proyecto de generación eléctrica, es una acción necesaria para llevar a cabo el trabajo de construcción que requiere el proyecto.

**2) Transformación del territorio:** Importante acción para contar con acceso mientras se de la etapa de construcción así como la etapa de ejecución del proyecto propuesto, es necesario para levantar y construir las estructuras requeridas en esta propuesta.

**3) Extracción de Recursos:** Acción necesaria e ineludible para establecer el proyecto de generación eléctrica eólica, además es una tarea complementaria y requerida para el proceso de construcción de los diversos componentes del proyecto de generación eléctrica eólica.

**4) Procesos:** Principal objetivo a cumplirse dentro del proyecto propuesto.

**5) Alteración del Territorio:** Complementario y medio en el cual se desarrolla el proyecto de generación eléctrica el cual puede ser bastante alterado.

**6) Accidentes:** Este sería un factor menos indispensable porque durante el proceso de ejecución de cualquier tipo de proyectos se debe tener muy en cuenta la bioseguridad que es la que permitirá no tener este tipo de impactos.

**7) Otros:** Esto por algún caso fortuito puede ser suspendido o definitivamente dejar sin hacer esta propuesta.

#### **b. Identificación de los factores ambientales del entorno susceptibles a recibir impactos**

Los factores ambientales que se han considerado son los más susceptibles de sufrir impactos ambientales, ya sean estos positivos o negativos, los cuales son los siguientes.

**1) Tierra:** Este elemento es muy susceptible a recibir impactos ya que se pisotea la tierra, se altera la vegetación, los microorganismos, la fauna en total buscan mejores lugares para vivir.

**2) Procesos:** Aquí la introducción de equipos necesarios para este sistema de energía alternativa pueden ocasionar un pequeño impacto ambiental.

**3) Flora y Fauna:** Este recurso de biodiversidad es importante en un lugar natural como lo es la Finca la Mar en Esmeraldas ya que gracias a ello uno puede apreciar muchas cosas existentes ahí. Además, este recurso se ve afectado por las diferentes acciones que se realizan como lo son el ruido, caminatas, trabajo en sí de la propuesta.

**4) Uso del Territorio:** este es el mayor impacto ya que se requiere un espacio de tierra para ser estudiada para la futura ejecución del proyecto.

**5) Nivel cultural:** este proyecto afecta directamente el aspecto cultural ya que genera trabajo a la gente de la zona pero a la vez los aleja de los aspectos tradicionales que ellos mantenían como lo es alumbrarse con velas o con candelabros.

**6) Relaciones ecológicas:** las actividades generales que ocasionan la elaboración de dicha propuesta nos dan como resultado la alteración de las cadenas alimenticias ya que desde la macro fauna migran a mejores lugares para vivir por lo cual ellos son los primeros eslabones de la cadena alimenticia que se pierde en este proceso.

### **c. Análisis y propuestas para prevención – mitigación de impactos**

Las medidas de mitigación se requieren estudios más profundos de los diferentes componentes estudiados en la matriz de impactos, como son tierra, aire, procesos, flora, fauna, uso del territorio, nivel cultural y relaciones ecológicas existentes en la zona. El presente estudio brinda una visión clara de las acciones que están afectando a los recursos y los impactos tanto positivos como negativos generados por las mismas. Es así, como a través de este documento se sugiere la implementación de las siguientes medidas de prevención, sin olvidar que en la actualidad los estudios de impactos ambientales se realizan antes, durante y después de la ejecución del proyecto.

- 1) Modificación del régimen:** considerar que solo se debe alterar la parte donde se va a ejecutar el proyecto y así evitar el menor impacto ambiental posible. En la parte del agua considerar que cantidad de H<sub>2</sub>O será necesario para producir energía siempre y cuando sea ecológico.
  
- 2) Transformación del territorio:** estas dos primeras actividades serán la de mayor afectación al medio por lo cual se sugiere considerar solo la parte indispensable y hacer el menor ruido al momento de realizar el trabajo.
  
- 3) Extracción de Recursos:** Se deberá hacer un estudio minucioso después de la ejecución de este proyecto ya que este alterara un sistema vital para flora y fauna.
  
- 4) Procesos:** dar charlas al personal que trabajará en el proyecto de concienciación hacia la naturaleza para el momento de ejecutar el proyecto hagan el menor ruido y así evitar perturbar la flora y fauna del entorno.
  
- 5) Alteración del Territorio:** tratar de lo posible que todo los materiales que se utilicen sean del entorno para así evitar un impacto visual negativo y a la vez ayudar a la conservación de la naturaleza y la reutilización de los materiales.
  
- 6) Accidentes:** Ser constante en las medidas de bioseguridad para evitar cualquier accidente.

**Tabla 5.3: CRITERIOS DE PREVENCIÓN MITIGACIÓN Y COMPENSACIÓN – PROPUESTA ELÉCTRICA**

<b>PT</b>	<b>ACCIÓN</b>	<b>MEDIDAS PREVENTIVAS</b>	<b>MEDIDAS DE MITIGACIÓN</b>	<b>MEDIDAS DE COMPENSACIÓN</b>
-80	Modificación del Hábitat	Ordenamiento territorial, es decir que se tenga georeferenciada, designada y delimitada correctamente la zona en la cual se pretende ejecutar el proyecto, para evitar posibles afectaciones a zonas no involucradas.	Contar un con un plan operativo del proyecto en el cual se tenga en cuenta el manejo correcto del recursos naturales necesarios para esta propuesta.	No se puede sugerir una medida de compensación en este caso debido que la modificación del hábitat es necesaria, de lo contrario la sugerencia sería que el proyecto no se ejecute.
-88	Alteración de la Cub Vegetal	Designar el área vegetal a ser intervenida, de manera que se pueda evitar la alteración innecesaria de otras especies vegetales.	Planificar la recuperación de cubierta vegetal replantando especies arbustivas que eviten la erosión y compactación de suelos.	Dar un manejo adecuado y continuo al área donde se pretende levantar los postes de tendido eléctrico con el fin de evitar el daño a la cubierta vegetal.
-68	Caminos	Ordenamiento territorial, delimitación exacta del área designada para abrir caminos. Estudio de capacidad de carga, necesario para contar con un control de la cantidad de gente que puede movilizarse en esta área. Uso de herramientas manuales livianas.	Contar con señalética informativa para de esta forma evitar la posible presencia de de contaminación por basura.	Mantenimiento y limpieza continua dl área donde se levanten los postes.
<b>PT</b>	<b>ACCIÓN</b>	<b>MEDIDAS PREVENTIVAS</b>	<b>MEDIDAS DE MITIGACIÓN</b>	<b>MEDIDAS DE COMPENSACIÓN</b>
-96	Desmontes y Rellenos	Establecer en el proyecto de construcción un sector específico para escombreras.	Realizar limpiezas en el sector, para evitar contaminación, alteración de cadenas tróficas, muerte de especies de fauna y flora.	Recoger y asignar todo el material desechado a un lugar más apropiado para este tipo de material.
-85	Excavaciones Superficiales	Designar correctamente las áreas que se someterán a esta acción. Utilizar herramientas livianas y en buen estado.	Manejar un plan replantación que permita la recuperación de suelos y vegetación superficial que sea afectada.	Esta acción es necesaria para la ejecución de la propuesta por lo cual no es posible dar una medida de compensación mientras dure la etapa de construcción.
-98	Paisajes	Designar correctamente el área paisajística a ser intervenida.	Procurar la utilización de materiales propios del medio para mitigar el impacto visual que se da al crear un nuevo paisaje.	Contar con un plan continuo de mejora y mantenimiento del área que formara parte del nuevo paisaje que se establecerá al construir los postes de tendido eléctrico

#### **4.1.1. Análisis comparativo de la evaluación de impactos ambientales de las distintas alternativas.**

Para iniciar con el análisis comparativo en cuanto a la Evaluación de Impactos Ambientales estudiados para cada caso refiriéndose a las propuestas de generación eléctrica hidráulica, eólica y por medio de tendido eléctrico, cabe señalar que todo proyecto por mínimo que sea, mientras se desarrolle dentro de un medio natural, siempre causará impactos de tipo negativo aun cuando comparativamente se pueda demostrar que entre una y otra propuesta estos impactos varíen de menor a mayor en cada caso, y contando a su vez con el hecho de que en otros ámbitos se puedan generar acciones positivas dentro del proyecto.

Para cada uno de los casos se establecieron acciones que podrían afectar a diferentes parámetros ambientales que se encontrarían dentro del medio en el cual se planea desarrollar y ejecutar las propuestas de generación eléctrica antes mencionadas.

Así tenemos, que mientras en la propuesta de generación eléctrica hidráulica la afectación a las características físicas y químicas del medio, entre ellas materiales de construcción, suelos y geomorfología, cuentan con una puntuación en magnitud de -25, -143, -109 respectivamente, en la propuesta de generación eléctrica eólica las magnitudes dadas son, -30, -62, -75, magnitudes que a pesar de ser negativas, son de menor proporción con relación a las magnitudes más altas de la propuesta hidráulica.

Excepto en cuanto al parámetro de materiales de construcción en la cual la propuesta eólica es un tanto mayor, pero aun así en un promedio total en cuanto se refiere a la afectación de las características físicas y químicas del medio la propuesta eólica es la que menos efectos causaría.

Al continuar con el análisis se puede referir que la propuesta hidráulica tiene una ligera desventaja, ya que en dicha propuesta es necesario realizar la evaluación en cuanto al elemento hídrico, componente en cambio que en la propuesta eólica el análisis en cuanto a este es innecesario.

Así tenemos entonces que, las afectaciones sobre las aguas continentales, así como sobre su calidad en la propuesta hidráulica son de una magnitud de, -121 y -28, respectivamente, puntuaciones que reflejan el impacto negativo que esta propuesta causa al ser necesario el manejo del recurso hídrico.

En lo que se refiere a procesos naturales que se verían afectados y un tanto acelerados por el desarrollo de estos proyectos, una vez más la propuesta hidráulica está en desventaja ya que en ella es necesario analizar el proceso de erosión, mientras que en la propuesta eólica no, así tenemos que en cifras



la propuesta hidráulica maneja magnitudes para los parámetros de procesos de erosión, compactación y asentamientos y estabilidad, cuyas puntuaciones son: - 89, -51, -106, respectivamente, en cambio en la propuesta eólica solo se manejan magnitudes para compactación y asentamientos y para estabilidad, y sus puntuaciones son, -60 y -90, respectivamente.

Para analizar lo que se refiere a las condiciones biológicas del medio es necesario indicar que los elementos flora y fauna se ven directamente afectados por las dos propuestas mencionadas, de esta manera se puede señalar que en la propuesta hidráulica las magnitudes para arbustos, hiervas, micro flora, pájaros, animales terrestres y micro fauna tiene una puntuación de: - 80, - 28, -96, - 68, - 140, mientras que en la propuesta eólica las magnitudes reflejan otra cifras y además no todos los parámetros analizados para la propuesta hidráulica se estudian en esta, así tenemos que para esta propuesta se analizan lo que es afectaciones a hiervas, micro flora, pájaros y micro fauna, y sus puntuaciones son:- 34, - 50, - 85, - 71.

Al comparar estas cifras con las de la propuesta hidráulica se comprueba que las afectaciones de la propuesta eólica son mucho menores, exceptuando en el parámetro pájaros que en la propuesta eólica la puntuación es mayor a la hidráulica, debido a la estructura en sí que será necesaria para generar la energía eólica, y que a su vez ocuparía un tanto del espacio aéreo de las aves.

Al continuar con el análisis encontramos factores culturales, dentro de los cuales se encuentra lo que es el uso de espacios abiertos y salvajes, la generación de empleo, y la densidad poblacional, de tal forma que las magnitudes para la propuesta hidráulica tienen una puntuación de - 195, + 182, + 67 y para la propuesta eólica encontramos cifras de: - 100, + 145, + 17, así se puede comprobar que en los dos casos los impactos sobre los espacios abiertos y salvajes son negativos, en una menor proporción en la propuesta eólica, y en cuanto a la generación de empleo y densidad poblacional las magnitudes se tornan positivas, ya que cada una de las propuestas se podría ver como una oportunidad para el desarrollo trabajo en el sector.

Finalmente la última comparación se da en el parámetro de relaciones ecológicas, dentro de lo cual se ven afectadas las cadenas alimenticias, donde la fauna y flora están directamente relacionadas. Así tenemos que la magnitud de la propuesta hidráulica sobre este factor es de - 108, mientras que en la propuesta eólica es de - 47, lo que una vez más refleja que la segunda propuesta es menos impactante sobre este parámetro en comparación a la cifra de la propuesta hidráulica.

En el caso de la propuesta de generación eléctrica a través del tendido proporcionado por la empresa eléctrica Esmeraldas los resultados obtenidos por medio de la matriz de Leopold reflejan claramente resultados superiores a la propuesta eólica e inferiores a la propuesta hidráulica, así tenemos que en cuanto a la magnitud de afectación sobre las características físicas químicas en lo que se refiere a materiales de construcción y suelos tenemos cifras de - 46 y - 69 respectivamente. En lo que se refiere a los impactos que se producen en procesos tales como erosión, compactación y asentamientos y estabilidad, los resultados son - 57, - 54 y - 54, cantidades que se encuentran en un nivel intermedio en comparación con las dos anteriores propuestas ya analizadas.

En el caso de impactos sobre condiciones biológicas como lo son fauna y flora (arbustos, hiervas, microflora, pájaros y microfauna ) los resultados son - 48, - 48, - 48, - 28 y -56, la afectación sobre estos componentes es moderada ya que no existe total intervención sobre el hábitat de este tipo de especies. Los factores culturales tales como espacios abiertos y salvajes, empleo y densidad poblacional demuestran los siguientes resultados - 67, +84 y + 48, como se puede apreciar el empleo y la densidad poblacional cuentan con magnitudes positivas ya que el emprender este tipo de proyectos es beneficioso para la comunidad, y finalmente en lo que se refiere a las relaciones ecológicas, como lo son las cadenas alimenticias la magnitud es de - 50, el cual es un resultado equilibrado de esta propuesta en relación con las antes mencionadas.

Como conclusión es necesario indicar y poner en claro, que a pesar de que las tres propuestas generan impactos negativos, la propuesta de generación eléctrica hidráulica tiene una magnitud total de - 1296, y la propuesta de generación eléctrica a través de tendidos cuenta con una magnitud de

- 625, mientras que la propuesta de generación eléctrica eólica es de una magnitud de - 542. Lo que en porcentajes se podría decir que 1296 podría equivaler a un 100% de impactos negativos en el medio, 625 equivaldría al 49% de impactos en el medio y 542 apenas equivaldría a un 41% de afectaciones al medio, lo que le da a la propuesta eólica clara ventaja sobre la hidráulica, y los tendidos eléctricos. Considerando de esta forma al proyecto de generación eléctrica eólica como la propuesta con más opciones para ser ejecutada.

## **5.2. Discusión y selección de la alternativa más adecuada**

Para la selección de la alternativa la mejor opción es realizar una comparación entre las ventajas y desventajas de cada una de las alternativas disponibles.

#### **4.2.1. Ventajas y desventajas de los aerogeneradores[14][15]**

##### **Ventajas**

- Impacto ambiental mínimo, no emite gases o sustancias tóxicas por lo cual no causa contaminación y no contribuye al efecto invernadero.
- El viento es una fuente abundante e inagotable de energía. Se estima que, teóricamente existe el potencial eólico para suplir 15 veces la demanda actual de energía en el mundo.
- En comparación con otras tecnologías aplicadas para electrificación rural, la operación de un sistema eólico es muy barata y simple.
- El sistema no requiere mayor mantenimiento, aparte de una revisión periódica de las baterías, y una limpieza de las aspas en épocas secas.

##### **Desventajas**

- La variabilidad del viento, para proyectos aislados se requiere de un banco de baterías para poder almacenar la energía generada, y poder disponer de esta cuando no haya viento suficiente.
- Alto costo inicial, en comparación con otros tipos de proyecto, un proyecto eólico puede tener un alto costo inicial, pero a lo largo de su vida útil este puede resultar más económico por sus bajos costos de operación y mantenimiento.
- Cantidad de viento, es una opción factible y rentable solo en sitios con suficiente viento, lo cual quiere decir que no se puede aplicar en cualquier lugar.
- El impacto visual, desde el punto de vista estético produce un impacto visual inevitable.

#### **4.2.2. Ventajas y desventajas de las pico centrales hidroeléctricas[2]**

##### **Ventajas**

- Es inagotable. Siempre y cuando continúe el ciclo del agua la disponibilidad está asegurada, ya que el agua utilizada se devuelve al curso en una cota inferior. De hecho, está considerada como una energía renovable
- Es autóctona, porque la fuente energética está en el propio territorio, con lo que se reducen las importaciones de energía eléctrica desde terceros países
- No necesita de sistemas de refrigeración o calderas, lo que disminuye los costes
- No contamina la atmósfera. Ya que no produce calor ni emisiones de gases contaminantes (como los gases de efecto invernadero)
- Permite almacenar agua para regadíos y otros usos de emergencia (extinción de incendios)

- Cuando la central lleva aparejada la construcción de una presa, permite regular el caudal de los ríos y facilita la infraestructura necesaria para actividades de recreo (pesca, remo, baño, etc.)

### **Desventajas**

- Su rendimiento depende de las condiciones meteorológicas. Si la región donde se instala una central hidráulica sufre una severa sequía, el ritmo de producción de energía disminuirá
- Son necesarias condiciones ambientales muy concretas para la explotación de esta energía, como la existencia de corrientes fluviales suficientemente grandes, y la presencia de una orografía accidentada. Además, la localización de las centrales está, a menudo, alejada de los centros de consumo, por lo que suele ser necesario construir la infraestructura necesaria para conducir la electricidad
- La construcción de embalses puede plantear graves problemas sociales y demográficos, tales como el abandono de poblaciones, o la expropiación de grandes cantidades de suelo
- Mayor contaminación del agua. El agua embalsada no dispone de las mismas condiciones de salubridad que el agua fluyente, pudiendo ocasionar, en determinadas regiones, focos infecciosos

#### **4.2.3. Determinación de la alternativa más adecuada**

Para determinar cuál de las alternativas presentadas es la más adecuada se utilizó un método cualitativo el cual consistió en dar un puntaje determinado a cada una de las variables que se tomó en cuenta para dicho análisis.

El puntaje varía de 1 a 5 siendo 1 la peor calificación lo cual quiere decir que el proyecto no es factible, y al contrario una calificación de 5 nos diría que el proyecto tiene gran factibilidad.

**Tabla N° 5.3: DETERMINACIÓN DE LA ALTERNATIVA MÁS ADECUADA**

	<b>S.C.E.E</b>	<b>P.C.H</b>	<b>E.E.E</b>
Facilidad de construcción	5	4	2
Costo	4	2	1
Impacto ambiental	4	3	4
Mantenimiento	5	4	4
<b>TOTAL</b>	18	13	11

De acuerdo a los resultados obtenidos se pudo concluir que la opción más adecuada para su implementación es el Sistema de Conversión de Energía Eólica (Aerogenerador), ya que este es el que presenta las mayores facilidades tanto económicas, técnicas y ambientales para poder ser llevado a cabo.

### **5.3. Impacto ambiental durante la construcción y funcionamiento del equipo[14]**

#### **4.3.1. Evaluación de impactos ambientales en la construcción**

Durante la fase de construcción existe un impacto considerable sobre la flora de la zona donde se vaya a realizar la instalación debido a que se necesitara hacer movimiento de tierra, cimentaciones, accesos, etc. En el caso de un aerogenerador de baja potencia las consecuencias de su instalación serán mínimas debido al tamaño del mismo, aun así es conveniente una vez realizada la instalación dejar el terreno lo más parecido posible al entorno natural.

La construcción también hace que la fauna, durante esta fase, se desplace temporalmente pero se ha comprobado que una vez finalizada la obra, vuelve al área a pesar del ruido y de las labores de mantenimiento en la instalación, esto incluye a las aves locales, no así a las migratorias que, en caso de transitar, son previsiblemente más afectadas por el riesgo de colisión contra las aspas, torre y tendido eléctrico.

#### **5.3.2. Impacto ambiental durante el funcionamiento del equipo**

La fase de funcionamiento es una de las más importante en cuanto a impacto medio ambiental se refiere ya que se tienen que considerar diversos aspectos, tales como la avifauna, el impacto visual, el impacto derivado del ruido.

- **Avifauna**

En referencia a los efectos sobre la avifauna, existen casos puntuales de colisiones de aves con turbinas eólicas. La mayoría de accidentes con los aerogeneradores que implican a los pájaros suceden en la noche, el crepúsculo, o con mal tiempo. Los estudios indican que aun en zonas de paso de grandes bandadas de aves migratorias, los impactos observados son pequeños y los riesgos para aves locales son casi nulos. Las aves conocen su forraje y tierras de descanso muy bien, y saben cómo evitar las turbinas

eólicas. No obstante, cuando se instalan aerogeneradores, es aconsejable prestar atención a las zonas de cría y alimentación de las aves.

- **Impacto visual**

Los aerogeneradores, al igual que otras estructuras altas, pueden también crear largas sombras cuando el sol está bajo. El efecto, que es conocido como parpadeo de sombra, ocurre cuando las palas de la turbina eólica emiten una sombra en una ventana de una casa cercana, y el movimiento de rotación de las palas cortan la luz del sol y provocan un parpadeo mientras las palas están en movimiento. Este efecto dura poco tiempo y ocurre solo en ciertas condiciones específicas combinadas, como los casos en los que:

- El sol brilla y se encuentra en un ángulo bajo (al amanecer o al anochecer)
- La turbina está directamente entre el sol y la propiedad afectada
- Hay suficiente energía en el viento para hacer que las palas de la turbina se muevan

Como regla general, el parpadeo de sombra en un vecindario, oficina y vivienda a menos de 500 metros no debe exceder 30 horas al año ni un máximo de 30 minutos al día.

- **Impacto derivado del ruido**

El impacto derivado del ruido que hacen los aerogeneradores durante su funcionamiento puede dividirse en dos tipos en función de la naturaleza de la fuente: ruido mecánico procedente del aerogenerador, caja multiplicadora y elementos de transmisión, y ruido aerodinámico producido por el movimiento de las palas.

El primero se puede reducir mejorando diseños. En cambio el segundo depende del número de las palas, la forma de las mismas y de las turbulencias locales. Al aumentar la velocidad del viento, aumenta la velocidad de rotación y por tanto el ruido se intensifica, por lo tanto se recomiendan diseños en los que la velocidad del rotor no sea excesiva.

## **5.4. Manual de instalación y mantenimiento**

### **4.4.1. Montaje y colocación del aerogenerador**

Para poder colocar fácilmente el Aerogenerador sobre la torre puede hacerse con un soporte vertical sujeto a la torre con una polea.

El soporte que se utilice deberá estar bien sujeto a la torre, con una polea en el extremo a la que se le pasará una cuerda, con la que ataremos el aerogenerador. Con este sistema puede izarse el aerogenerador sin problemas.

Antes de realizar el montaje del aerogenerador sobre la torre se debe de realizar la instalación eléctrica, e interconexión de las baterías y el regulador.



**Figura 5.1:** Soporte Vertical

#### **5.4.1.1. Regulador**

El regulador es el encargado de proteger las baterías de sobrecargas excesivas. Cualquier equipo de producción eléctrica que pueda sobrecargar excesivamente la batería, requiere un regulador de carga. Con su uso prolongamos la vida de la batería.

El regulador detecta en todo momento el estado de carga de la batería y regula el paso de la energía producida. Únicamente da paso a la electricidad necesaria para la batería, manteniéndola en flotación y disipa la restante en forma de calor a través de una resistencia instalada en el interior del regulador. (Opcionalmente esta energía disipada puede utilizarse para calentar agua).

El regulador ha sido especialmente diseñado para funcionar con el aerogenerador, y con paneles solares en el caso híbrido. Para ello el regulador está provisto de las siguientes bornes de conexiones:

Entrada trifásica del aerogenerador

Entrada +/- solar (Opcional)

Salida +/- a batería

Salida a resistencias (Opcional)

Todos los reguladores están equipados con un testigo luminoso. El piloto se encenderá cuando la batería esté cargada y la electricidad esté siendo desviada a las resistencias.

Así mismo, van provistos de un voltímetro y un amperímetro para la lectura de la electricidad que está siendo regulada.

En el lateral izquierdo, el regulador lleva instalado, un interruptor de frenado. Al accionar el freno se provoca un cortocircuito en el alternador que frena el giro del aerogenerador.

En caso de fuertes vientos, cuando las hélices giran a gran velocidad adquieren una gran inercia, y resulta más difícil detenerlas. En estos días ventosos, para frenarlo, accionaremos intermitentemente el freno varias veces. Cada vez que el freno actúe, la velocidad de las hélices disminuirá hasta su parada. Una vez parado ya no volverá a arrancar hasta que desactivemos el freno.

ATENCIÓN:
Con viento fuerte, frenar el aerogenerador accionando intermitentemente el interruptor de freno.

PRECAUCIÓN:
Con fuerte viento, no deje nunca el aerogenerador girando en posición de freno.



**Figura 5.2:** Regulador

#### 5.4.1.2. Conexión eléctrica

Como se ha indicado anteriormente, el conexionado eléctrico debe de hacerse antes del montaje del aerogenerador, o bien con el aerogenerador instalado sobre la torre sin hélices, ya que de lo contrario, conectar el aerogenerador rodando al cuadro de regulación podría dañar el sistema de regulación.



El modo de conexión es el siguiente:

En el caso de disponer de una resistencia externa, se procederá a conectar previamente la resistencia al cuadro de regulación, en caso contrario, que la resistencia sea interna, no habrá que hacer nada, y conectaremos el resto de componentes.

Se conectará, sin invertir nunca la polaridad, los cables + / - de la batería a las regletas correspondientes del regulador.

A continuación, conectaremos, los tres cables del aerogenerador. La bajada del aerogenerador es trifásica y alterna, con lo cual en estas 3 conexiones no importa la polaridad.

Con el fin de minimizar pérdidas eléctricas, la distancia entre el aerogenerador y el cuadro de regulación deberá ser la menor posible, sin superar en ningún caso los cien metros. El cuadro de regulación, baterías y posible convertidor deberán estar colocados en un punto centralizado próximo al consumo, y lo más próximo posible entre ellos.

La instalación del cuadro de regulación ha de ser suspendido sobre la pared a una distancia del suelo de aproximadamente 1,5 m, y lo suficientemente alejado de las baterías para evitar que los gases que estas producen entren en contacto directo con él. La distancia mínima será de 50 cm.



**Figura 5.3:** Conexión eléctrica

**ATENCIÓN:**

No colocar las hélices sin conectar primero el cuadro y baterías correctamente.

**PRECAUCIÓN:**

No invierta nunca la polaridad de las baterías y utilice el cableado adecuado.

Para comprobar la correcta instalación del cableado eléctrico, una vez colocado el aerogenerador sobre la torre y realizado todo el conexionado eléctrico, baterías inclusive, se comprobará el correcto funcionamiento del sistema girando el rotor manualmente. En el caso de que el voltímetro del regulador nos dé lectura, la instalación será correcta. En caso contrario deberá revisar el conexionado.

### 5.4.1.3. Montaje del aerogenerador

- Pletina de fijación

Esta pletina se suministra para ser unida a la torre. Su función será la sujeción del aerogenerador, y nos permitirá desmontarlo en cualquier momento.

La unión se hace a través de dos pletinas, una de ellas soldada en la torre y la otra en el aerogenerador.

La pletina cuenta con una ranura para la bajada los cables eléctricos y seis taladros para seis tornillos alen M-10 x 40, con arandelas M-10 en ambas caras y seis tuercas M-10. El conjunto de tornillos se suministra en una bolsa separada del resto de la tornillería y junto a la pletina en el caso de no haber sido enviada por anticipado o no adjuntar la torre.



**Figura 5.4:** Pletina de Fijación

- Timón de orientación / Tubo cola

La función del timón de orientación es la de mantener el rotor alineado al viento en todo momento.

Está compuesto de dos partes: el timón de orientación de fibra de vidrio y un tubo de acero.

La unión se realiza mediante tres tornillos M-6 x 90, con seis arandelas M-6 de serie ancha que se instalan en ambas partes del tornillo y tres tuercas autobloqueo M-6.

Este ensamblaje generalmente se suministra montado dentro de la caja.

- Sujeción Tubo Cola Alternador

Esta es la parte en la que se unen el tubo de cola con el alternador. Antes de atornillar esta unión, se debe introducir la carcasa protectora por el tubo. (Una vez montado el tubo al alternador no se podrá insertar la carcasa).

La unión del tubo al alternador consta de dos partes, una es pasante y otra en forma de brida: Se introduce el tubo de cola en la parte trasera del alternador, haciendo coincidir los taladros de ambas piezas. En ellos se instala un tornillo hexagonal M-8 x 90, con dos arandelas M-8 una en cada parte y una tuerca autobloqueo M-8. En la parte superior tendremos un sistema de apriete en forma de brida, en donde se instala dos tornillos hexagonales M-8 x 30, cuatro arandelas M-8, una en cada parte y dos tuercas autobloqueo M-8.



**Figura 5.5:** Sujeción Tubo Cola

#### 5.4.1.4. Carcasa protectora

Su función es proteger el alternador de las condiciones climatológicas. La fijación de la carcasa se realiza con de cinco tornillos. Tres de ellos en la parte superior, uno en la parte trasera en forma de abrazadera y por último, en la parte inferior frontal a modo de brida.

En la parte superior de la carcasa tenemos tres taladros, para alojar tres tornillos M-8 x 20 con sus correspondientes arandelas M-8 de la serie ancha y una arandela grower, que enroscan directamente sobre el puente del alternador. El orden de colocación es: tornillo, arandela grower y arandela de serie ancha.

A continuación apretaremos el tornillo de la abrazadera de la parte posterior de la carcasa.

Por último, en la parte frontal inferior, en las dos pestañas conformadas a modo de brida, se instala un espárrago M-8 x 190 con una arandela M-8 serie ancha por cada parte y otra en la parte interior de la fibra entre el tubo y la fibra, el un tubo de latón de 150 mm de longitud y un diámetro de 12 mm. El tubo alojará en el interior del espárrago, y se situará entre las dos pestañas de la carcasa.



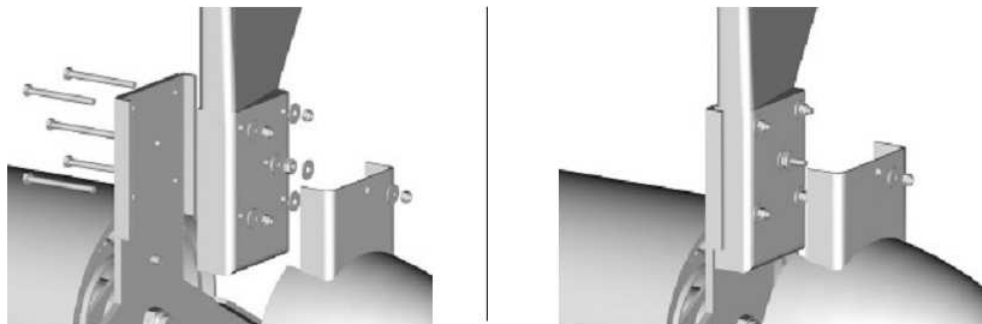
**Figura 5.6:** Carcasa Protectora

#### **5.4.1.5. Hélices y Cono Frontal**

Las hélices, de fibra de vidrio / carbono reforzadas, son la parte en contacto directo con el viento. Su aerodinámica, diseñada específicamente para los aerogeneradores J.Bornay, permite el funcionamiento del alternador haciéndolo rodar en función de la velocidad del viento.

Su montaje se realiza fijándolas al buje con el logotipo en relieve hacia la parte trasera, es decir, mirando al alternador. Los cuatro tornillos exteriores serán M -8 x 70 y el tornillo central-interior, será M-8 x 90 (más largo para sujetar también el cono frontal). Una vez instalados pasamos por cada tornillo las arandelas M -8 de la serie ancha. En los cuatro tornillos primeros, los cortos, se instalan las tuercas autobloqueo. En el más largo, una tuerca normal. Con la ayuda de una llave dinamométrica aplicamos un apriete de inicial de 2 kg. A todas las tuercas. Una vez estén todos apretados, reapretamos las todas las tuercas a 2,5 kg; sobre las cuatro tuercas normales se introduce una nueva una arandela M-8 de serie

ancha. Estas arandelas serán el apoyo del cono frontal que colocaremos a continuación. Una vez instalado, introducimos una nueva arandela y una tuerca autobloqueo M-8.



**ATENCIÓN:**

Compruebe una vez más que las hélices encajan perfectamente y que no hay ningún obstáculo que pueda interferir en su camino.

**PRECAUCIÓN:**

Compruebe que las hélices están correctamente colocadas; el logotipo de J.Bornay debe quedar a sotavento, en la parte posterior.

1

**Figura 5.7:** Hélices y Cono Frontal

#### 5.4.1.6. Precauciones

- No manipule el aerogenerador ni el cuadro de control en días de viento.
- No deje el generador funcionando libremente (sin conectar a las baterías), podría dañar el sistema de carga. En caso de que sea necesario desconectarlo de las baterías, frénelo.
- Con el aerogenerador funcionando libremente, el sistema de frenado automático por inclinación no funciona, con lo cual podrían producirse daños irreparables en el aerogenerador.
- No manipule las resistencias del regulador.
- No invierta la polaridad.
- Utilice el cableado adecuado.

#### 5.4.2. Mantenimiento

##### 5.4.2.1. Tras su instalación

Transcurrido 1 mes desde la instalación del aerogenerador, se recomienda, reapretar toda la tornillería del aerogenerador.

#### **5.4.2.2. Permanente**

Para asegurar la vida de su aerogenerador, le aconsejamos siga los siguientes consejos de mantenimiento:

Cada 6 meses, y a ser posible en los cambios de estación, se recomienda realizar una inspección de mantenimiento en la cual se deben de revisar los siguientes puntos:

- Revisar y reapretar todos los tornillos.
- Comprobar el estado de los cables.
- Inspección visual de las hélices.
- Revisión del sistema de frenado automático, accionando este manualmente.

Las partes principales del aerogenerador a la hora de realizar las inspecciones de mantenimiento son:

#### **5.4.2.3. Rodamientos**

El aerogenerador está equipado con rodamientos blindados de gran calidad que no necesitan mantenimiento.

#### **5.4.2.4. Tornillería**

Toda la tornillería es de acero inoxidable. Ante la falta de cualquier tornillo en una revisión de mantenimiento, reemplazarlo inmediatamente antes de que pueda producir daños mayores.

#### **5.4.2.5. Cableado**

Comprobar el estado de las uniones y empalmes, así como regletas de conexiones que haya, para evitar que pueda desconectarse y dejar el aerogenerador funcionando libremente.

#### **5.4.2.6. Hélices**

Las hélices de fibra de vidrio / carbono, llevan en el borde de ataque una cinta protectora de Poliuretano abrasivo.

Esta cinta con el paso del tiempo puede verse afectada por las condiciones climatológicas.

En caso de falta total ó parcial de la cinta, acuda a su instalador y reemplace la cinta. En caso contrario, la erosión y cambios climáticos incidirán directamente sobre la hélice, reduciendo su vida útil.

#### **5.4.2.7. Amortiguador**

El aerogenerador lleva instalados 2 amortiguadores hidráulicos que permiten el frenado rápido, y su vuelta a la posición normal lenta, evitando golpes bruscos.

El amortiguador tiene una pequeña holgura al principio de su retroceso que es normal, si su holgura fuera mayor de la mitad del recorrido y se observan pérdidas de aceite, habría que sustituir los amortiguadores por unos nuevos.

#### **5.4.2.8. Engrase**

El aerogenerador, consta de 3 partes móviles:

- El eje delantero (hélice-alternador), provisto de rodamientos blindados y recubiertos totalmente con una grasa de por vida. No precisan engrase.
- El eje de orientación (aerogenerador-torre), provisto con rodamientos blindados. No precisan engrase.
- El eje de inclinación (alternador-giratoria), es un casquillo de acero inoxidable / bronce engrasado de por vida.

## CAPITULO VI

### 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1. Conclusiones

- Mediante los estudios y análisis realizados se ha llegado a la conclusión que mayor factibilidad para su construcción tiene el S.C.E.E., debido a que en todos los parámetros analizados logro superar a la P.C.H., y en el campo económico supero ampliamente al valor que tendría la conexión al sistema de la E.E.E
- Gracias al recurso natural, gratuito e inagotable como lo es el viento, la implementación de este proyecto a futuro es posible ya que se comprobó el potencial eólico disponible es suficiente para satisfacer la demanda requerida.
- Mediante la Evaluación de Impactos Ambientales se ha podido determinar que el impacto al ambiente causado por la implementación de pequeños Aerogeneradores es muy bajo o casi nulo, lo cual quiere decir que al instalar este tipo de sistemas no solo estamos satisfaciendo la necesidad de energía, sino también estamos ayudando a la conservación del medio ambiente mediante la producción de energía limpia.
- De acuerdo al análisis económico realizado se determinó que el S.C.E.E. es la mejor opción ya que su relación Costo-Beneficio es mayor a 1, además que la T.I.R es de 4.9 % lo cual garantiza la recuperación del capital además de obtener un margen de ganancia.
- De acuerdo al análisis económico realizado se ha podido determinar el costo del kw-h generado tendrá un valor de 6,6 centavos de dólar.



## 6.2. Recomendaciones

- Impulsar el incremento de proyectos de generación de energía, mediante el uso de recursos renovables tales como energía solar, eólica e hidráulica para de esta manera aprovechar de forma más eficiente los recursos de nuestro país.
- Realizar estudios del potencial eólico a nivel nacional, para tener un mapa eólico que muestre el verdadero potencial de las diferentes zonas de nuestro país, facilitando el desarrollo de esta tecnología.
- Realizar las respectivas acciones de mantenimiento, siguiendo el programa propuesto, para evitar un desgaste prematuro de los elementos lo cual podría resultar en un daño mucho más grave y difícil de solucionar.
- Tener en cuenta el tipo de recubrimiento tanto de la torre como del equipo de generación, según el lugar de implementación del S.C.E.E. ya que si este se encuentra cerca del océano habría que usar recubrimiento lo suficientemente resistente ya que en este tipo de lugares el ambiente salino ayuda a que la corrosión se mas rápida y por tanto se necesita de una mayor protección.
- El banco de baterías deberá estar ubicado en un lugar protegido de la humedad, polvo y demás factores que puedan reducir su vida útil, además de esto se recomienda que estas estén ubicadas lo más cercanas posible al lugar en el cual van a ser usada, para de esta forma disminuir las pérdidas por caída de tensión.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Consumo diario de los equipos eléctricos, Empresa Eléctrica Riobamba S.A.
2. ITDG. Manual de Mini y Micro centrales Hidráulicas. 1era.ed. Lima: ITDG. 1995
3. ORTIZ, R. Pequeñas Centrales Hidroeléctricas. 1era. edición. Bogotá: McGraw-Hill. 2001
4. MOTT, L. Mecánica de Fluidos, 5ta edición, Madrid España: McGraw-Hill. 2001
5. INDACOCHEA Enrique, Micro centrales hidroeléctricas: Editorial OLADE, Perú: 1985
6. KROCHIN, S Diseño Hidráulico. 3<sup>ra</sup> ed. Quito: 1986.
7. FREIRE, E, Diseño de un software para el diseño de los elementos constitutivos en obra civil de centrales hidroeléctricas hasta 10 MW, Riobamba Ecuador, 2009
8. MERINO, D. Estudio de Factibilidad de la Micro central Hidroeléctrica Chachimbiro. Riobamba – Ecuador: 2008. (Tesis). pp. 23
9. MEMORIA EJECUTIVA DEL PROYECTO HIDROELECTRICO FATIMA  
[www.hidroelectricasdelsur.com](http://www.hidroelectricasdelsur.com)  
2010-01-28
10. LOPEZ, J.
11. OLADE, Apuntes para un Manual Técnico de Diseño, Estandarización y Fabricación de Equipos para Pequeñas Centrales Hidroeléctricas – Turbinas Pelton. 1era.edición. Lima: Asociación Gráfica Educativa. 1988.
12. UPME, Guía para la utilización de la energía eólica para generación de energía eléctrica, 1ra ed. Bogotá: 2003
13. Dirección de Aviación Civil, Aeropuerto General Rivadeneira, Esmeraldas Ecuador

14. Manual sobre Energía Renovable  
[http://www.centroladehesa.info/descargas/manual\\_energia\\_ahorro.pdf](http://www.centroladehesa.info/descargas/manual_energia_ahorro.pdf)  
2010-12-28
15. MANUAL DE APLICACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA  
<http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/UserFiles/File/ENERGIA%20EOLICA.pdf>  
2010- 11-30
16. DIMENSIONAMIENTO BANCO DE BATERIAS  
<http://colombia.sensstech.com/tag/banco-de-baterias/>  
2010-05-28
17. DIN, Almacenamiento y Distribución de Fluidos, Bridas para soldar, Balboa España: Editorial Balzola, 1999
18. CÓDIGO ECUATORIANO DE LA CONSTRUCCIÓN, Peligro sísmico, espectro de diseño y requisitos mínimos de cálculo para diseño sismo resistente, 2002
19. SHIGLEY, J. Diseño en Ingeniería Mecánica. 5ta.ed. México: McGraw-Hill. 1998
20. LELAND, B. Ingeniería Económica, 4ta edición, Bogotá Colombia: : McGraw-Hill. 1999
21. INECEL, Normas para distribución, Estructuras Tipo, Quito 1974

## BIBLIOGRAFÍA

CAMARA DE LA CONSTRUCCIÓN, Análisis del precio de la construcción APC, Riobamba: 2007

CANTER, L, Manual de evaluación de impacto ambiental. Barcelona: 1998

CÓDIGO ECUATORIANO DE LA CONSTRUCCIÓN, Peligro sísmico, espectro de diseño y requisitos mínimos de cálculo para diseño sismo resistente, 2002

CRANE. Flujo de Fluidos en válvulas, accesorios y tuberías. 1era.edición. México: McGraw-Hill. 1989.

CUESTA, R. Manual de Evaluación de Impacto Ambiental, Barcelona España: 2008

DIN, Almacenamiento y Distribución de Fluidos, Bridas para soldar, Balboa España: Editorial Balzola, 1999

FREIRE, E, Diseño de un software para el diseño de los elementos constitutivos en obra civil de centrales hidroeléctricas hasta 10 MW, Riobamba Ecuador, 2009 (Tesis).

INDACOCHEA Enrique, Micro centrales hidroeléctricas: Editorial OLADE, Perú: 1985

INECEL, Normas para distribución, Estructuras Tipo, Quito 1974

INEN, Código de dibujo técnico mecánico: Serie normalización, Quito: 1981

ITDG. Manual de Mini y Micro centrales Hidráulicas. 1era.ed. Lima: ITDG. 1995

KROCHIN, S Diseño Hidráulico. 3<sup>ra</sup> ed. Quito: 1986.

LELAND, B. Ingeniería Económica, 4ta edición, Bogotá Colombia: McGraw-Hill. 1999

- LOPEZ, J. Diseño, Construcción y Rehabilitación de una Pico Central Hidroeléctrica por regulación de control de carga en el Parque Nacional de los Llanganates, Riobamba – Ecuador: 2010. (Tesis).
- MERINO, D. Estudio de Factibilidad de la Micro central Hidroeléctrica Chachimbiro. Riobamba – Ecuador: 2008. (Tesis). pp. 23
- MOTT, L. Mecánica de Fluidos, 6ta edición, México: McGraw-Hill. 2006
- ORTIZ, R. Pequeñas Centrales Hidroeléctricas. 1era. edición. Bogotá: McGraw-Hill. 2001
- OLADE, Apuntes para un Manual Técnico de Diseño, Estandarización y Fabricación de Equipos para Pequeñas Centrales Hidroeléctricas – Turbinas Pelton. 1era.edición. Lima: Asociación Gráfica Educativa. 1988.
- RIOFRÍO, P. Micro Hidroenergía. 1era.ed. Riobamba: ESPOCH. 2007
- SHIGLEY, J. Diseño en Ingeniería Mecánica. 5ta.ed. México: McGraw-Hill. 1998
- UPME, Guía para la utilización de la energía eólica para generación de energía eléctrica, 1ra ed. Bogotá: 2003

## LINKOGRAFIA

AEROGENERADOR CATALOGO

<http://www.proviento.com.ec/>

2010-02-18

CAIDA DE TENSION

<http://www.epsea.org/esp/pdf2/Capit08.pdf>

<http://www.condumex.com.mx/NR/rdonlyres/B13CFEDC-878B-4FC1-890A-0561DA356D71/0/CablesACSRdealuminioyrefuerzodeacerodesnudosbajonormaCFE.pdf>

[http://www.coeltabasco.com/conductores\\_electricos/viakon\\_condumex.pdf](http://www.coeltabasco.com/conductores_electricos/viakon_condumex.pdf)

2010-05-25

DIMENSIONAMIENTO BANCO DE BATERIAS

<http://colombia.sensstech.com/tag/banco-de-baterias/>

2010-05-28

MANUAL DE APLICACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA

<http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/UserFiles/File/ENERGIA%20EOLICA.pdf>

2010- 11-30

MANUAL SOBRE ENERGÍA RENOVABLE

[http://www.centroladehesa.info/descargas/manual\\_energia\\_ahorro.pdf](http://www.centroladehesa.info/descargas/manual_energia_ahorro.pdf)

2010-12-28

MEMORIA EJECUTIVA DEL PROYECTO HIDROELECTRICO FATIMA

[www.hidroelectricasdelsur.com](http://www.hidroelectricasdelsur.com)

**2010-01-28**

TIPO Y CONEXIÓN DE BATERIAS CICLO PROFUNDO

<http://colombia.sensstech.com/2009/10/todo-sobre-las-baterias-de-ciclo-profundo-faq-y-tutorial/>

2010-10-26

# **ANEXOS**

## ANEXO 1

Valores de  $\mu$  para algunos tipos de coronamiento

<b>FORMA CORONAMIENTO</b>	<b>DEL</b>	<b><math>\mu</math></b>
Cresta ancha, aristas vivas, horizontal.		0.49 - 0.51
Cresta ancha, con aristas redondeadas, horizontal.		0.50 - 0.5
Cresta delgada, con chorro aireado.		0.64
Cresta redondeada, con paramento superior vertical y paramento inferior inclinado.		0.75
Azud en forma de dique, con coronamiento redondeado		0.79

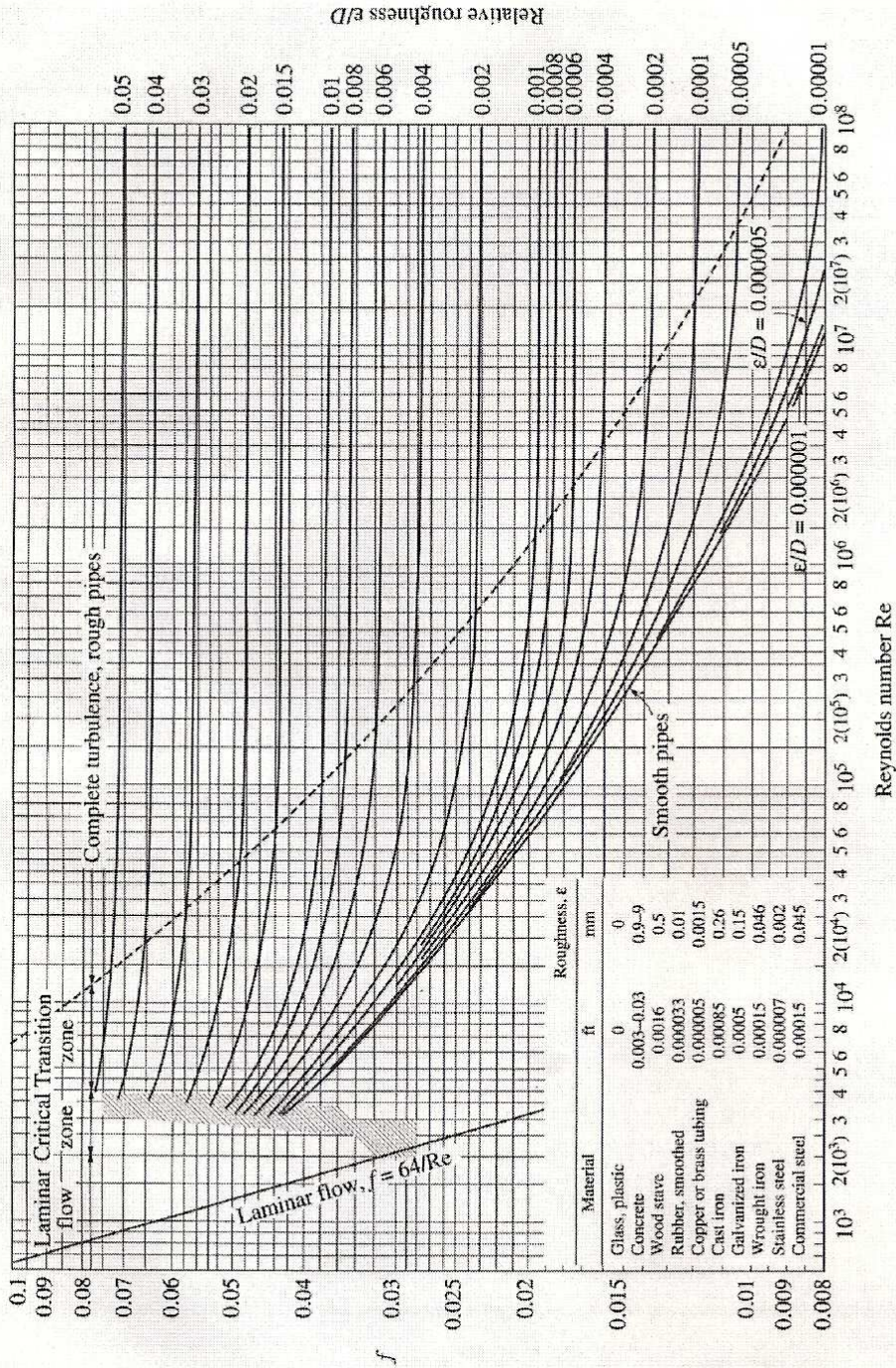


## ANEXO 2

Propiedades Físicas del agua

	Peso específico	Densidad	Viscosidad dinámica	Viscosidad cinemática
TEMPERATURA	$\gamma$	P	$\mu$	N
°C	KN/m <sup>3</sup>	(Kg/m <sup>3</sup> )	(N - s/m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> /s)
0	9,81	1000	1.75 x 10 <sup>-3</sup>	1.75 x 10 <sup>-6</sup>
5	9,81	1000	1.52 x 10 <sup>-3</sup>	1.52 x 10 <sup>-6</sup>
10	9,81	1000	1.30 x 10 <sup>-3</sup>	1.30 x 10 <sup>-6</sup>
15	9,81	1000	1.15 x 10 <sup>-3</sup>	1.15 x 10 <sup>-6</sup>
20	9,79	998	1.02 x 10 <sup>-3</sup>	1.02 x 10 <sup>-6</sup>
<b>25</b>	<b>9,78</b>	<b>997</b>	<b>8.91 x 10<sup>-4</sup></b>	<b>8.94 x 10<sup>-7</sup></b>
30	9,77	996	8.00 x 10 <sup>-4</sup>	8.03 x 10 <sup>-7</sup>
35	9,75	994	7.18 x 10 <sup>-4</sup>	7.22 x 10 <sup>-7</sup>
40	9,73	992	6.51 x 10 <sup>-4</sup>	6.56 x 10 <sup>-7</sup>
45	9,71	990	5.94 x 10 <sup>-4</sup>	6.00 x 10 <sup>-7</sup>
50	9,69	988	5.41 x 10 <sup>-4</sup>	5.48 x 10 <sup>-7</sup>
55	9,67	986	4.98 x 10 <sup>-4</sup>	5.05 x 10 <sup>-7</sup>
60	9,65	984	4.60 x 10 <sup>-4</sup>	4.67 x 10 <sup>-7</sup>
65	9,62	981	4.31 x 10 <sup>-4</sup>	4.39 x 10 <sup>-7</sup>
70	9,59	978	4.02 x 10 <sup>-4</sup>	4.11 x 10 <sup>-7</sup>
75	9,56	975	3.73 x 10 <sup>-4</sup>	3.83 x 10 <sup>-7</sup>
80	9,53	971	3.50 x 10 <sup>-4</sup>	3.60 x 10 <sup>-7</sup>
85	9,5	968	3.30 x 10 <sup>-4</sup>	3.41 x 10 <sup>-7</sup>
90	9,47	965	3.11 x 10 <sup>-4</sup>	3.22 x 10 <sup>-7</sup>
95	9,44	962	2.92 x 10 <sup>-4</sup>	3.04 x 10 <sup>-7</sup>
100	9,4	958	2.82 x 10 <sup>-4</sup>	2.94 x 10 <sup>-7</sup>

# ANEXO 3



**FIGURE A-27**

The Moody chart for the friction factor for fully developed flow in circular tubes.

## ANEXO 4

### Características técnicas de tubería de polietileno Plastigama.

DIÁMETR O	ROLL O	Diámetro exterior	Diámetro interior	Espesor pared	Presión Trabajo
Pulgadas	M	mm	mm	mm	lb/pul <sup>2</sup>
1/2"	100	22,08	15,8	6,28	125
3/4"	100	26,61	20,93	5,68	90
1"	100	32,26	26,04	6,22	72
1 <sup>1/4</sup> "	100	42,35	35,05	7,3	64
1 <sup>1/2</sup> "	100	47,53	40,84	6,69	57
<b>2"</b>	<b>100</b>	<b>62,06</b>	<b>52,5</b>	<b>9,56</b>	<b>64</b>
<b>3"</b>	<b>50</b>	<b>90,43</b>	<b>77,93</b>	<b>12,5</b>	<b>57</b>
4"	25	118,66	102,26	16,4	57

Fuente: Manual de características técnicas de PLASTIGAMA

## ANEXO 5

### Eficiencia del grupo de generación

Potencia (kW)	Eficiencia del grupo de generación ( $\eta_{GR}$ )			
	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

\* Limitación por máxima potencia de 1000 kW.

Fuente: ONUDI Mini Hydro Power Stations, UNIDO/OS 225, Viena (1981).

## ANEXO 6

### Sección de conductores eléctricos AWG

#### CONDUCTORES ELECTRICOS Y CANALIZACIONES

TABLA 2.5

DIMENSIONES DE LOS CONDUCTORES ELECTRICOS DESNUDOS

CALIBRE	SECCION		DIAMETRO				
	A. K.	W. P.	G. M.	C. M.	MM <sup>2</sup>	PULGS.	MM
20				1022	0.5176	0.03196	0.812
18				1624	0.8232	0.04030	1.024
16				2583	1.3090	0.05082	1.291
14				4107	2.0810	0.06408	1.628
12				6530	3.3090	0.08081	2.053
10				10380	5.2610	0.1019	2.588
8				16510	8.3670	0.1285	3.264
6				26250	13.3030	0.1620	4.115
4				41740	21.1480	0.2043	5.189
3				52630	26.6700	0.2294	5.827
2				66370	33.6320	0.2576	6.543
1				83690	42.4060	0.2893	7.348
0				105500	53.4770	0.3249	8.252
00				133100	67.4190	0.3648	9.266
000				167800	85.0320	0.4096	10.403
0000				211600	107.2250	0.4600	11.684

## ANEXO 7

4% <span style="float: right;">4%</span>								
TABLA 9 Flujo de efectivo discreto: Factores de interés compuesto								
n	Pagos únicos		Pagos de serie uniforme				Gradientes aritméticos	
	Cantidad compuesta F/P	Valor presente P/F	Factor de amortización A/F	Cantidad compuesta F/A	Recuperación de capital A/P	Valor presente P/A	Gradiente de valor presente P/G	Gradiente de serie anual A/G
1	1.0400	0.9615	1.00000	1.0000	1.04000	0.9615		
2	1.0816	0.9246	0.49020	2.0400	0.53020	1.8861	0.9246	0.4902
3	1.1249	0.8890	0.32035	3.1216	0.36035	2.7751	2.7025	0.9739
4	1.1699	0.8548	0.23549	4.2465	0.27549	3.6299	5.2670	1.4510
5	1.2167	0.8219	0.18463	5.4163	0.22463	4.4518	8.5547	1.9216
6	1.2653	0.7903	0.15076	6.6330	0.19076	5.2421	12.5062	2.3857
7	1.3159	0.7599	0.12661	7.8983	0.16661	6.0021	17.0657	2.8433
8	1.3686	0.7307	0.10853	9.2142	0.14853	6.7327	22.1806	3.2944
9	1.4233	0.7026	0.09449	10.5828	0.13449	7.4353	27.8013	3.7391
10	1.4802	0.6756	0.08329	12.0061	0.12329	8.1109	33.8814	4.1773
11	1.5395	0.6496	0.07415	13.4864	0.11415	8.7605	40.3772	4.6090
12	1.6010	0.6246	0.06655	15.0258	0.10655	9.3851	47.2477	5.0343
13	1.6651	0.6006	0.06014	16.6268	0.10014	9.9856	54.4546	5.4533
14	1.7317	0.5775	0.05467	18.2919	0.09467	10.5631	61.9618	5.8659
15	1.8009	0.5553	0.04994	20.0236	0.08994	11.1184	69.7355	6.2721
16	1.8730	0.5339	0.04582	21.8245	0.08582	11.6523	77.7441	6.6720
17	1.9479	0.5134	0.04220	23.6975	0.08220	12.1657	85.9581	7.0656
18	2.0258	0.4936	0.03899	25.6454	0.07899	12.6593	94.3498	7.4530
19	2.1068	0.4746	0.03614	27.6712	0.07614	13.1339	102.8933	7.8342
20	2.1911	0.4564	0.03358	29.7781	0.07358	13.5903	111.5647	8.2091
21	2.2788	0.4388	0.03128	31.9692	0.07128	14.0292	120.3414	8.5779
22	2.3699	0.4220	0.02920	34.2480	0.06920	14.4511	129.2024	8.9407
23	2.4647	0.4057	0.02731	36.6179	0.06731	14.8568	138.1284	9.2973
24	2.5633	0.3901	0.02559	39.0826	0.06559	15.2470	147.1012	9.6479
25	2.6658	0.3751	0.02401	41.6459	0.06401	15.6221	156.1040	9.9925
26	2.7725	0.3607	0.02257	44.3117	0.06257	15.9828	165.1212	10.3312
27	2.8834	0.3468	0.02124	47.0842	0.06124	16.3296	174.1385	10.6640
28	2.9987	0.3335	0.02001	49.9676	0.06001	16.6631	183.1424	10.9909
29	3.1187	0.3207	0.01888	52.9663	0.05888	16.9837	192.1206	11.3120
30	3.2434	0.3083	0.01783	56.0849	0.05783	17.2920	201.0618	11.6274
31	3.3731	0.2965	0.01686	59.3283	0.05686	17.5885	209.9556	11.9371
32	3.5081	0.2851	0.01595	62.7015	0.05595	17.8736	218.7924	12.2411
33	3.6484	0.2741	0.01510	66.2095	0.05510	18.1476	227.5634	12.5396
34	3.7943	0.2636	0.01431	69.8579	0.05431	18.4112	236.2607	12.8324
35	3.9461	0.2534	0.01358	73.6522	0.05358	18.6646	244.8768	13.1198
40	4.8010	0.2083	0.01052	95.0255	0.05052	19.7928	286.5303	14.4765
45	5.8412	0.1712	0.00826	121.0294	0.04826	20.7200	325.4028	15.7047
50	7.1067	0.1407	0.00655	152.6671	0.04655	21.4822	361.1638	16.8122
55	8.6464	0.1157	0.00523	191.1592	0.04523	22.1086	393.6890	17.8070
60	10.5196	0.0951	0.00420	237.9907	0.04420	22.6235	422.9966	18.6972
65	12.7987	0.0781	0.00339	294.9684	0.04339	23.0467	449.2014	19.4909
70	15.5716	0.0642	0.00275	364.2905	0.04275	23.3945	472.4789	20.1961
75	18.9453	0.0528	0.00223	448.6314	0.04223	23.6804	493.0408	20.8206
80	23.0498	0.0434	0.00181	551.2450	0.04181	23.9154	511.1161	21.3718
85	28.0436	0.0357	0.00148	676.0901	0.04148	24.1085	526.9384	21.8569
90	34.1193	0.0293	0.00121	827.9833	0.04121	24.2673	540.7369	22.2826
96	43.1718	0.0232	0.00095	1 054.30	0.04095	24.4209	554.9312	22.7236
108	69.1195	0.0145	0.00059	1 702.99	0.04059	24.6383	576.8949	23.4146
120	110.6626	0.0090	0.00036	2 741.56	0.04036	24.7741	592.2428	23.9057
144	283.6618	0.0035	0.00014	7 066.55	0.04014	24.9119	610.1055	24.4906

## ANEXO 8

### Tipos de baterías de ciclo profundo

Modelo o Número de Parte	Volt. (V)	Cap.@20Hr. (Ah)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Altura (mm)	Peso (Kg)
MT225	2	2.5	Red.	Red.	Red.	0.16
MT260	2	6	105	24	105	0.5
MT445	4	4.5	48	48	102	0.5
MT4100	4	10	101	50	94	1
MT610	6	1	51	42	51	0.26
MT612	6	1.2	97	24	52	0.31
MT6120	6	12	151	50	94	1.85
MT6140 TOY	6	14	108	71	140	2.35
MT628	6	2.8	66	33	97	0.61
MT633	6	3.3	134	35	61	0.71
MT645HR	6	5	70	47	101	0.85
MT660	6	6	70	47	101	0.92
MT670HR	6	7	151	34	94	1.36
MT6200L	6	200	225	306	169	32
LFP6225L	6	225	225	306	169	32
MT832A	8	3.2	68	49	91	0.9
MT1208	12	0.8	96	25	62	0.34
MT1212	12	1.2	97	43	52	0.63
MT1220C	12	2	144	24	65	0.6
MT1220M	12	2	150	20	90	0.68
MT1223	12	2.3	178	35	61	0.99
MT1223C	12	2.3	182	24	61	0.71
MT1223CC	12	2.3	200	24	61	0.8
MT1228	12	2.8	67	67	97	1.2
MT1228A	12	2.8	133	33	104	
MT1233	12	3.3	134	67	61	1.5
MT1250	12	5.2	90	70	101	1.49
MT1250A	12	5	148	48	102	1.72
MT1270	12	7.2	151	65	94	2.66
MT1250HR	12	5.5	90	70	101	1.8
MT1270HR	12	7.8	151	65	94	2.5
MT1290	12	9	151	65	94	2.7
MT12120	12	12	151	98	95	3
MT12180HR	12	20	181	77	167	NA
MT12260	12	26	165	176	126	8.5
MT12280	12	28	165	166	126	9.5
MT12330HRL	12	35	195	130	159	11.3
MT12400L	12	45	197	165	170	13.5
MT12550L	12	55	230	138	208	20
MT12750HRL	12	80	260	168	211	24
MT12850HRL	12	88	260	168	211	25.5
MT12100L	12	105	305	168	214	32
MT121200L	12	120	409	176	225	37.5

<b>Modelo o Número de Parte</b>	<b>Volt. (V)</b>	<b>Cap.@20Hr. (Ah)</b>	<b>Largo (mm)</b>	<b>Ancho (mm)</b>	<b>Altura (mm)</b>	<b>Peso (Kg)</b>
MT12155L	12	155	485	172	240	48
MT121800L	12	188	500	207	211	60
MT122050L	12	205	522	238	218	65
<b>MT242500L</b>	<b>24</b>	<b>250</b>	<b>521</b>	<b>269</b>	<b>220</b>	<b>78</b>



# ANEXO 9

## Criterios de Diseño

6.6 SECCIÓN SEIS

**TABLA 6.2** Cargas vivas mínimas de diseño  
a. Cargas vivas de diseño uniformemente distribuidas

Ocupación o uso	Carga viva, en lb/pie <sup>2</sup>	Ocupación o uso	Carga viva, en lb/pie <sup>2</sup>
Andenes, vías vehiculares y patios, sometidos a paso de camiones <sup>a</sup>	250	Gimnasios, pisos principales y balcones	100
Áreas de reunión y teatros		Graderías de estadios y coliseos <sup>a</sup>	100
Con sillas fijas (aseguradas al piso)	60	Hospitales	
Pasillos	100	Salas de cirugía, laboratorios	60
Con sillas móviles	100	Habitaciones privadas	40
Plataformas (de reunión)	100	Pabellones	40
Escenarios	150	Corredores por encima del primer piso	80
Balcones (externos)	100	Instituciones penales	
Únicamente en residencias uni o bi-familiares, que no excedan 100 pies <sup>2</sup>	60	Bloques de celdas	40
Bibliotecas		Corredores	100
Salas de lectura	60	Marquesinas y bóvedas	75
Salas de almacenamiento <sup>a</sup>	150	Pasarelas y plataformas elevadas (distintas a las salidas de emergencia)	60
Corredores por encima del primer piso	80	Patios y terrazas (peatonales)	100
Bodegas de almacenamiento		Residencial	
Liviano	125	Viviendas (de una y dos familias)	
Pesado	250	Áticos no habitables sin depósito	10
Boliches, piscinas y áreas similares de recreación	75	Áticos no habitables con depósito	20
Comedores y restaurantes	100	Áticos habitables y áreas de dormitorios	30
Corredores		Todas las demás áreas	40
Primer piso	100	Hoteles y edificios multifamiliares	
Otros pisos, igual a los del tipo de ocupación que sirven si no se indica otra cosa		Habitaciones privadas y corredores que las sirven	40
Cuarteles y salones de entrenamiento	150	Salas públicas, corredores y pasillos que los sirven	100
Edificios de oficinas <sup>a</sup>		Salas de baile y de fiesta	100
Pasillos	100	Salidas de incendio	100
Oficinas	50	Solamente en viviendas de una sola familia	40
Escaleras y salidas de emergencia	100	Tableros (de patio y de cubierta)	
Escuelas		Igual que el área servida, o para el tipo de ocupación acomodada	
Salones de clase	40	Tiendas	
Corredores por encima del primer piso	80	Minoristas	
Fabricación		Primer piso	100
Liviana	125	Pisos superiores	75
Pesada	250	Mayoristas, todos los pisos	125
Garajes (para autos de pasajeros únicamente)	50	Tribunas de escenarios <sup>a</sup>	100
Para camiones y autobuses úsense las cargas de carril de la AASHTO <sup>a</sup> (véase tabla 6.2b para los requisitos de carga concentrada)			

b. Cargas vivas concentradas<sup>a</sup>

Ubicación	Carga, en lb
Andenes (sobre un cuadrado de 2.5 pies de lado)	8,000
Escotilones, costillas de claraboya y cielos rasos accesibles (sobre un cuadrado de 2.5 pies de lado)	200
Garajes:	
Autos de pasajeros:	
Parqueo manual (sobre un área de 20 pulg <sup>2</sup> )	2,000
Parqueo mecánico (sin losa) por rueda	1,500
Camiones, autobuses (sobre un área de 20 pulg <sup>2</sup> ) por rueda	16,000

*b. Cargas vivas concentradas<sup>a</sup> (continuación)*

Peldaños de escalera (sobre un área de 4 pulg <sup>2</sup> en el centro del peldaño)	300
Pisos de oficinas (sobre un cuadrado de 2.5 pies de lado)	2,000
Punto de panel de armadura de cubierta sobre pisos de garaje, de fabricación o de almacenamiento	2,000
Rejilla del cuarto de máquinas de los ascensores (sobre un área de 4 pulg <sup>2</sup> )	300
Terminado, construcción de placa de piso liviana (sobre un área de 1 pulg <sup>2</sup> )	200

*c. Cargas mínimas de diseño para materiales*

Material	Carga en, lb/pie <sup>2</sup>	Material	Carga en, lb/pie <sup>2</sup>
Acero	490	Latón, colado	534
Agua de mar	64	Latón, colado	459
Agua potable	62.4	Mortero, endurecido:	
Aleaciones de magnesio	112	de cemento	130
Aluminio, colado	165	de cal	110
Arena de río, seca	106	Oro, sólido	1205
Arena, limpia y seca	90	Piedra, labrada:	
Bronce, 8 a 14% de estaño	509	de basalto, granito, gneis	165
Caliza, hidratada, compacta	45	de caliza, mármol, cuarzo	160
Caliza, hidratada, suelta	32	de arenisca	140
Carbón, antracita, apilado	52	de pizarra, esquisto	155
Carbón, bituminoso o lignito, apilado	47	Plata	656
Carbón, turba, seco, apilado	23	Plomo	710
Carbón vegetal	12	Productos bituminosos:	
Cascajo (no sumergido):		Asfalto	81
de caliza	83	Petróleo, gasolina	42
de arenisca	90	Brea	69
Cemento portland, fraguado	183	Alquitrán	75
Cemento portland, suelto	90	Tierra (no sumergida)	
Ceniza seca, a granel	45	Arcilla, seca	63
Cobre	556	Arcilla, húmeda	110
Grava, seca	104	Arcilla y grava, secas	100
Hielo	57.2	Limo, mojado, suelto	78
Hierro, fundición	450	Limo, mojado, compacto	96
		Arena y grava, secas, sueltas	100
		Arena y grava, secas, compactas	120
		Arena y grava, húmedas	120
		Yeso, suelto	70

<sup>a</sup> También deben considerarse cuando corresponda las cargas de carril indicadas por la American Association of State Highway and Transportation Officials.

<sup>b</sup> Las salas de archivos y de computadores deben diseñarse para cargas más pesadas, dependiendo de las instalaciones previstas. Véanse también Corredores.

<sup>c</sup> Para recomendaciones detalladas, véase el American National Standard for Assembly Seating, Tents and Air Supported Structures, ANSI/NFPA 102.

<sup>d</sup> Para el peso de los libros y estantes, supóngase una densidad de 65 lb/pie<sup>3</sup>, conviértase a una carga de área uniformemente distribuida, y úsese el resultado si éste sobrepasa 150 lb/pie<sup>2</sup>.

<sup>e</sup> Úsese en vez de carga viva uniformemente distribuida, excepto para armaduras de cubierta, si las cargas concentradas producen esfuerzos o deflexiones mayores. Añádase un factor de impacto para maquinaria y cargas móviles: 100% para ascensores, 20% para máquinas livianas, 50% para máquinas reciprocantes, 33% para péndolas de piso o de balcón. Para carrileras de grúas, añádase una fuerza vertical igual a 25% de la carga máxima de rueda; una fuerza lateral igual a 10% del peso del tranvía y la carga levantada, en el tope de cada riel; y una fuerza longitudinal igual a 10% de las cargas máximas de rueda, actuando en el tope del riel.

Continuación

17 UNIFORM BUILDING CODE, VOLUME 2

TABLE 16-C—MINIMUM ROOF LIVE LOADS<sup>1</sup>

ROOF SLOPE	METHOD 1			Uniform Load <sup>2</sup> (psf)	METHOD 2	
	Tributary Loaded Area in Square Feet for Any Structural Member × 0.0929 for m <sup>2</sup>				Rate of Reduction <i>r</i> (percentage)	Maximum Reduction <i>R</i> (percentage)
	0 to 200	201 to 500	Over 500			
	Uniform Load (psf) × 0.0479 for kN/m <sup>2</sup>					
1. Flat <sup>3</sup> or rise less than 4 units vertical in 12 units horizontal (33.3% slope). Arch or dome with rise less than one eighth of span	20	16	12	20	.08	40
2. Rise 4 units vertical to less than 12 units vertical in 12 units horizontal (33% to less than 100% slope). Arch or dome with rise one eighth of span to less than three eighths of span	16	14	12	16	.06	25
3. Rise 12 units vertical in 12 units horizontal (100% slope) and greater. Arch or dome with rise three eighths of span or greater	12	12	12	12	No reductions permitted	
4. Awning except cloth covered <sup>4</sup>	5	5	5	5		
5. Greenhouses, lath houses and agricultural buildings <sup>5</sup>	10	10	10	10		

- <sup>1</sup>Where snow loads occur, the roof structure shall be designed for such loads as determined by the building official. See Section 1614. For special-purpose roofs, see Section 1607.4.4.
- <sup>2</sup>See Sections 1607.5 and 1607.6 for live load reductions. The rate of reduction *r* in Section 1607.5 Formula (7-1) shall be as indicated in the table. The maximum reduction *R* shall not exceed the value indicated in the table.
- <sup>3</sup>A flat roof is any roof with a slope of less than 1/4 unit vertical in 12 units horizontal (2% slope). The live load for flat roofs is in addition to the ponding load required by Section 1611.7.
- <sup>4</sup>As defined in Section 3206.
- <sup>5</sup>See Section 1607.4.4 for concentrated load requirements for greenhouse roof members.

TABLE 16-D—MAXIMUM ALLOWABLE DEFLECTION FOR STRUCTURAL MEMBERS<sup>1</sup>

TYPE OF MEMBER	MEMBER LOADED WITH LIVE LOAD ONLY ( <i>L</i> )	MEMBER LOADED WITH LIVE LOAD PLUS DEAD LOAD ( <i>L</i> + <i>K</i> <i>D</i> )
Roof member supporting plaster or floor member	$l/360$	$l/240$

<sup>1</sup>Sufficient slope or camber shall be provided for flat roofs in accordance with Section 1611.7.

- L*—live load.  
*D*—dead load.  
*K*—factor as determined by Table 16-E.  
*l*—length of member in same units as deflection.

TABLE 16-E—VALUE OF "K"

WOOD		REINFORCED CONCRETE <sup>2</sup>	STEEL
Unseasoned	Seasoned <sup>1</sup>	$T/(1+50\rho')$	0
1.0	0.5		

<sup>1</sup>Seasoned lumber is lumber having a moisture content of less than 16 percent at time of installation and used under dry conditions of use such as in covered structures.

<sup>2</sup>See also Section 1909 for definitions and other requirements.  $\rho'$  shall be the value at midspan for simple and continuous spans, and at support for cantilevers. Time-dependent factor *T* for sustained loads may be taken equal to:

- |                    |     |
|--------------------|-----|
| five years or more | 2.0 |
| twelve months      | 1.2 |
| six months         | 1.4 |
| three months       | 1.0 |

Continuación

TABLE 16-F—WIND STAGNATION PRESSURE ( $q_s$ ) AT STANDARD HEIGHT OF 33 FEET (10 058 mm)

Basic wind speed (mph) <sup>1</sup> (× 1.61 for km/h)	70	80	90	100	110	120	130
Pressure $q_s$ (psf) (× 0.0479 for kN/m <sup>2</sup> )	12.6	16.4	20.8	25.6	31.0	36.9	43.3

<sup>1</sup>Wind speed from Section 1618.

TABLE 16-G—COMBINED HEIGHT, EXPOSURE AND GUST FACTOR COEFFICIENT ( $C_g$ )<sup>1</sup>

HEIGHT ABOVE AVERAGE LEVEL OF ADJOINING GROUND (feet) × 204.8 for mm	EXPOSURE D	EXPOSURE C	EXPOSURE B
0-15	1.39	1.06	0.62
20	1.45	1.13	0.67
25	1.50	1.19	0.72
30	1.54	1.23	0.76
40	1.62	1.31	0.84
60	1.73	1.43	0.93
80	1.81	1.53	1.04
100	1.88	1.61	1.13
120	1.93	1.67	1.20
160	2.02	1.79	1.31
200	2.10	1.87	1.42
300	2.23	2.05	1.63
400	2.34	2.19	1.80

<sup>1</sup>Values for intermediate heights above 15 feet (4572 mm) may be interpolated.

Continuación

1997 UNIFORM BUILDING CODE, VOLUME 2

TABLE 16-I—SEISMIC ZONE FACTOR Z

ZONE	1	2A	2B	3	4
Z	0.075	0.15	0.20	0.30	0.40

NOTE: The zone shall be determined from the seismic zone map in Figure 16-2.

TABLE 16-J—SOIL PROFILE TYPES

SOIL PROFILE TYPE	SOIL PROFILE NAME/GENERIC DESCRIPTION	AVERAGE SOIL PROPERTIES FOR TOP 100 FEET (30 480 mm) OF SOIL PROFILE		
		Shear Wave Velocity, $V_s$ feet/second (m/s)	Standard Penetration Test, $N$ (or $N_{CH}$ for cohesionless soil layers) (blows/foot)	Undrained Shear Strength, $\bar{s}_u$ psf (kPa)
$S_A$	Hard Rock	> 5,000 (1,500)	—	—
$S_B$	Rock	2,500 to 5,000 (760 to 1,500)	—	—
$S_C$	Very Dense Soil and Soft Rock	1,200 to 2,500 (360 to 760)	> 50	> 2,000 (100)
$S_D$	Stiff Soil Profile	600 to 1,200 (180 to 360)	15 to 50	1,000 to 2,000 (50 to 100)
$S_E^1$	Soft Soil Profile	< 600 (180)	< 15	< 1,000 (50)
$S_F$	Soil Requiring Site-specific Evaluation. See Section 1629.3.1.			

<sup>1</sup>Soil Profile Type  $S_E$  also includes any soil profile with more than 10 feet (3048 mm) of soft clay defined as a soil with a plasticity index,  $PI > 20$ ,  $w_{mc} \geq 40$  percent and  $s_u < 500$  psf (24 kPa). The Plasticity Index,  $PI$ , and the moisture content,  $w_{mc}$ , shall be determined in accordance with approved national standards.

TABLE 16-K—OCCUPANCY CATEGORY

OCCUPANCY CATEGORY	OCCUPANCY OR FUNCTIONS OF STRUCTURE	SEISMIC IMPORTANCE FACTOR, $I$	SEISMIC IMPORTANCE FACTOR, $I_p$	WIND IMPORTANCE FACTOR, $I_w$
1. Essential facilities <sup>2</sup>	Group I, Division 1 Occupancies having surgery and emergency treatment areas Fire and police stations Garages and shelters for emergency vehicles and emergency aircraft Structures and shelters in emergency-preparedness centers Aviation control towers Structures and equipment in government communication centers and other facilities required for emergency response Standby power-generating equipment for Category 1 facilities Tanks or other structures containing housing or supporting water or other fire-suppression material or equipment required for the protection of Category 1, 2 or 3 structures	1.25	1.50	1.15 *
2. Hazardous facilities	Group H, Divisions 1, 2, 6 and 7 Occupancies and structures therein housing or supporting toxic or explosive chemicals or substances Nonbuilding structures housing, supporting or containing quantities of toxic or explosive substances that, if contained within a building, would cause that building to be classified as a Group H, Division 1, 2 or 7 Occupancy	1.25	1.50	1.15
3. Special occupancy structures <sup>3</sup>	Group A, Divisions 1, 2 and 2.1 Occupancies Buildings housing Group E, Divisions 1 and 3 Occupancies with a capacity greater than 300 students Buildings housing Group B Occupancies used for college or adult education with a capacity greater than 500 students Group I, Divisions 1 and 2 Occupancies with 50 or more resident incapacitated patients, but not included in Category 1 Group I, Division 3 Occupancies All structures with an occupancy greater than 5,000 persons Structures and equipment in power-generating stations, and other public utility facilities not included in Category 1 or Category 2 above, and required for continued operation	1.00	1.00	1.00
4. Standard occupancy structures <sup>3</sup>	All structures housing occupancies or having functions not listed in Category 1, 2 or 3 and Group U Occupancy towers	1.00	1.00	1.00
5. Miscellaneous structures	Group U Occupancies except for towers	1.00	1.00	1.00

The limitation of  $I_p$  for panel connections in Section 1633.2.4 shall be 1.0 for the entire connector.

<sup>3</sup>Structural observation requirements are given in Section 1702.

For anchorage of machinery and equipment required for life-safety systems, the value of  $I_p$  shall be taken as 1.5.

Continuación

197 UNIFORM BUILDING CODE, VOLUME 2

TABLE 16-H—PRESSURE COEFFICIENTS ( $C_p$ )

STRUCTURE OR PART THEREOF	DESCRIPTION	$C_p$ FACTOR
Primary frames and systems	Method 1 (Normal force method) Walls: (Paradas) Windward wall Leeward wall	0.8 inward 0.5 outward
	Roofs <sup>1</sup> : Wind perpendicular to ridge Leeward roof or flat roof Windward roof less than 2:12 (16.7%) Slope 2:12 (16.7%) to less than 9:12 (75%) Slope 9:12 (75%) to 12:12 (100%) Slope > 12:12 (100%) Wind parallel to ridge and flat roofs	0.7 outward 0.7 outward 0.9 outward or 0.3 inward * 0.4 inward 0.7 inward 0.7 outward
Elements and components not in areas of discontinuity <sup>2</sup>	Method 2 (Projected area method) On vertical projected area Structures 40 feet (12 192 mm) or less in height Structures over 40 feet (12 192 mm) in height On horizontal projected area <sup>3</sup>	1.3 horizontal any direction 1.4 horizontal any direction 0.7 upward
	Wall elements All structures Enclosed and unenclosed structures Partially enclosed structures Parapets walls	1.2 inward 1.2 outward 1.6 outward 1.3 inward or outward
Elements and components in areas of discontinuities <sup>2,4,5</sup>	Roof elements <sup>3</sup> Enclosed and unenclosed structures Slope < 7:12 (58.3%) Slope 7:12 (58.3%) to 12:12 (100%)	1.3 outward 1.3 outward or inward
	Partially enclosed structures Slope < 2:12 (16.7%) Slope 2:12 (16.7%) to 7:12 (58.3%) Slope > 7:12 (58.3%) to 12:12 (100%)	1.7 outward 1.6 outward or 0.8 inward 1.7 outward or inward
Chimneys, tanks and solid towers	Wall corners <sup>6</sup>	1.5 outward or 1.2 inward
	Roof eaves, rakes or ridges without overhangs <sup>6</sup> Slope < 2:12 (16.7%) Slope 2:12 (16.7%) to 7:12 (58.3%) Slope > 7:12 (58.3%) to 12:12 (100%) For slopes less than 2:12 (16.7%) Overhangs at roof eaves, rakes or ridges, and canopies	2.3 upward 2.6 outward 1.6 outward 0.5 added to values above
Open-frame towers <sup>7,8</sup>	Square or rectangular Hexagonal or octagonal Round or elliptical	1.4 any direction 1.1 any direction 0.8 any direction
	Square and rectangular Diagonal Normal Triangular	4.0 3.6 3.2
Tower accessories (such as ladders, conduit, lights and elevators)	Cylindrical members 2 inches (51 mm) or less in diameter Over 2 inches (51 mm) in diameter Flat or angular members	1.0 0.8 1.3
	Signs, flagpoles, lightpoles, minor structures <sup>9</sup>	1.4 any direction

For one story or the top story of multistory partially enclosed structures, an additional value of 0.5 shall be added to the outward  $C_p$ . The most critical combination shall be used for design. For definition of partially enclosed structures, see Section 1616.

$C_p$  values listed are for 10-square-foot (0.93 m<sup>2</sup>) tributary areas. For tributary areas of 100 square feet (9.29 m<sup>2</sup>), the value of 0.3 may be subtracted from  $C_p$ , except for areas at discontinuities with slopes less than 7 units vertical in 12 units horizontal (58.3% slope) where the value of 0.8 may be subtracted from  $C_p$ . Interpolation may be used for tributary areas between 10 and 100 square feet (0.93 m<sup>2</sup> and 9.29 m<sup>2</sup>). For tributary areas greater than 1,000 square feet (92.9 m<sup>2</sup>), use primary frame values.

For slopes greater than 12 units vertical in 12 units horizontal (100% slope), use wall element values.

Local pressures shall apply over a distance from the discontinuity of 10 feet (3048 mm) or 0.1 times the least width of the structure, whichever is smaller. Discontinuities at wall corners or roof ridges are defined as discontinuous breaks in the surface where the included interior angle measures 170 degrees or less. Load is to be applied on either side of discontinuity but not simultaneously on both sides.

Wind pressures shall be applied to the total normal projected area of all elements on one face. The forces shall be assumed to act parallel to the wind direction. Factors for cylindrical elements are two thirds of those for flat or angular elements.

barbento  
zotaven to

\* techo

## ANEXO 10

Tabla 1. Valores característicos de la junta

Los valores característicos de la junta corresponden al nivel actual de la técnica y se completan continuamente.

Clase de la junta	Forma de la junta	Denominación	Material	Valores característicos de la junta <sup>1)</sup>							
				para líquidos				para gases y vapores			
				Deformación previa		Condición de trabajo límite		Deformación previa		Condición de trabajo límite	
				$k_0$ mm	$k_0 \cdot K_D$ kp/mm <sup>2</sup>	$k_1$ mm	$V$	$k_0$ mm	$k_0 \cdot K_D$ kp/mm <sup>2</sup>	$k_1$ mm	$V$
Junta de material blando		Juntas planas según DIN 2690 a DIN 2692	Cartón de junta impregnado	-	$2b_D$	$b_D$	2	-	-	-	-
			Goma	-	$0,1b_D$	$0,5b_D$	40	-	$0,2b_D$	$0,5b_D$	20
			Teflon	-	$2b_D$	$1,1b_D$	2,5	-	$2,5b_D$	$1,1b_D$	2
			It	-	$1,5b_D$	$b_D$	30	-	$20 \sqrt{\frac{b_D}{h_D}}$	$1,3b_D$	6
Juntas de metal y material blando		Junta espiral de amianto	Acero sin alea	-	$1,5b_D$	$b_D$	6,5	-	$5b_D$	$1,3b_D$	2
		AL	-	$0,8b_D$	$0,6b_D$	7,5	-	$3b_D$	$0,6b_D$	2	
		Anillo de junta ondulado	Cu, Ms	-	$0,9b_D$	$0,6b_D$	7,5	-	$3,5b_D$	$0,7b_D$	2
			Acero suave	-	$b_D$	$0,6b_D$	7,5	-	$4,5b_D$	$1b_D$	2
		Junta revestida con chapa	AL	-	$b_D$	$b_D$	10	-	$5b_D$	$1,4b_D$	2
			Cu, Ms	-	$2b_D$	$b_D$	10	-	$6b_D$	$1,6b_D$	2
Juntas metálicas		Junta plana metálica según DIN 2694	-	$0,8b_D$	-	$b_D + 5$	$1,9^3$	$b_D$	-	$b_D + 5$	$1,5^3$
		Junta de arista de lanza metálica	-	$0,8$	-	5	3,8	1	-	5	3
		Junta de perfil oval metálica	-	1,6	-	6	2,5	2	-	6	2
		Junta redonda metálica	-	1,2	-	6	2,5	1,5	-	6	2
		Junta anular Joint	-	1,6	-	6	3,1	2	-	6	2,5
		Junta lenticular según DIN 2696	-	1,6	-	6	5	2	-	6	4
		Junta de perfil pectiniforme según DIN 2697 <small>Z = número de peines</small>	-	$0,4\sqrt{Z}$	-	$9+0,2 \cdot Z$	2,5	$0,5\sqrt{Z}$	-	$9+0,2 \cdot Z$	2
		Junta de membrana soldada según DIN 2695	-	0	-	0	-	0	-	0	-

- 1) Sirven para superficies de junta mecanizada, plana y sin desperfecto.
- 2) Siempre que no pueda indicarse  $K_D$ , figura aquí el producto de  $k_0 \cdot k_D$ .
- 3) No sirve para láminas.
- 4) Supuesta calidad hermética al gas.