



**“DISEÑO DE UN SISTEMA ALTERNATIVO DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA EN  
LA ZONA ECOTURISTICA CHACHIMBIRO”  
CHACHIMBIRO – IMBABURA**

**EDMUNDO MARCELO BORJA ROBALINO**

**TESIS DE GRADO**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO EN ECOTURISMO**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES  
ESCUELA DE INGENIERÍA EN ECOTURISMO**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2009**

## **CERTIFICACIÓN**

### **EL TRIBUNAL DE TESIS CERTIFICA QUE:**

El trabajo de investigación titulado: “**DISEÑO DE UN SISTEMA ALTERNATIVO DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA EN LA ZONA ECOTURÍSTICA CHACHIMBIRO**”, de responsabilidad del señor egresado: **Edmundo Marcelo Borja Robalino**, ha sido prolijamente revisado, quedando autorizada su presentación.

### **TRIBUNAL DE TESIS:**

**Ing. Alberto Latorre León.**

**DIRECTOR DE TESIS**

---

**Ing. Carlos Cajas Bermeo.**

**MIEMBRO DE TESIS**

---

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES  
ESCUELA DE INGENIERÍA EN ECOTURISMO**

**Riobamba, Septiembre del 2009**

## **AGRADECIMIENTO**

Mi profundo agradecimiento a Dios, por su divina ayuda en mi vida.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y su Facultad de Recursos Naturales, particularmente a la Escuela de Ecoturismo, en su nombre a Directivos, Profesores y Empleados por su constante apoyo en mi formación profesional.

A los directivos de la Fundación Cordillera y en su nombre al Señor Carlos Monge (+), Juan Carlos y Pablo Monge, actuales Directivos, así como al personal de empleados y apoyo de las Termas Ecoturísticas “Chachimbiro”, por permitir usar sus instalaciones y recursos físicos para la realización de la tesis.

Al Ing. Alberto Latorre León, director de Tesis y al Ing. Carlos Cajas Bermeo, Asesor de Tesis, por sus acertadas ideas en la orientación del presente trabajo de graduación.

Al Ing. Rodolfo Santillán Heredia, por su valiosa colaboración técnica para la realización del trabajo

A todos mis amigos que me han apoyado desinteresadamente en la realización del presente trabajo de tesis.

**EL AUTOR**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mis queridos padres: Marco y Martha, quienes han permitido mi profesionalización, a mi esposa Adriana, quien es mi compañera de sueños y realidades.

**Edmundo Marcelo Borja Robalino.**

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>I. DISEÑO DE UN SISTEMA ALTERNATIVO DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA EN LA ZONA ECOTURÍSTICA DE CHACHIMBIRO.....</b>	<b>5</b>
<b>II. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>5</b>
<b>A. JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>6</b>
1. Ambiental.....	6
2. Social.....	6
3. Técnico-económica.....	7
<b>B. OBJETIVOS.....</b>	<b>8</b>
1. General.....	8
2. Específicos.....	8
<b>C. HIPÓTESIS.....</b>	<b>9</b>
<b>III. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>10</b>
<b>A. ENERGIAS ALTERNATIVAS.....</b>	<b>10</b>
<b>B. ENERGÍA EÓLICA.....</b>	<b>12</b>
<b>C. ENERGÍA HIDRÁULICA.....</b>	<b>12</b>
<b>D. ENERGÍA SOLAR.....</b>	<b>13</b>
<b>E. ENERGÍA GEOTÉRMICA.....</b>	<b>13</b>
<b>F. IMPACTO Y RIESGO AMBIENTAL.....</b>	<b>14</b>
<b>G. EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES.....</b>	<b>15</b>
<b>H. MATRIZ DE LÁZARO LAGOS.....</b>	<b>16</b>
<b>I. COSTOS DE PRODUCCIÓN.....</b>	<b>16</b>
<b>IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>18</b>
<b>A. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR.....</b>	<b>18</b>
1. Localización.....	18
2. Ubicación Geográfica.....	18
3. Características climáticas.....	18
4. Formación ecológica.....	19

<b>B. MATERIALES Y EQUIPOS.....</b>	<b>19</b>
1. Materiales.....	19
2. Equipos.....	19
<b>C. METODOLOGÍA.....</b>	<b>19</b>
<b>V. RESULTADOS.....</b>	<b>23</b>
<b>A. PARA DEFINIR LA ALTERNATIVA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA</b>	
<b>LIMPIA PARA EL SECTOR DE CHACHIMBIRO.....</b>	<b>23</b>
1. Análisis de la alternativa energética.....	23
a. Energía Hidráulica.....	23
b. Energía Geotérmica.....	24
c. Energía Eólica.....	25
d. Energía Solar.....	26
e. Elección de alternativa energética.....	27
<b>B. PARA PROYECTAR EL SISTEMA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA</b>	
<b>ALTERNA.....</b>	<b>30</b>
1. Implementación del sistema eólico en Salinas-Imbabura.....	30
2. Demanda energética.....	31
a. Potencia eléctrica requerida.....	31
3. Recurso disponible.....	32
a. Densidad del viento.....	33
b. Velocidad del viento.....	33
4. Ubicación geográfica.....	34
5. Patrón del viento.....	34
a. Patrón estacional.....	34
b. Patrón diario.....	34
6. Evidencia ecológica.....	35
7. Prospección eólica preliminar en la victoria.....	35
a. Datos generales del sitio La Victoria.....	35
b. Ubicación geográfica del sitio La Victoria.....	36
c. Patrón estacional del viento del sitio La Victoria.....	37

d. Patrón diario del viento del sitio La Victoria.....	37
e. Cálculo del potencial del viento.....	39
8. Sitios de interés eólico.....	42
9. Selección de equipos y sistemas.....	45
<b>C. PARA ELABORAR EL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.....</b>	<b>46</b>
1. Línea base.....	46
a. Paisaje.....	46
b. Hábitat.....	46
c. Suelo.....	47
d. Flora.....	47
e. Fauna.....	48
f. Aspectos socio económicos.....	48
2. Valoración cualitativa del impacto ambiental.....	49
a. Análisis general.....	49
b. Descripción general del entorno.....	51
c. Efectos del proyecto sobre el medio.....	52
3. Matriz de impacto ambiental.....	54
a. Identificación de opciones que podrían causar impactos.....	54
b. Identificación de factores ambientales.....	56
c. Construcción de la matriz.....	57
d. Medidas de mitigación.....	60
<b>D. ESTABLECER COSTOS DE PRODUCCIÓN.....</b>	<b>62</b>
1. Estudio Económico.....	62
2. Evolución de costos de generación eólica.....	63
3. Costos actuales de generación eólica.....	65
4. Desglose de costos.....	65
5. Estudio de costos de generación eólica en Ecuador.....	66
a. Características físicas del equipo.....	66
6. Inversión.....	68
<b>VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>69</b>

<b>A. CONCLUSIONES.....</b>	<b>69</b>
<b>B. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>71</b>
<b>VII. RESUMEN.....</b>	<b>72</b>
<b>VIII. SUMMARY.....</b>	<b>73</b>
<b>IX. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>74</b>
<b>X. ANEXOS.....</b>	<b>76</b>

## LISTA DE FOTOGRAFÍAS

<b>Nº</b>	<b>Descripción</b>	<b>Páginas</b>
1	Sitio La Victoria.....	36
2	Tipos de acceso a La Victoria.....	37
3	Evidencia ecológica en Salinas Imbabura.....	38
4	Estación meteorológica Móvil.....	39
5	Vista panorámica del complejo ecoturístico termas Chachimbiro.....	51
6	Ingreso del Complejo Ecoturístico.....	85
7	Complejo ecoturístico termas Chachimbiro.....	85
8	Piscina de adultos.....	86
9	Piscina de niños.....	86
10	SPA.....	87
11	Salón de convenciones.....	87
12	Toboganes.....	88
13	Área de picnic.....	88
14	Cabañas de alojamiento.....	89
15	Servicio de restaurant.....	89
16	Salón de juegos.....	90
17	Chiva.....	90
18	Senderos ecoturísticos.....	91
19	Jardinería del complejo.....	91
20	Comunidad de Azaya.....	92
21	Comunidad de Chiriyacu.....	92
22	Comunidad de San Francisco.....	93
23	Comunidad de Ajumbuela.....	93
24	Comunidad Cruz Tola.....	94
25	Comunidad de Piñán.....	94
26	Cantón Urcuquí.....	95
27	Parroquia Salinas.....	95
28	Comunidad La Victoria.....	96

29	Lugar escogido para el parque eólico.....	96
30	Medición del viento a ras del piso.....	97
31	Torre de medición de viento a 10 metros de altura.....	97

**LISTA DE FIGURAS**

<b>N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>Páginas</b>
1	Ubicación de Termas Chachimbiro.....	18
2	Pirámide de inagotabilidad de las fuentes de energía.....	27
3	Comparación costos energía.....	64

## LISTA DE TABLAS

<b>N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>Páginas</b>
1	Tipo de central vs costos de electricidad.....	28
2	Costos ambientales en función del tipo de generación.....	29
3	Energía requerida del proyecto.....	31
4	Aprovechamiento del potencial eólico.....	44
5	Características técnicas del parque eólico.....	45
6	Características técnicas de la turbina.....	45
7	Flora del lugar.....	47
8	Fauna del lugar.....	48
9	Matriz de evaluación de impactos de la zona de influencia.....	58
10	Matriz de cuantificación de impactos de la zona de influencia.....	59
11	Costo específico de energía.....	64
12	Desglose de costos de energía eólica.....	65
13	Desglose de costos de energía eólica en Ecuador.....	67

**LISTA DE ANEXOS**

<b>N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>Páginas</b>
1	Consumo mensual de energía de termas Chachimbiro.....	76
2	Pliego tarifario de Ecuador y costos de energía en Latinoamérica.....	77
3	Consumo energético de familias dela localidad.....	78
4	Carta topográfica del lugar.....	79
5	Sistema Nacional Interconectado (S.N.I.).....	80
6	Escala de viento de Beaufort.....	81
7	Información estadística del viento en el lugar.....	82
8	Aerogenerador MM 82 REPOWER SYSTEM.....	83,84
9	Fotografías del lugar.....	85,97

## **I. DISEÑO DE UN SISTEMA ALTERNATIVO DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA EN LA ZONA ECOTURÍSTICA CHACHIMBIRO**

### **II. INTRODUCCIÓN**

La energía en todos los tiempos ha sido el eje donde gira el desarrollo de la civilización, es por esta razón, que desde los albores de la humanidad el hombre se propuso ocupar variadas formas de energías para satisfacer sus necesidades elementales.

Entre las principales fuentes energéticas utilizadas a lo largo de la historia, se tienen las energías naturales, conocidas también como renovables, alternativas, no perecibles y entre estas se anotan: la solar, eólica, hidráulica, biomasas, entre otras, que sirvieron a nuestros antepasados en sus necesidades energéticas básicas y hasta la presente fecha estas fuentes de energía se consideran en el balance energético mundial como alternativas de solución para protección del medio ambiente.

El viento ha constituido en todas las épocas una fuente energética natural irremplazable para la humanidad, porque gracias al aire en movimiento, se puede tener aplicaciones energéticas variadas como: aerogeneración, aerobombeo, deportes aéreos, navegación marítima y fluvial, etc., que son aplicaciones que a diario se utilizan tanto en los sectores rurales como urbanos esencialmente.

En el último año, el mundo se ha visto convulsionado con el incremento excesivo del costo de los energéticos y Ecuador consecuentemente sufre las consecuencias de la elevación de los mismos, pues, si bien el país exporta materia prima (petróleo) debe también ubicar en el presupuesto nacional importantes cantidades de recursos económicos para la importación de derivados del petróleo, particularmente, naftas de alto octanaje (40%), diesel Premium y No. 2 (46%) y gas licuado de petróleo (80%, que representan en divisas sobre los \$

2.000.000.000/año, con el consecuente desbalance económico nacional, pues estos recursos son subsidiados por el Estado.

La tendencia actual en el turismo en Ecuador es el ecoturismo, es así como las diferentes empresas turísticas, anuncian paquetes que incluyen servicios ecológicos para el visitante, tales como: camping, turismo comunitario, deportes extremos, que requieren de energía y en estos lugares alejados del sistema nacional interconectado, no existe energía convencional disponible, por lo que se requiere dar alternativas energéticas al turismo.

## **A. JUSTIFICACIÓN**

El proyecto que se plantea está relacionado al aprovechamiento del recurso natural y renovable (**viento**), para dar alternabilidad energética al complejo ecoturístico Chachimbiro y sus siete (7) comunidades que participan del mismo.

Se justifica desde los siguientes puntos de vista:

### **1. Ambiental:**

Desde el punto de vista ambiental, se requiere dotar de energía limpia a la zona eco turística Chachimbiro, pues, tanto la energía hidráulica (agua), como la térmica (combustión), que abastecen al país en la actualidad, alteran el entorno ecológico de la zona, por la acumulación de sedimentos y cambios de vegetación de las zonas aledañas a las centrales hidroeléctricas, como por la polución ambiental, que generan los gases de la combustión de las centrales térmicas, el viento es un fluido puro del cual nos servimos para la respiración animal y vegetal y no va a cambiar su estructura molecular como tampoco afectará al ambiente, coadyuvando al mantenimiento y mejoramiento del paisaje propio del lugar, tratando de causar el mínimo impacto visual del mismo.

### **2. Social:**

Cuando una zona y sus habitantes poseen energía, estos pueden desarrollarse convenientemente en sus diversas actividades, pues la energía sirve para implementar fuentes de trabajo tanto industriales, como manufactura, incluida la actividad turística, que es la principal fuente de ingresos y desarrollo de la zona y sus comunidades adyacentes, particularmente para las 350 familias que conforman el conglomerado humano de la región.

Es de mencionar que el Complejo ecoturístico de Chachimbiro, es el mayor centro turístico de la provincia de Imbabura, acoge a ciento veinte trabajadores (120), que pertenecen a las comunidades antes mencionadas como trabajadores de la Fundación Cordillera que administra el complejo.

### **3. Técnico y económico:**

El Ecuador para satisfacer su demanda energética utilizada en los diferentes sectores, sustenta su generación mediante la transformación del recurso hídrico (hidráulica) y la combustión de petróleo y sus derivados (térmica), en función de las diferentes plantas de transformación de energía instaladas, que permiten la energía disponible y facturada del Ecuador.

El complejo ecoturístico de Chachimbiro debido a su envergadura, requiere de utilización continua de energía, la misma que es provista por el sistema Nacional Interconectado y particularmente de la Empresa Eléctrica del Norte (EMELNORTE), que provee a la Fundación el fluido eléctrico a costos actuales y que mensualmente se factura energía por alrededor de quinientos treinta dólares/mes. (ANEXO 1)

Por lo que técnica y económicamente se justifica la implementación de proyectos energéticos alternos y sobre todo con fuentes energéticas renovables que disminuirían el costo de la energía que al momento se encuentra entre los más altos de Latinoamérica (12 cUSD/Kw-h).(ANEXO 2). Por estas razones: ambientales, sociales, técnicas y económicas está debidamente justificado el proyecto que se plantea.

## **B. OBJETIVOS**

### **1. General**

Diseñar un sistema alternativo de producción de energía en la zona ecoturística Chachimbiro.

### **2. Específicos**

- Definir la alternativa de generación eléctrica en forma limpia para el sector de Chachimbiro.
- Proyectar el sistema de generación eléctrica.
- Elaborar el estudio de impacto ambiental del sistema de generación eléctrica propuesto.
- Analizar los costos de generación eléctrica alterna.

### **C. HIPÓTESIS**

El complejo ecoturístico termas de Chachimbiro puede utilizar para sus necesidades, energía renovable.

### III. REVISIÓN DE LITERATURA

#### A. ENERGÍA ALTERNATIVA

La energía alternativa, o más precisamente fuente de energía alternativa es aquella que puede suplir a las energías o fuentes energéticas actuales, ya sea por su menor efecto contaminante, o fundamentalmente por su posibilidad de renovación.

El consumo de energía es uno de los grandes medidores del progreso y bienestar de una sociedad. El concepto de "crisis energética" aparece cuando las fuentes de energía de las que se abastece la sociedad se agotan. Un modelo económico como el actual, cuyo funcionamiento depende de un continuo crecimiento, exige también una demanda igualmente creciente de energía. Puesto que las fuentes de energía fósil y nuclear son finitas, es inevitable que en un determinado momento la demanda no pueda ser abastecida y todo el sistema colapse, salvo que se descubran y desarrollen otros nuevos métodos para obtener dicha energía. Estas son las energías alternativas. (Wikipedia, 2007).

En la actualidad se siguen buscando soluciones para resolver esta crisis inminente. Las energías renovables en las que se trabaja actualmente son:

La **energía eólica** que es la energía cinética o de movimiento que contiene el viento, y que se capta por medio de aerogeneradores o turbinas de viento, generalmente utilizada en aerobombeo y aerogeneración (electricidad).

La **energía hidráulica**, consistente en la captación de la energía potencial de los saltos de agua, y que se realiza en centrales hidroeléctricas que generan electricidad o movimiento de ruedas hidráulicas.

La **energía solar**, proveniente de los rayos solares que llegan desde el sol a la tierra, y es recolectada de forma directa en colectores solares para calentamiento de agua, aire y producción de electricidad (energía fotovoltaica), entre sus usos más comunes.

La **energía geotérmica**, producida al aprovechar el calor del subsuelo en las zonas donde ello es posible generalmente en zonas aledañas a mantos geotermales, cuyos usos dependen de la cantidad de calor que acompaña al flujo de vapor.

La **energía de biomasa**, se obtiene por descomposición aeróbica (combustión, pirolisis) o anaeróbica por descomposición de residuos orgánicos, obteniéndose calor en el primer caso o gas metano en el segundo (gas metano).

La discusión energía alternativa/convencional, no es una mera clasificación de las fuentes de energía, sino que representa un cambio que necesariamente tendrá que producirse durante este siglo. Es importante reseñar que las energías alternativas, aun siendo renovables, también son finitas en lapsos grandes de tiempo y como cualquier otro recurso natural tendrán un límite máximo de explotación, por tanto incluso aunque podamos realizar la transición a estas nuevas energías de forma suave y gradual, tampoco van a permitir continuar con este modelo económico basado en el crecimiento perpetuo. Es por ello por lo que surge el concepto del Desarrollo Sostenible. (Wikipedia, 2007)

Dicho modelo se basa en las siguientes premisas:

1. El uso de fuentes de energía renovable, ya que las fuentes fósiles actualmente explotadas terminarán agotándose, según los pronósticos actuales, en el transcurso de este siglo XXI.
2. El uso de fuentes limpias, abandonando los procesos de combustión convencionales y la fisión nuclear.

3. La explotación extensiva de las fuentes de energía, proponiéndose como alternativa el fomento del auto consumo, que evite en la medida de lo posible la construcción de grandes infraestructuras de generación y distribución de energía eléctrica.
4. La disminución de la demanda energética, mediante la mejora del rendimiento de los dispositivos eléctricos (electrodomésticos, lámparas, etc.)
5. Reducir o eliminar el consumo energético innecesario. No se trata sólo de consumir más eficientemente, sino de consumir menos, es decir, desarrollar una conciencia y una cultura del ahorro energético y condena del despilfarro.
6. La producción de energías limpias, alternativas y renovables no es por tanto una cultura o un intento de mejorar el medio ambiente, sino una necesidad a la que el ser humano se va a ver abocado, independientemente de nuestra opinión, gustos o creencias. (Wikipedia, 2007)

## **B. ENERGÍA EÓLICA**

La energía eólica es la energía producida por el viento. La primera utilización de la capacidad energética del viento la constituye la navegación a vela. En ella, la fuerza del viento se utiliza para impulsar un barco. Barcos con velas aparecían ya en los grabados egipcios más antiguos (3000 a.C.). Los egipcios, los fenicios y más tarde los romanos tenían que utilizar también los remos para contrarrestar una característica esencial de la energía eólica, su discontinuidad. Efectivamente, el viento cambia de intensidad y de dirección de manera impredecible, por lo que había que utilizar los remos en los periodos de calma o cuando no soplaba en la dirección deseada. Hoy, en los parques eólicos, se utilizan los acumuladores para producir electricidad durante un tiempo, cuando el viento no sopla. (GARCÍA Cristina.- HERNÁNDEZ Isabel, 2004)

Otra característica de la energía producida por el viento es su infinita disponibilidad en función lineal a la superficie expuesta a su incidencia. En los barcos, a mayor superficie de captación, mayor velocidad. En los parques eólicos, cuantos más molinos haya, más potencia en bornes de la central. En los veleros, el aumento de superficie de las velas tiene limitaciones

mecánicas (se rompe el mástil o vuelca el barco). En los parques eólicos las únicas limitaciones al aumento del número de molinos son las urbanísticas. (GARCÍA Cristina.- HERNÁNDEZ Isabel, 2004)

### **C. ENERGÍA HIDRÁULICA**

La energía hidráulica que se obtiene de la caída del agua desde cierta altura a un nivel inferior lo que provoca el movimiento de ruedas hidráulicas o turbinas. La hidroelectricidad es un recurso natural disponible en las zonas que presentan suficiente cantidad de agua. Su desarrollo requiere construir pantanos, presas, canales de derivación, y la instalación de grandes turbinas y equipamiento para generar electricidad. Todo ello implica la inversión de grandes sumas de dinero, por lo que no resulta competitiva en regiones donde el carbón o el petróleo son baratos, aunque el coste de mantenimiento de una central térmica, debido al combustible, sea más caro que el de una central hidroeléctrica. Sin embargo, el peso de las consideraciones medioambientales centra la atención en estas fuentes de energía renovables. (GARCÍA Cristina.- HERNÁNDEZ Isabel, 2004)

### **D. ENERGÍA SOLAR**

La energía solar es la energía obtenida directamente del Sol. La radiación solar incidente en la Tierra puede aprovecharse, por su capacidad para calentar, o directamente, a través del aprovechamiento de la radiación en dispositivos ópticos o de otro tipo. Es un tipo de energía renovable y limpia, lo que se conoce como energía verde.

La potencia de la radiación varía según el momento del día, las condiciones atmosféricas que la amortiguan y la latitud. Se puede asumir que en buenas condiciones de irradiación el valor es de aproximadamente  $1000 \text{ W/m}^2$  en la superficie terrestre. A esta potencia se la conoce como irradiancia. (GARCÍA Cristina.- HERNÁNDEZ Isabel, 2004)

La radiación es aprovechable en sus componentes directa y difusa, o en la suma de ambas. La radiación directa es la que llega directamente del foco solar, sin reflexiones o refracciones intermedias. La difusa es la emitida por la bóveda celeste diurna gracias a los múltiples fenómenos de reflexión y refracción solar en la atmósfera, en las nubes y el resto de elementos atmosféricos y terrestres. La radiación directa puede reflejarse y concentrarse para su utilización, mientras que no es posible concentrar la luz difusa que proviene de todas las direcciones.

La irradiancia directa normal (o perpendicular a los rayos solares) fuera de la atmósfera, recibe el nombre de constante solar y tiene un valor medio de  $1354 \text{ W/m}^2$  (que corresponde a un valor máximo en el perihelio de  $1395 \text{ W/m}^2$  y un valor mínimo en el afelio de  $1308 \text{ W/m}^2$ ). (GARCÍA Cristina.- HERNÁNDEZ Isabel, 2004)

#### **E. ENERGÍA GEOTÉRMICA**

La energía geotérmica se obtiene aprovechando el calor que emana de la profundidad de la Tierra. La energía geotérmica se produce cuando el vapor de los yacimientos es conducido por tuberías. Al centrifugarse se obtiene una mezcla de agua y vapor seco, el cual es utilizado para activar turbinas que generan electricidad. En términos estrictos no es una energía renovable, pero se le considera como tal debido a que existe en tan grandes cantidades que el ser humano no verá su fin y con un mínimo de cuidados es una energía limpia. (GARCÍA Cristina.- HERNÁNDEZ Isabel, 2004)

#### **F. IMPACTO Y RIESGOS AMBIENTALES**

Se entiende por medio: al espacio donde vive o se desarrolla un organismo y por ambiente: al fluido que rodea al organismo, por lo que es preferible utilizar el vocablo ambiente en lugar de medio ambiente.

Por impacto ambiental, se entiende al efecto causado por acciones del hombre sobre el ambiente, y estos pueden ser favorables o desfavorables, otros dicen que siempre los impactos son negativos y normalmente el término impacto ambiental está relacionado con este sentido negativo.

El impacto ambiental puede ser tratado como un cambio estructural y funcional de los factores ambientales a través del tiempo originado por intervenciones humanas, y entre estos se puede tener los siguientes tipos de impacto:

- Primarios.- que se relaciona con efectos en el ambiente biofísico o socioeconómico derivados de un proyecto
- Secundarios.- Es un efecto inducido que se desprenden de acciones secundarias
- A corto plazo.- Relacionado con tiempos cortos
- A largo plazo.- Relacionado con lapsos distantes
- Acumulativos.- Efectos que se suman con el tiempo.
- Inevitables.- Los efectos no pueden evitarse
- Irreversibles.- Los que no pueden amortiguarse o recuperarse.
- Residuales.- Cuyos efectos persisten en el ambiente
- Reversibles.- Que son recuperables con un tratamiento.

El riesgo ambiental, tiene sus orígenes en el estudio de los efectos de los contaminantes en la salud humana y aquí se deriva el análisis del riesgo ambiental como una preocupación por determinar los efectos negativos que se producen en la salud derivados de la exposición a distintas sustancias tóxicas.

El riesgo, se define como la probabilidad de que una consecuencia adversa suceda y esta puede ser al ecosistema o a la salud humana.

En consecuencia es importante analizar el riesgo ambiental mediante teorías formuladas que predicen los mismos. (SANTILLÁN Rodolfo, 2005).

## **G. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL**

La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) es un proceso empleado para predecir las consecuencias ambientales de una propuesta, la implantación de políticas y programas o la puesta en marcha de proyectos de desarrollo.

La Evaluación de Impacto Ambiental se ha aplicado sobre todo a proyectos individuales y ha dado lugar a la aparición de diversas técnicas nuevas, como los estudios de impacto sanitario y los de impacto social.

Una Evaluación de Impacto Ambiental suele comprender una serie de pasos:

- Un examen previo, para decidir si un proyecto requiere un estudio de impacto y hasta qué nivel de detalle;
- Un estudio preliminar, que sirve para identificar los impactos clave y su magnitud, significado e importancia;
- Una determinación de su alcance, para garantizar que la EIA se centre en cuestiones clave y determinar dónde es necesaria una información más detallada;
- El estudio en sí, consistente en meticulosas investigaciones para predecir y/o evaluar el impacto, y la propuesta de medidas preventivas, protectoras y correctoras necesarias para eliminar o disminuir los efectos de la actividad en cuestión.

El proceso suele implicar la contraposición de opciones, la propuesta de medidas paliativas, la preparación de un informe y el subsiguiente seguimiento y evaluación. Una vez finalizado un proyecto se realiza a veces un examen a posteriori, o auditoría sobre el terreno, para determinar hasta qué punto las predicciones de la EIA se ajustan a la realidad; es el seguimiento o control ambiental de las obras. (SANTILLÁN Rodolfo, 2005).

## **H. MATRIZ DE LÁZARO LAGOS.**

La Matriz de Lázaro Lagos para la evaluación de impactos ambientales se obtuvo a partir de las matrices de Leopold y Batelle-Columbus, todo gracias al ingenio del científico cubano Lázaro Lagos que modificó las mencionadas matrices para transformarse en un método fácil, rápido y sencillo que permite al investigador generar información precisa.

La matriz está determinada en primera instancia por los componentes ambientales que están siendo afectados o estudiados como: agua, Aire, suelo, flora y fauna, entre otros. Así como también las actividades que se realizan en proyecto, para posteriormente desembocar en los impactos generados. Para la evaluación de las componentes mencionadas se han determinado nueve criterios de evaluación. (CABALLERO Verónica, 2006)

## **I. COSTOS DE PRODUCCIÓN**

Los costos de producción (también llamados costos de operación) son los gastos necesarios para mantener un proyecto, línea de procesamiento o un equipo en funcionamiento. En una compañía estándar, la diferencia entre el ingreso (por ventas y otras entradas) y el costo de producción indica el beneficio bruto.

Esto significa que el destino económico de una empresa está asociado con: el ingreso (por ej., los bienes vendidos en el mercado y el precio obtenido) y el costo de producción de los bienes vendidos. Mientras que el ingreso, particularmente el ingreso por ventas, está asociado al sector de comercialización de la empresa, el costo de producción está estrechamente relacionado con el sector tecnológico; en consecuencia, es esencial que el técnico conozca de costos de producción.

El costo de producción tiene dos características opuestas, que algunas veces no están bien entendidas en los países en vías de desarrollo. La primera es que para producir bienes uno debe gastar; esto significa generar un costo. La segunda característica es que los costos

deberían ser mantenidos tan bajos como sea posible y eliminados los innecesarios. Esto no significa el corte o la eliminación de los costos indiscriminadamente.

Los costos de producción pueden dividirse en dos grandes categorías: Costos Directos o Variables, que son proporcionales a la producción, como materia prima, y los Costos Indirectos, también llamados Fijos que son independientes de la producción, como los impuestos que paga el edificio. Algunos costos no son ni fijos ni directamente proporcionales a la producción y se conocen a veces como semi variables. (MOCHON, F. 2003)

#### IV. MATERIALES Y MÉTODOS

##### A. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR

##### 1. Localización

La localidad de Chachimbiro, se encuentra ubicada al noroccidente de las ciudades de Otavalo e Ibarra a 50 minutos de las mismas (45 Km aproximadamente), en la parroquia Tumbabiro, del Cantón Urcuquí, perteneciente a la Provincia de Imbabura, en la región norte del Ecuador. (Ordoñez, M. 2000.)



Fig.1: Ubicación de Chachimbiro

##### 2. Ubicación geográfica

- Longitud: 78° 18' 43" (W)
- Latitud: 0° 46' 44" (N)
- Altitud: 2400 y 3100 m.s.n.m. (Ordoñez, M. 2000.)

##### 3. Características climáticas

- Precipitación: 1000 mm anuales
- Temperatura: 20 °C – 22 °C

- Clima: Cálido seco (Ordoñez, M. 2000.)

### **Formación Ecológica**

Estepa espinosa montañosa y corresponde al denominado valle seco interandino. (Ordoñez, M. 2000.)

## **B. MATERIALES Y EQUIPOS**

### **1. Materiales**

Resmas de papel bond, lapiceros, esferos, libreta de campo, cds, tinta de impresora.

### **2. Equipos**

Computadora, impresora, cámara digital, memory flash, GPS, Estación meteorológica portátil integrada, anemómetro, software.

## **C. METODOLOGÍA**

La metodología que se llevo a cabo para ejecutar cada uno de los objetivos que se han planteado, fue usando técnicas de investigación primaria y secundaria a un nivel exploratorio, descriptivo, analítico y prospectivo.

### **1. Primer objetivo: Definir la alternativa de generación eléctrica en forma limpia para el sector de Chachimbiro,**

Se efectuó secuencialmente el estudio de las fuentes alternas de energía disponibles en la zona de influencia al complejo ecoturístico, esto es las fuentes solar, eólica, hídrica, geotermal; además se analizó las ventajas y desventajas de tipo económico, técnico y ambiental de cada

una de ellas, se procedió a la selección técnico en función de la disponibilidad de recurso energético existente en la zona, económica, basado en los costos de los equipos y ambiental, en base a los niveles de contaminación producidos en el desarrollo de cada fuente de energía.

**2. Segundo objetivo: Proyectar el Sistema de Generación alterna.**

Se realizó la prospección preliminar de sitios de interés energético en base a determinar la situación geográfica de los lugares escogidos, su patrón estacional y evidencia ecológica, se midió la disponibilidad del recurso energético alterno con instrumental específico (anemómetros, vertederos y solarímetros), se procedió a determinar el potencial energético disponible en la zona de interés, se realizó el estudio de factibilidad de implementación del proyecto energético tomando en consideración la demanda energética del complejo ecoturístico y de las necesidades de las comunidades beneficiarias, se estudió y seleccionó los equipos de generación, en función de la disponibilidad de mercado y su capacidad.

**3. Tercer objetivo: Elaborar el estudio de Impacto Ambiental del sistema de generación eléctrica propuesto**

Mediante la técnica de Lázaro Lagos se determinó el nivel de impacto ambiental ocasionado por la implementación de la fuente alterna de energía para el complejo ecoturístico, analizando, las variables: suelo, agua, aire, flora, fauna, otros, siendo los parámetros para la evaluación:

**a. Naturaleza.** Dependiendo si el impacto es positivo se marcará con un signo (+) o de lo contrario de ser negativo se marcará con (-)

**b. Magnitud.** La magnitud se determina a través de tres rangos:

- 1 Baja intensidad
- 2 Moderada intensidad

3 Alta intensidad.

**c. Importancia.** Se determina a través de cuatro rangos de evaluación:

0 Sin importancia

1 Menor importancia

2 Moderada importancia

3 Importante importancia

**d. Certeza.** Se determina a través de tres rangos definidos con letras:

C Si el impacto ocurrirá con una probabilidad del 75%

D Si el impacto ocurrirá con una probabilidad de entre 50 a 75%

I Si se requiere de estudios específicas para evaluar la certeza del impacto.

**e. Tipo.** Se define a través de:

(Pr) Primario. Si el impacto es consecuencia directa de la implementación del proyecto

(Sc) Secundario. Si el impacto es consecuencia indirecta de la implementación del proyecto

(Ac) Acumulativo. Si el impacto es consecuencia de impactos individuales repetitivos.

**f. Reversibilidad.** Puede ser de dos tipos:

1 Reversible. Si el impacto es transformable por mecanismos naturales

2 Irreversible. Si el impacto no es transformable por mecanismos naturales

**g. Duración.** Se determina a través del tiempo en:

1 A corto plazo. Si el impacto permanece menos de 1 año

2 A mediano plazo. Si el impacto permanece entre de 1 a 10 años

3 A largo plazo. Si el impacto permanece más de 10 años

**h. Tiempo en aparecer.** Determinado también por el tiempo se clasifica en:

- C Corto plazo. Si el impacto aparece inmediatamente o dentro de los primeros seis meses posteriores a la implementación del proyecto.
- M Mediano plazo. Si el impacto aparece entre 9 meses a 5 años después de la implementación del proyecto.
- L Largo plazo. Si el impacto aparece en 5 años o más a la implementación del proyecto.

**i. Considerado en el proyecto.** Se define por las alternativas:

- S Si. Si el impacto fue considerado en el proyecto
- N No. Si el impacto no fue considerado en el proyecto

Posteriormente se debe determinar el sistema de mitigación más adecuado dependiendo del estado de conservación y del medio ambiente en general

#### **4. Cuarto Objetivo: Analizar los Costos de Producción de generación eléctrica alterna**

Para establecer los costos de producción de la energía alterna para el Complejo ecoturístico se estudiaron los costos directos e indirectos, que ocasionaren la implementación del sistema alterno, se determinaron costos y rentabilidad del proyecto para concluir con los indicadores económicos.

## V. RESULTADOS

### A. PARA DEFINIR LA ALTERNATIVA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA LIMPIA PARA EL SECTOR DE CHACHIMBIRO.

Se efectuó secuencialmente el estudio de las fuentes alternas de energía disponibles en la zona de influencia al complejo ecoturístico, esto es las fuentes solar, eólica, hídrica, geotermal; además se analizaron las ventajas y desventajas de tipo económico, técnico y ambiental de cada una de ellas, se procedió a la selección técnica en función de la disponibilidad de recursos energéticos existentes en la zona, económica, basado en los costos de los equipos y ambiental, en base a los niveles de contaminación producidos en el desarrollo de cada fuente de energía.

#### 1. Análisis de alternativas energéticas

##### a. **Energía Hidráulica:**

En la zona de influencia existe un interesante caudal de agua que puede ser utilizado en generación hidroeléctrica, ubicado en las proximidades del complejo turístico Chachimbiro, (RIOFRÍO J. 2008)

#### 1. Datos técnicos

- Caudal disponible:  $0.3 \text{ m}^3 / \text{seg.}$
- Altura neta: 180 metros
- Potencia a generar: 75 Kw
- Tipo de central: A derivación, micro central hidroeléctrica

## **2. Ventajas**

- Recurso energético renovable disponible (agua)
- Tecnología al alcance del país (equipos)
- Costos accesibles al medio (1200 a 1500 US\$/KW instalado)
- Facilidad de interconexión eléctrica (Sistema Nacional Interconectado)

## **3. Desventajas**

- Contaminación del suelo por sedimentos
- Privación de agua para uso doméstico y agrícola en la zona de influencia
- Tiempo de instalación de la Pequeña Central Hidroeléctrica (más de 2 años)

### **b. Energía Geotérmica:**

Toda vez que el complejo turístico Chachimbiro sustenta su energía para sus fines termales con recurso renovable de mediana entalpía (entre 30 y 70 °C) producto de la emanación de las fuentes geotermales, propias del lugar, se debería proceder a una prospección geotermal técnica a fin de determinar el potencial geotermal presente en la zona con fines de generación de electricidad para lo que se sugiere realizar los siguientes estudios y análisis técnicos:

- Detección de anomalías geotérmicas (fracturas geológicas)
- Clasificación de la geotermia (entalpía)
- Prospección geotermal (incluye estudios)
- Estudios geológicos (fracturas del suelo)
- Estudios geofísicos (temperatura, granulometría, magnetometría, densidad)
- Estudios geoquímicos (compuestos químicos)

- Índices geotermiales (fumarolas, geiseres, agua, vapor)
- Sondeos mecánicos(exploración de pozos)
- Explotación de yacimientos geotermiales.

### 1. Ventajas

- Recurso energético renovable disponible (geotermia)
- Tecnología al alcance del país (equipos)
- Costos accesibles al medio (1000 a 1200 US\$/KW instalado)
- Facilidad de interconexión eléctrica (Sistema Nacional Interconectado)

### 2. Desventajas

- Contaminación del suelo por sedimentos de azufre.
- Oxidación y corrosión de tuberías, instalaciones y equipos.
- Tiempo de prospección largo (más de 2 años).
- Desconocimiento del verdadero potencial geotermal (en ejecución)

### c. **Energía Eólica:**

El recurso viento es importante en esta zona por lo que para la proyección del sistema eólico se requiere conocer:

- **Potencia eléctrica requerida**

Es la energía requerida en un determinado tiempo (W), que presenta un sitio de interés, para lo que se efectúa la sumatoria de todas las energías requeridas por los consumidores, en función del uso de la energía.

- **Disponibilidad de energía**

Es la energía que proporciona el viento en el sitio de interés, dependiendo de la densidad del aire, de la velocidad del viento por lo que estas variables deben ser cuantificadas con la mayor exactitud.

**1. Ventajas**

- Recurso energético renovable disponible (viento)
- Tecnología al alcance del país (equipos eólicos)
- Costos accesibles al medio(1000 a 1300 US\$/KW instalado)
- Facilidad de interconexión eléctrica (Sistema Nacional Interconectado)
- Generación a mediana y gran escala
- Energía no contaminante
- Amortización de capitales en tiempos cortos
- Impacto visual para el turismo

**2. Desventajas**

- Inversión elevada al inicio del proyecto
- Aleatoriedad del viento
- Dependencia tecnológica

**d. Energía Solar:**

El Ecuador mantiene gran potencial solar a lo largo de su geografía por su aventajada posición geográfica (centro geográfico de la tierra), por lo que es posible implementar proyectos de generación eléctrica del tipo fotovoltaico.

**1. Ventajas**

- Recurso energético renovable disponible (sol)
- Gran potencial solar
- Tecnología al alcance del país (equipos fotovoltaicos)
- Energía no contaminante

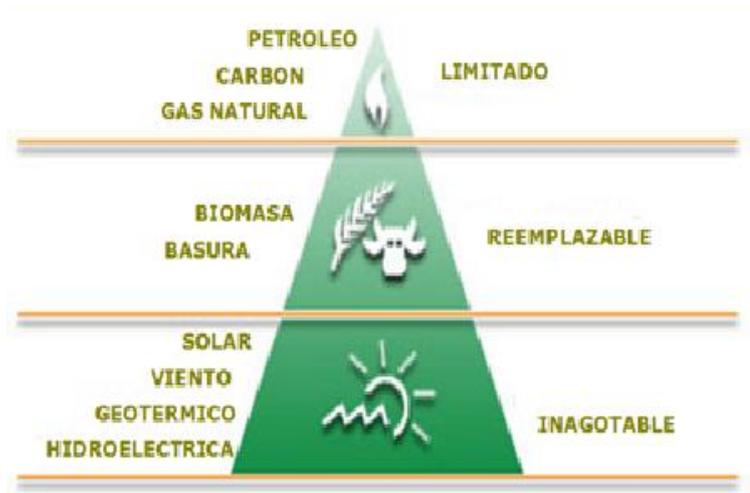
**2. Desventajas**

- Costos elevados de generación ( mas de 5000 US\$/KW instalado)
- Generación a pequeña escala
- Inversión elevada al inicio del proyecto
- Dependencia tecnológica

**e. Elección de la alternativa energética**

Una vez analizadas las ventajas y desventajas de las fuentes renovables de energía se concluye, que todas mantienen las características fundamentales de los recursos naturales no perecibles por lo que cualquiera de ellas podría ser tomada como alternativa energética para el complejo ecoturístico Chachimbiro.

La elección de la alternativa se efectúa en base a los criterios técnicos, económicos, ambientales que se demuestran en los cuadros a continuación: (SÁNCHEZ S, 2008)



**Fig.2 Pirámide de inagotabilidad de las fuentes de energía**

Como se puede observar en la figura 2, las energías solar, eólica, geotérmica e hídrica tienen un carácter particular: su inagotabilidad, abundancia, descentralización y no contaminante que les permiten ser tomadas como alternativa energética ecológica.

**TABLA 1: TIPO DE CENTRAL VS COSTO DE LA ELECTRICIDAD**

<b>TIPO DE CENTRAL</b>	<b>COSTO (¢us/kwh)</b>
Eólica	5-22
Carbón	3-11
Nuclear	4-18
Fuel Oil	4-14
Gas Natural	2-10
Hidráulica	3-20
Biomasa	6-14
Fotovoltaica	10-37

Fuente: The Environmental Costs of Electricity, Pace University Center for Environmental Legal Studies, New York.2008.

De la tabla No.1, se puede concluir que las energías eólica e hidráulica tienen un costo de generación similar que varía entre los 3 y 22(¢US/kwh), siendo el factor determinante para la implementación del proyecto, mas, existe oposición de los moradores de las comunidades aledañas a la utilización del recurso agua para el proyecto, por lo que la alternativa viable técnica y económica es el viento.

**TABLA 2: COSTOS AMBIENTALES EN FUNCIÓN DE TIPO DE GENERACIÓN**

<b>Tipo de Recurso</b>	<b>Costo Ambiental US\$/Kwh</b>
<b>Carbón</b>	
Térmica a vapor	0,058
Térmica a gas	0,025
Térmica con comb. sólido	0,028
<b>Petróleo, 0,5% Azufre</b>	0,027
<b>Hídrica</b>	0,010
<b>Gas Natural</b>	0.010
<b>Nuclear</b>	0.029
<b>Biomasa</b>	0 a 0,007
<b>Solar</b>	0 a 0,004
<b>Eólica</b>	0 a 0,001

Fuente: The Environmental Costs of Electricity, Pace University Center for Environmental Legal Studies, New York, 2008.

En la tabla No. 2 se muestran los valores de las emisiones de CO<sub>2</sub> en los diferentes tipos de transformación de energía, notándose que muy poca emisión de bióxido de carbono aporta la generación eólica por lo que no puede incidir en el eventual calentamiento global de la atmósfera.

En tal virtud por las consideraciones económicas (costo de la generación eléctrica) y ambientales (emisiones de CO<sub>2</sub>), se escoge como alternativa energética para este proyecto, la generación de energía limpia para el ambiente a través de la utilización del recurso viento.

## **B. PARA PROYECTAR EL SISTEMA DE GENERACIÓN ALTERNA**

### **1. Implementación del sistema eólico en Salinas-Imbabura**

Es conocido, que a nivel urbano las diferentes ciudades y poblaciones del Ecuador han sido servidas con el fluido eléctrico, más en el sector rural y rural marginal este servicio aún no llega a estas latitudes y el porcentaje de falta de servicio es considerable y bordea el 15%.

Una condición muy preocupante es que la demanda energética anual en el país anualmente rebasa del 6 al 7% de energía instalada al momento que representan 200 MW cada año, por lo que se requiere implementar pequeños, medianos y grandes proyectos de generación energética a todo nivel, para suplir esta demanda insatisfecha, con el antecedente que la brecha energética se ahonda en época de estiaje (septiembre-febrero) de cada año, por la falta de recurso hidráulico, lo que hace trabajar a cargas parciales a las centrales hidroeléctricas, esencialmente Paute, lo que conlleva a un desabastecimiento energético alarmante con los consiguientes problemas sociales, económicos y de toda índole por la falta de energía.

Es por esta razón que el Gobierno Nacional en su desesperada carrera por satisfacer la demanda energética insatisfecha ha optado por la importación de fluido eléctrico desde los países vecinos (Colombia y Perú) mediante el enlace de redes de alta tensión que permiten la importación de electricidad a costos internacionales que afectan la economía del país, pues, la importación del KW-h está en el rango de los 6-7 centavos de dólar.

Es el momento adecuado para aprovechar los recursos energéticos renovables como el viento, para la generación eléctrica a pequeña y mediana escala (desde 100 w hasta 50 MW), por esta

razón organismos locales, seccionales, y nacionales hacen esfuerzos técnico, económicos y administrativos para implementar sistemas de generación alternativos, en esta línea se encuentran las diferentes empresas eléctricas del país como la EMELNORTE, el H. Consejo Provincial, y Concejo Cantonal y particularmente La Fundación Cordillera.

## 2. **Demanda energética**

La demanda energética es el primer parámetro que se analiza en un proyecto de factibilidad de generación eléctrica y no es otra cosa que la sumatoria de la necesidad de energía para una localidad.

### a. **Potencia eléctrica requerida**

Es la energía requerida en un determinado tiempo (W), que presenta un sitio de interés, para lo que se efectúa la sumatoria de todas las energías requeridas por los consumidores, en función del uso de la energía.

$$Potencia\ requerida = \sum_{i=1}^n Energia_i / tiempo$$

**TABLA 3: ENERGIA REQUERIDA DEL PROYECTO**

<b>DATOS</b>	<b>VALORES</b>
No. Comunidades	7
No. Familias	350
No. Habitantes por familia promedio	5
No. Total de habitantes	1750
No. Turistas en el complejo Termas eco turísticas Chachimbiro	150
Total de usuarios actual	1900
Tasa de crecimiento de usuarios	3%
Proyección	25 años
Total usuarios proyectados	1425
Total de usuarios del proyecto	3325.
Consumo eléctrico por persona en Ecuador promedio:	50 Kw-h/persona*mes
Necesidad energética del proyecto mensual	166250 Kw-h/mes
<b>Necesidad energética del proyecto diaria</b>	<b>5541 Kw-h/día</b>

Fuente: Recopilación de datos por Edmundo M. Borja. 2008

En tal virtud, el requerimiento de energía, tanto para las 7 comunidades, (ANEXO 3) en el que se muestra el consumo energético de las familias del lugar, (350 familias) como para la necesidad propia de energía del complejo ecoturístico Chachimbiro al que se la ha considerado un 75% de factor de seguridad, es de 5541 Kw-h/día la que se prevé será satisfecha con una energía renovable, inagotable, limpia como la energía proveniente del viento.

### **3. Recurso disponible**

Con la finalidad de conocer el recurso disponible del viento, se efectúa una prospección eólica “in situ” en lugares circundantes a los predios de la Fundación Cordillera, esto es: en el área del cantón Urcuquí, particularmente en la parroquia Tumbabiro, localidad Salinas, lugar que a lo largo del año poseen sitios de interés eólico con fines energéticos, particularmente aerogeneración. (SÁNCHEZ S.Ing.2008) (ANEXO 4)

Entre estos factores físicos se anotan:

- Posición geográfica del lugar
- Altura geográfica del sitio
- Orografía del lugar
- Período u hora del día
- Estación o época del año
- Estado ecológico del sitio de interés

La provincia de Imbabura y el Ecuador en general al encontrarse situado geográficamente en la zona ecuatorial o central del globo terrestre asegura una intensidad de radiación solar muy importante y compatible para aprovechamiento tanto de esta fuente energética como de las derivadas como la energía eólica, a eso se suma la variable orografía de la Provincia que cuenta entre otras cosas con valles, laderas, montañas, que proporcionan una geometría especial para el aprovechamiento energético del viento.

El conocimiento del potencial eólico o densidad de potencia que puede proporcionar el viento o la cantidad de energía que acarrea el movimiento del aire es función de dos variables físicas; a saber:

**a. La densidad del aire**

Que es la cantidad de masa de aire que se transporta en una unidad de volumen y es variable dependiendo de varios factores físicos como la temperatura del aire y la presión atmosférica del lugar. Se manifiesta que la densidad del aire disminuye con la altura geográfica del lugar.

**b. La velocidad del viento**

Que 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.

Mediante este trabajo de campo se determinan varios sitios de interés eólico con fines energéticos, para lo que se efectuó un recorrido por la diversa geografía de la provincia a fin de encontrar los mismos.

Una vez determinados los sitios de interés energético, se efectuó un estudio minucioso del lugar y se recopilaban datos en base de una encuesta debidamente formulada para efectuar la prospección eólica preliminar en la que se averiguó las condiciones físicas y el posible potencial eólico del viento, para lo que se preguntó de preferencia en los sitios asignados a las personas de más edad y conocimiento de la geografía local para tener acceso a datos muy confiables del viento y su comportamiento.

**4. Ubicación geográfica**

La ubicación geográfica del sitio de interés eólico permite conocer con total exactitud los lugares, donde eventualmente se desarrollará el proyecto energético, para lo que fue necesario identificar en un mapa del lugar, la posición geográfica la que implicó ubicar las coordenadas geográficas, es decir latitud y longitud geográfica, además la altitud del lugar a fin de determinar mediante este parámetro, la densidad del aire, también se requirió conocer los tipos y longitudes de las vías de acceso y las distancias a los centros poblados, así como la localización del tendido de la red eléctrica nacional (S.N.I.). (ANEXO 4)

## **5. Patrón del viento**

### **a. Patrón estacional**

El patrón estacional del recurso viento implica el conocimiento cabal de cómo se presenta el viento en un período de varios meses del año, es decir en una estación anual, como en nuestro país existen dos estaciones marcadas, invierno y verano, entonces se procuró identificar los meses de mayor y menor incidencia del viento, toda vez que el viento está relacionado con la presencia del sol, y este tiene un comportamiento diferente de intensidad en las dos estaciones mencionadas, con estos datos se puede avizorar la presencia del viento en las estaciones manifestadas.

### **b. Patrón diario del viento**

El patrón diario del viento involucra el conocimiento de cómo se presenta el mismo en las diferentes horas del día, es decir, si el viento más o menos intenso está presente en las jornadas diurna o nocturna, y particularmente en que horario matutino, vespertino o nocturno se presenta con mayor potencial, esto está relacionado también con la presencia del sol y de las estaciones del año, entonces se identificó las horas del día con mayor y menor incidencia del viento. Estos datos son importantes pues de ello dependerá el conocimiento exacto de las horas del día de mejor aprovechamiento del recurso con fines de uso e integración de la electricidad al S.N.I.

## **6. Evidencia ecológica**

Este factor ambiental y físico permitió determinar con mejor exactitud la presencia del recurso viento en el lugar y es el que puede determinar entre otras cosas si el sitio es de interés eólico, se basa en la observación y análisis de la vegetación propia del lugar y lugares aledaños, pues la misma indica con relativa exactitud, tipos de viento en el lugar, vegetaciones escasas, rastreras e inclinadas determinarán presencia de vientos de diferente magnitud.

A continuación, se muestra la encuesta de prospección eólica preliminar efectuada en el sitio de interés eólico.

## **7. Prospección eólica preliminar lugar La Victoria**

### **a. Datos generales.**

- Director del proyecto: Edmundo Marcelo Borja Robalino
- Encuestado: Sr. Juan Carlos Monje.
- Encuestador: Sr. Edmundo Marcelo Borja
- Fecha: Agosto 2008.
- Provincia: Imbabura.
- Cantón: Urcuquí.
- Parroquia: Salinas
- Lugar: La Victoria.



**Fotografía 1: Sitio la Victoria**

Fuente: Marcelo Borja.-Investigación de campo 2009.

**b.- Ubicación geográfica.**

- Altitud geográfica: 2000 m.s.n.m.
- Posición geográfica: 0<sup>0</sup> 46 min. 44 seg., Lat. norte y 78<sup>0</sup> 18 min., Long. Oeste.
- Distancia aproximada del cantón: 19 Km
- Tipo de acceso: Pavimento 9 Km, empedrado 10 Km, afirmado 2 km.



**Fotografía 2: Tipo de acceso a La Victoria**

Fuente: Marcelo Borja.-Investigación de campo 2009.

**c.- Patrón estacional.**

- Período de mayor intensidad de viento: julio, agosto, septiembre, octubre.
- Período de menor intensidad de viento: diciembre, enero, febrero.
- Dirección predominante del viento: NE-SO.

**d.- Patrón diario del viento.**

Durante los meses ventosos:

- Período del día en que hay viento: mediodía y tarde.
- Viento más fuerte: primeras horas de la tarde.
- Rumbo del viento más intenso: NE-SO.
- Número de horas estimada con vientos intensos: 9 horas, de 12h00 a 21h00
- Periodo de calma: Noche.
- Según la escala Beaufort, el de viento corresponde a los números 6 y 7(ANEXO 5) (septiembre 2008)
- Presencia de evidencia ecológica: Si.
- Efectos ecológicos observados: plantas viradas, follaje de un solo lado vegetación rastrera.



**Fotografía 3: Evidencia ecológica en Salinas Imbabura**

- Conclusiones y recomendaciones: La zona es evidentemente ventosa, con gran potencial eólico, con población rural considerable.
- Es un gran sitio eólico.

- Una vez recopilados los datos, procesados y graficados, bajo una metodología elemental de cálculos se determinó numéricamente la potencia y energía del viento que puede proporcionar la zona, en el período de tiempo determinado, y se puede estimar para tiempos mayores los valores siempre y cuando el mes sea el más representativo.
- Los datos fueron recopilados en el lugar determinado mediante una estación meteorológica móvil cuyas características se describen a continuación: Vantage Pro 2, model No. 6162, USA



**Fotografía 4: Estación meteorológica móvil**

#### e.- Cálculo del potencial de viento

Se presenta el análisis numérico de la potencia y energía del viento.

Se tiene por la información estadística (ANEXO 6)

Velocidad media a 10 metros de altura:  $V = 6.48 \text{ m/s}$ , en el periodo determinado (mediciones).

Debido a que la densidad del aire a nivel de mar es una constante igual a  $1.25 \text{ Kg/m}^3$  y la densidad disminuye aproximadamente un 10% cada 1000 m., que sube la altura geográfica por

lo que la zona de análisis (Salinas-Imbabura) se encuentra a 2000 metros de altura la densidad de este lugar es:

La densidad del aire en Salinas- Imbabura es:  $\delta_{LUGAR} = 1.0 \frac{Kg}{m^3}$ ,

Para el cálculo de la densidad de potencia del viento, se utiliza la expresión:

$$\bar{P} = P_{viento} / A = 0,5 * \delta * V^3$$

Donde:

$\delta$  = Densidad del aire

A= Área barrida por el rotor

V = velocidad media del viento

Remplazando valores se tiene:

$$\bar{P} = 136.04 \frac{W}{m^2}$$

La energía por unidad de área es el resultado de producto de la densidad de potencia por el tiempo (para un mes)

$$\text{Energía} = \text{potencia} * \text{tiempo}$$

La energía disponible por unidad de área será:

$$E = \frac{720}{1000} * \bar{P}$$

$$E = 97.94 \frac{Kw-h}{m^2 mes}$$

El valor 720, corresponde al número de horas en el periodo mensual de datos.

Luego la energía en un año será:

$$E = \frac{8760}{1000} * \bar{P}$$

$$E = 1191 \frac{Kw-h}{m^2 año}$$

A continuación se presenta el análisis numérico de la potencia y energía del viento para una velocidad media a 70 metros de altura a la que estaría ubicado el buje del aerogenerador que se recomienda instalar. (REPOWER. 2009)

Esta variación velocidad-altura, se puede expresar mediante la relación:

$$V = V_o \left( \frac{h}{h_o} \right)^n$$

Donde:

V = velocidad del viento a la altura requerida h

V<sub>o</sub> = velocidad del viento a la altura de referencia (6.48 m/s)

h = altura requerida (70 m)

h<sub>o</sub> = altura referencial estándar (mediciones a 10 m)

n = coeficiente de espectro geográfico

El coeficiente de espectro geográfico depende de la estabilidad atmosférica y de la orografía del terreno considerado. Valores típicos son:

- $n = 0.19$  para zonas llanas
- $n = 0.29$  para zonas accidentadas

Se tiene por la información estadística:

Velocidad media a 70 metros de altura:

$$V = V_o \left( \frac{h}{h_o} \right)^n$$

$$V = 6.48 \left( \frac{70}{10} \right)^{0.29}$$

$$\bar{V} = 11.39 \frac{m}{s}$$

Luego, se tiene la densidad de potencia a 70 metros de altura, donde trabajaría el equipo:

$$\bar{P} = 0,5 * \delta * V^3$$

$$\bar{P} = 0,5 * 1 * 11.39^3$$

$$\bar{P} = 738.82 \frac{W}{m^2}$$

La energía por unidad de área a 70 metros en el mes será:

$$E = \frac{720}{1000} * 738.82$$

$$E = 531.95 \frac{Kw-h}{m^2 mes}$$

Luego la energía a 70 metros en un año será:

$$E = \frac{8760}{1000} * 738.82$$

$$E = 6472.06 \frac{Kw-h}{m^2 año}$$

## 8. Sitios de interés eólico

Con la prospección eólica preliminar se está en capacidad de conocer los potenciales sitios de aprovechamiento del viento con fines energéticos y luego del análisis de los diferentes ítems de las encuestas se levanta un mapa preliminar de los sitios de interés, para lo que se toma como base las siguientes recomendaciones técnicas de aprovechamiento del viento, manifestando que no existe un valor fijo de potencial de viento para determinar que un sitio es completamente idóneo, esto, por la gran aleatoriedad del viento, pues, este factor está relacionado con la aplicación requerida del equipo y del consumo de electricidad de la población, pero a título ilustrativo se manifiesta:

- Debajo de los 50 w/m<sup>2</sup>, no existe interés energético del viento.
- De 50 a 150 w/m<sup>2</sup>, hay interés para fines de bombeo de agua y consumos disperso de energía eléctrica a baja escala
- De 150 a 500 w/m<sup>2</sup>, se consideran zonas de buenas características para aprovechamiento eólico, sea cualquiera de las aplicaciones que se quiera efectuar.

- Más de  $500 \text{ w/m}^2$ , se consideran zonas de buenas características eólico energéticas para generación de electricidad. (con equipos de menos de 0.5 MW)
- Zonas con  $1000 \text{ w/m}^2$  de potencial se consideran sitios de interés eólico con características idóneas para la generación a mediana y gran escala (equipos de más de 0.5 MW).

Se puede manifestar con certeza que sobre los  $200 \text{ w/m}^2$  de densidad de potencial del viento es rentable la energía eólica.

A continuación se presenta una tabla que cuantifica el potencial del viento y que sirve para la determinación de los sitios de potencial, esos datos han sido preparados para la Provincia de Imbabura exclusivamente que considera una densidad del viento de aproximadamente  $1.0 \text{ Kg/m}^3$ .

**TABLA 4: APROVECHAMIENTO DEL POTENCIAL EÓLICO**

<b>V<sub>viento</sub> (m/s)</b>	<b>Densidad de potencia (w/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Característica del lugar</b>
0,5	0,1	
1	0,5	
1,5	1,5	
2	3,6	
2,5	7,0	Sin interés eólico
3	12,2	
3,5	19,3	
4	28,8	
4,5	41,0	
4,8	49,8	
5	56,3	
5,5	74,9	Aprovechamiento a pequeña escala
6	97,2	aerobombeo y aerogeneración
6,5	123,6	
6,9	147,8	
7	154,4	
7,5	189,8	
8	230,4	
8,5	276,4	Buenas características eólicas
9	328,1	Aerogeneración a pequeña escala
9,5	385,8	
10	450,0	
10,4	506,2	
10,5	520,9	
11	599,0	
11,5	684,4	Muy buenas características
12	777,6	Aerogeneración a mediana escala
12,5	878,9	
13	988,7	
13,5	1107,2	
14	1234,8	
14,5	1371,9	Características idóneas
15	1518,8	aerogeneración a gran escala
15,5	1675,7	
16	1843,2	
17	2210,9	
18	2624,4	
19	3086,6	
20	3600,0	

Fuente: Datos procesados por Edmundo M. Borja

## 9. Selección de equipos y sistemas.

Se ha considerado que la selección de los equipos se hará para velocidades de viento que están en el orden de 3.5 hasta 20 m/s, lo que generan potencias de hasta 6 MW en equipos que el mercado de aerogeneradores puede ofrecer, por lo que se ha procedido a una investigación variada de equipos y sistemas y en función de los siguientes parámetros se procederá a la toma de decisiones de los aerogeneradores, a saber:

**TABLA 5: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PARQUE EÓLICO**

ITEM	CANTIDAD
No. de aerogeneradores	1
Tipo de aerogenerador	REPOWER SYSTEM MM82
Potencia nominal unitaria	2050 KW
Diámetro de rotor	82 metros
Número de palas	3
Altura de torre	69 metros al buje
Potencia total instalada	2.05 MW
Producción neta anual estimada	17958 MW-h/año
Presupuesto total	2.050.000,00 US\$

Fuente: REPOWER System. 2009

**TABLA 6: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA TURBINA**

Typ	Rated power	Rotor diameter	Power control	Speed	Range of application
5M	5.0 MW	126.0 m	Pitch (electrical)	Variable	Onshore/ Offshore
3M	3.3 MW	104.0 m	Pitch (electrical)	Variable	Onshore
MM82	2.05 MW	92.5 m	Pitch (electrical)	Variable	Onshore
MM82	2.05 MW	82.0 m	Pitch (electrical)	Variable	Onshore

Por lo que se requiere de dos millones cincuenta mil dólares para la implementación del sistema de generación eólica de 2.05 MW en Salinas-Imbabura, en el rubro de instalación del sistema, este valor no incluye los costos que representan la línea de transmisión, tendido de cables, operación.

En el (ANEXO 7). Se presentan las características técnicas del aerogenerador MM 82 REPOWER SYSTEMS.

## **C. PARA ELABORAR EL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**

### **1. Línea base**

Mediante la determinación de la línea base se pretende establecer el escenario real del proyecto y de los impactos ambientales que están afectando a los recursos naturales. Si bien es cierto el proyecto se relaciona directamente con el recurso aire es imprescindible enmarcar los demás recursos pues estos no se encuentran aislados sino a la vez interactúan dentro del ecosistema.

#### **a. Paisaje**

El paisaje que existe en la zona de influencia del proyecto es desértico, siendo esta una pequeña elevación de tierra sin ningún tipo de uso agrícola o forestal, cabe recalcar que a su alrededor se encuentran algunos sembríos, siendo estas plantaciones de rosas y caña, que de una u otra manera ayudan a desarrollar un tipo de paisaje para los visitantes dando una gama de colorido y belleza al lugar, al par con la implementación del proyecto energético se efectuará un plan de reforestación con especies nativas.

**b. Hábitat**

Siendo ya antes mencionado que la zona de influencia es desértica se puede detallar que las especies son propias del tipo de suelo existente es decir no existe una gran alterabilidad de especies de importancia de la zona.

**c. Suelos**

El suelo es arenoso con un pH ácido, que a través del tiempo y por las mismas características del lugar se ha desgastado su parte fértil niveles 1 y 2 (hojarasca, dendritos orgánicos y humus) quedando un suelo inutilizable para actividad agrícola, forestal o la ganadera, por lo que en la actualidad el proceso de recuperación de este recurso es difícil y prolongado.

**d. Flora**

En cuanto a la biodiversidad del sitio se puede detallar las siguientes especies:

**TABLA 7: FLORA DEL LUGAR**

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA
Chilca blanca	<i>Baccharis riparia</i>	Asteraceae
Trébol blanco	<i>Trifolium repens</i>	Papilionaceae
Guayabilla	<i>Eugenia sp.</i>	Myrtaceae
Verbena	<i>Verbena sp.</i>	Verbenaceae
Hierba mora	<i>Solanum interandinum</i>	Solanaceae
Sacha capulí	<i>Vallea stipularis</i>	Elaeocarpaceae
Suro	<i>Chusquea uniflora</i>	Poaceae
Lechero	<i>Euphorbia latizii</i>	Euphorbeaceae
Sig sig	<i>Cortadeira rudiusscula</i>	Graminae
Cabuya negra	<i>Fourcroya andina</i>	Amarylidaceae
Mora de monte	<i>Rubus sp</i>	Rasaceae
Pasto	<i>Poa pratensis</i>	Graminae

Fuente: Proyecto de educación ambiental y desarrollo de los recursos naturales de Chachimbiro

e. **Fauna**

**TABLA 8: FAUNA DEL LUGAR**

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	FAMILIA
Lagartija	<i>Podarcis. Sp.</i>	Bataguridae
Zorrillo	<i>Spilogale angustifrom</i>	Digitigrados
Chivos silvestres	<i>Tribulus terrestris</i>	Zigofiláceas
Guatusa	<i>Dasyprocta punctata</i>	Dasyproctidae
Zorro	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Cánidos
Petirrojo	<i>Erithacus rubecula</i>	Turdidae
Colibrí	<i>Archilochus colubris</i>	Troquílidos
Gavilán plumizo	<i>Leucopternis plumbea</i>	Falconiformes
Garcilla bueyera	<i>Bubulcus ibis</i>	Ardeidos

Fuente: Proyecto de educación ambiental y desarrollo de los recursos naturales de Chachimbiro

f. **Aspecto Socioeconómico.**

La condición socioeconómica del lugar y zonas aledañas esta encasillado en el nivel de pobreza, es decir los ingresos percapita son menores a US \$ 5 diarios, la mayor parte de habitantes adultos trabajan en tareas agrícolas ocasionales como son, el cultivo y corte de la caña de azúcar para el ingenio Tababela y el cultivo de flores para exportación, así como la venta ocasional de frutas propias de la zona (ovos, pepinos) con ingresos bajos que identifican la pobreza manifiesta.

La educación es elemental en base a escuelas primarias unidocentes donde concluyen estudiantes de las diferentes comunidades mencionadas, por lo que la mayoría de habitantes de las diferentes edades tienen como máximo instrucción primaria.

La población es multiétnica (negros, mestizos) manteniendo su identidad celosamente.

Las vías de acceso son:

- Arteria principal: Panamericana Norte de primer orden, vía concesionada
- Vías de acceso a la zona: de segundo orden, afirmada, empedradas.
- Caminos vecinales: de tercer orden, terracería.

Que son un indicador claro de la pobreza del lugar.

El Sistema Nacional Interconectado provee de energía eléctrica a las diferentes comunidades pertenecientes a la Fundación Cordillera. A nivel rural el 15% de las viviendas no cuentan aún con servicio eléctrico.

El turismo de la zona tiene su sustento en las termas medicinales ya que aquí trabajan 120 personas de las comunidades teniendo ingresos de entre los 350 a 400 dólares mensuales, siendo esta la principal generadora de empleo para sus habitantes, cabe recalcar que actualmente gracias a la labor de la Fundación Cordillera que esta elaborando paquetes de turismo comunitario pretendiendo generar de esta manera un nuevo ingreso para las comunidades.

## **2. Valoración cualitativa del impacto ambiental**

### **a. Análisis general**

El proyecto de un sistema de generación de alternativas energéticas para la zona turística Chachimbiro nace a raíz de la necesidad de ayudar a las comunidades existentes en la zona que están dirigidas por la Fundación Cordillera, el lugar establecido para este proyecto pertenece a la comunidad de la Victoria, cantón Urcuquí, Provincia de Imbabura.

En sus inicios las “Termas Chachimbiro” se constituían de tres pozos de agua termal, provenientes de las estribaciones de Yanahurco (cerro negro) cuyas aguas ricas en minerales y con temperaturas que llegan a los 55 °C, que son adecuadas para el turismo medicinal.

El desarrollo del balneario data del año 1994, a través de la gestión del H. Consejo Provincial de Imbabura, que proyectó las instalaciones, las construyó y entregó estas termas al servicio de la comunidad de Imbabura y del país en general.

A partir de esta fecha mediante comodato por 15 años se entrega a la Fundación Cordillera la administración de las termas, institución que con gran acierto ha diversificado, incrementado y puesto a la orden del turismo ecológico nuevos servicios como:

- Hospedaje en cabañas familiares de construcción mixta (madera y cemento) con una capacidad de ciento veinte (120) visitantes, cuyo costo por persona es de 30 dólares, mismo que incluye el servicio de alimentación (3 comidas diarias) y el uso en los servicios que presta sus instalaciones de las termas medicinales.
- Servicio de alimentación mediante la elaboración de menús nacionales y comidas internacionales a costos relativamente bajos, accesibles a la economía de la zona.
- Servicio de piscinas de agua temperada geotermal con diferentes temperaturas para el confort del turista.
- Servicio SPA que incluye sauna, turco, hidromasaje, piscina polar, barro terapia, ozonoterapia, masajes faciales y corporales.
- Servicio de enfermería.
- Servicio de guía turística con personas de la localidad. (senderos turísticos)
- Servicio para área de picnic
- Canchas deportivas
- Área para camping.
- Área de recreación, (discoteca, sala de juegos, toboganes).
- Deportes extremos (canoping, tarabita)
- Servicio de transporte turístico (chiva)

El personal de atención es capacitado en tareas de servicio al cliente, a nivel superior, medio y técnico.

En la figura a continuación se observa una vista parcial del complejo eco turístico.



**Fotografía 5: Vista panorámica del Complejo Ecoturístico Termas Chachimbiro**

El acceso al sitio es a través de una carretera de primer orden, que cuenta con los servicios básicos de agua y luz eléctrica.

El fin del proyecto es tratar de cambiar la generación de energía convencional por energía alternativa con los consiguientes ahorros energéticos, económicos y con un estricto cuidado ambiental.

El grado de aceptación del proyecto a nivel local nacional e internacional es alto, es así como el complejo y a su vez por medio de la Fundación que se han realizado los tramites pertinentes con el país amigo de Alemania para lograr el financiamiento requerido para este proyecto, logrando una buena respuesta por parte de organizaciones interesadas en cuidar el planeta.

**b. Descripción general del entorno**

Colindante a las termas de Chachimbiro se encuentra la zona de influencia del proyecto, esto es la Victoria, parroquia Salinas, cantón Urcuquí, zona geográfica eminentemente campesina donde se asientan a sus alrededores las 7 comunidades, 350 familias que están agrupadas en la denominada Fundación Cordillera. Las comunidades se enumeran:

- San Francisco
- Piñán
- La Victoria,
- Cruz Tola
- Ajumbuela
- Azaya
- Chiriyacu

Los terrenos se encuentran deteriorados por la erosión propia de una zona seca y semi tropical con bajos niveles de cultivos agrícolas y mínimas fuentes de trabajo, por lo que sus habitantes mayores de edad particularmente del sexo masculino quienes cumplen las labores agrícolas en los cultivos de caña y flores cercanos al lugar y las mujeres efectúan labores domésticas.

La economía del lugar se limita a los ingresos provenientes del trabajo manifestado anteriormente que le ubica a la zona en el límite de pobreza.

No existe cultura ni sensibilización ambiental por parte de los moradores de la zona por su bajo nivel de educación.

La zona produce impactos generados por la afluencia de turistas, particularmente en las épocas de verano (Julio- Septiembre) así como también en los feriados nacionales donde la afluencia de turistas es considerable, constituyéndose esto en una amenaza al ecosistema.

**c. Efectos del proyecto sobre el medio**

El medio será modificado sustancialmente con la implementación del proyecto de generación energética con el recurso viento, lo que producirá impactos ambientales sociales y económicos, que se cuantificarán posteriormente dentro de la matriz de evaluación de impactos.

En general existirán pequeños impactos sobre el medio, particularmente por la construcción, operación y mantenimiento de los equipos de generación energética alternativa, de la misma manera el flujo de visitantes a la zona, con el incremento de residuos.

Las acciones de la implementación del proyecto traerán consigo una serie de impactos sobre el medio:

- Ruido: Característico del funcionamiento de la turbina del viento que alejaría a las escasas especies animales existentes del lugar.
- Basura: La presencia de personal técnico del proyecto, así como de turistas en el lugar incrementarán el volumen de residuos sólidos (basura).
- Degradación del ecosistema: Se afectará la zona de implementación del equipo de generación en un área de una hectárea, debido a las dimensiones físicas de las aspas de la turbina que barren aproximadamente esta área..
- Social: Permitirá un importante desarrollo de las comunidades involucradas en el proyecto, pues habrá posibilidad de generar mano de obra técnica y especializada para la implementación y operación del proyecto, mediante proyectos específicos de capacitación, utilizando el convenio interinstitucional vigente ESPOCH-Fundación Cordillera, el mismo que se viene utilizando en diferentes proyectos específicos: formación primaria y secundaria, prácticas estudiantiles, capacitación técnica en diferentes campos y otros.
- Económica: La implementación y operación del proyecto generará recursos económicos considerables para el desarrollo de las comunidades por la gratuidad de la

materia prima del recurso energético (viento) y los importantes costos que representa la comercialización de la energía generada.

- Ambiental: El remplazo de una energía contaminante por una energía ecológica como la eólica garantiza un impacto ambiental positivo

### **3. Matriz de impactos**

Para el análisis de impactos se utiliza la matriz causa-efecto que incluye la revisión de acciones impactantes.

A continuación se identifican las principales actividades que ocasionarían impactos por la implementación del proyecto de generación energética eólica.

#### **a. Identificación de acciones que pueden causar impacto**

Las actividades identificadas en el proyecto son las siguientes:

- **Llegada de visitantes**

La llegada de visitantes será continua tanto por la magnitud del proyecto energético como por la afluencia de turistas a las termas de Chachimbiro (120.000 turistas al año), es por esto que se espera afectación ambiental (suelo, agua).

- **Educación Ambiental**

Será una herramienta básica para la sensibilización de los habitantes y visitantes para la protección del ambiente y mantenimiento del ecosistema, mediante la impartición de una cultura ambiental adecuada.

- **Investigación**

Durante la implementación y desarrollo del proyecto se efectuarán trabajos técnicos y sociales para satisfacer los requerimientos tanto del complejo ecoturístico como de los organismos

seccionales que contribuirán al financiamiento del mismo y la parte elemental del proyecto que son las comunidades del sector, mediante investigaciones puntuales en la implementación, operación y mantenimiento de equipos energéticos, proyectos de ayuda social y económica para las comunidades y manejo eficiente de los recursos económicos generados por el proyecto.

- **Construcción**

La construcción tanto civil como mecánica del proyecto ocasionará impactos ambientales mínimos, pues el área a utilizarse será la correspondiente a las cimentaciones para la torre de la turbina, así como el espacio requerido para llevar en forma subterránea el cableado con la energía generada hasta la red del Sistema Nacional Interconectado. Lo que implica la utilización de un área de terreno correspondiente a una hectárea (10000 m<sup>2</sup>). Los impactos que ocasionarán serán sobre el suelo, particularmente por la presencia de materiales de construcción.

- **Montaje de equipos**

La siguiente etapa del proyecto será el montaje mecánico de los equipos que constituyen el sistema convertidor de energía, que incluyen: rotor, sistema de transmisión, sistemas de control, cableado eléctrico, torre de sostenimiento, que causará impacto proveniente del ruido y contaminación del suelo por derrame de lubricantes, grasas, aceites, pero en mínima cantidad.

- **Operación de equipo**

Una vez instalados los equipos, se procede a las pruebas del mismo y funcionamiento definitivo, lo que generará ruido que no sobrepasa los límites permisibles (65 dB), además las turbulencias propias de la salida del aire cuando pasa por el rotor y que pueden afectar el ambiente hasta 100 metros de distancia, a la que se atenúa las turbulencias.

- **Mantenimiento:**

El mantenimiento del equipo está debidamente programado por la fábrica que garantiza la oportunidad y seriedad del trabajo y que consisten en recambio de aceite, grasas, lubricación,

ajuste de elementos, entre otros, que ocasionará afectación mínima al lugar circundante del equipo, además algo de ruido que será ocasional, es decir una vez (mes) al año.

- **Reforestación**

La reforestación será mediante la siembra y cultivo de especies nativas, mediante un proyecto específico de mejoramiento del suelo del lugar, a fin de mantener el balance del ecosistema y que brindará un impacto positivo para las especies faunísticas, además que mejorará el entorno del paisaje, en beneficio del turismo.

**b. Identificación de los factores ambientales del entorno susceptibles a recibir impactos.**

- **Aire**

Es uno de los factores más susceptibles a sufrir impacto en cualquier proyecto, excepto en el presente, pues el aire que se utilizará para mover el rotor de la turbina no sufrirá alteraciones estructurales en su composición química.

- **Suelo**

Si bien es cierto que el suelo en el lugar del proyecto se encuentra erosionado, la magnitud del proyecto no implica la utilización de extensiones grandes, sino la necesaria para la cimentación del equipo y la zona de seguridad (cerramiento) el mismo que podrá tener vegetación ornamental adecuada.

- **Agua**

El agua no es un elemento clave en la posible afectación del proyecto, pues no está en contacto con los equipos, por lo que no existen impactos sobre este elemento.

- **Flora y Fauna**

Al existir en la zona poca vegetación y consecuentemente pocas especies animales, el impacto no será mayor (zona desértica) más aún siendo la zona de instalación de equipos pequeña, no

va a incidir este parámetro aunque se prevé que las pocas especies faunísticas emigrarán a lugares aledaños.

- **Socioeconómico**

Este factor está relacionado con las actividades, desarrollo del proyecto, y sobre todo con los resultados del mismo que causarán impactos positivos en las áreas energética, social, económica y ambiental, pues los recursos económicos que generará el mismo ayudarán a mejorar la condición de vida de los habitantes del lugar, proporcionará fuentes de trabajo, incentivará el turismo ecológico y sobre todo tanto la comunidad como las Termas de Chachimbiro tendrán energía preferencial en el aspecto económico y ecológica.

**c. Construcción de la matriz**

Utilizando la metodología planteada para la evaluación de impactos ambientales del proyecto energético se construye una matriz de impactos y otra de cuantificación de los mismos la que nos permite observar los impactos positivos y negativos del proyecto.

Las matrices se presentan a continuación en las tablas 9 y 10:





En las mismas se observan que el proyecto tiene un impacto positivo (553), es decir que la implementación del proyecto ocasiona efectos positivos al entorno, reflejado en un mejoramiento en la calidad de vida, del ambiente, y económico, lo que nos permite considerar al proyecto como una base del desarrollo sustentable de la zona.

Los efectos positivos están dados especialmente en los componentes aire, agua y socioeconómico. Como se puede visualizar en los valores totalizados de los mismos (+).

Los componentes ambientales afectados son la flora, la fauna y el suelo que en términos porcentuales no representan más del 20%, (206) de los impactos ambientales, además que son fácilmente remediabiles como denotaremos en las medidas de mitigación.

#### **d. Medidas de mitigación**

Para el presente caso, se sugiere la implementación de las siguientes medidas correctoras o de mitigación para los impactos determinados, tomando en cuenta la intensidad y persistencia de los mismos:

##### **- Reordenamiento del uso de recurso energético**

Una vez instalada y en operación la central eólica, producirá energía considerada limpia y en cantidad suficiente para lograr satisfacer la demanda energética actual y proyectada a largo plazo, lo que implica que toda la contaminación causada por la transformación de energía convencional en la actualidad se anularía, considerando esta medida la más influyente del proyecto que se estudia, toda vez que la transformación de la energía de movimiento del viento en energía eléctrica, no conlleva a ningún cambio estructural del aire, manteniéndose este, como tal, tampoco habrá afectación del recurso agua, dos elementos principales del ecosistema.

En tal virtud, el reordenamiento de la variable energética conllevará a un efectivo control del ambiente.

El cambio del recurso energético en el proyecto de generación proporcionará importantes ingresos económicos a la Fundación Cordillera y por ende a las ocho comunidades asociadas, recursos que cuantificados al precio actual de la energía proporcionarían alrededor de US\$ 1.494.917, que además de convertirle al proyecto en muy rentable proporcionará considerables ingresos económicos para el desarrollo económico de las comunidades en mención.

- **Medidas de control ambiental: ruido, suelo.**

Entre los impactos negativos en la ejecución del proyecto se encuentra el ruido, que de acuerdo a las especificaciones técnicas del fabricante no superará el límite permisible de ruido, esto es los 65 decibeles, consecuentemente para observar este parámetro de control se recomienda la adquisición de un sonómetro y el monitoreo constante de esta variable ambiental.

Para el control y remediación del suelo que puede verse afectado por la construcción de obras civiles propias del proyecto como: cerramientos, cimentaciones, compactación del terreno, casa de maquinas, central de control, accesos, subestación, otras que están relacionadas con el uso de materiales de construcción (cemento, arena, granillo, piedras, etc.), se utilizará la fitorremediación, consistente en la implementación de espacios verdes vegetales con la utilización de plantas endémicas para que se controle la condición ambiental por la afectación del suelo y mitigar este efecto negativo, transformándolo en un impacto positivo por la recuperación del paisaje.

- **Recolección ordenada de residuos sólidos**

Con la finalidad de causar el mínimo impacto por presencia de residuos sólidos (basura, materiales de construcción), se efectuará un plan de recolección y desalojo ordenado de los residuos de la obra civil, además, a través de un programa de concientización y señalética

adecuadas se efectuará el depósito y recolección continua y ordenada de los residuos sólidos utilizando el uso diferenciado de los recipientes recolectores (código de colores).

- **Cultura ambiental**

Con la finalidad de mitigar manifestaciones ambientales observando el trabajo comunitario, se propenderá a mantenerse una adecuada cultura ambiental relacionada con el manejo de los recursos existentes como aire, agua, flora y fauna mediante talleres de capacitación programados con técnicos ambientales.

- **Monitoreo constante del proyecto**

Se efectuará la implementación de un monitoreo constante de las actividades señaladas en la matriz de impactos, particularmente en la operación y mantenimiento de la central eólica evitando la generación de nuevos impactos colaterales y en el caso de que existan impactos inevitables, procurar corregirlos con la diligencia adecuada.

## **D. ESTABLECER COSTOS DE PRODUCCIÓN**

### **1. Estudio económico**

Los costos de aerogeneración tienen diferentes componentes, entre los que se anotan:

- Avance tecnológico
- Disponibilidad del recurso viento
- Situación geográfica del lugar
- Costos de capital y financiamiento

Por lo que en el presente trabajo se consideran estos parámetros

El desarrollo de la energía eólica se ha manifestado en el hecho de que ha sido, de todas las fuentes energéticas, la de mayor crecimiento durante el período 1990-2000, con un 25.7 % y la capacidad instalada se duplica cada 3 años.

Las turbinas eólicas han incrementado su rango de potencias hasta tener turbinas de alrededor de 6 MW ya disponibles en el mercado para aplicaciones en alta mar (off shore) y en el continente (on shore).

Los fabricantes de turbinas eólicas han reducido el costo de la generación mediante la implementación de técnicas de fabricación, empleando las ventajas que dan las últimas herramientas de ingeniería, aplicando nuevos conceptos a diseños existentes e incrementando el tamaño de las turbinas.

Para el año 2009, los fabricantes están instalando máquinas de entre 1 y 6 MW, y muchos fabricantes se encuentran desarrollando máquinas de mayor potencia, las cuales se encuentran enfocadas para instalaciones "off shore" en aguas poco profundas de las costas europeas. Esta tendencia es guiada por cuestiones económicas, porque las turbinas pueden generar mayor energía si el tamaño del rotor es mayor, lo que requiere también torres y generadores de mayor tamaño.

Para aplicaciones "offshore" el incremento es justificado debido a que el costo de la plataforma y el cable hacia tierra es alto, por lo que es mejor instalar una turbina del mayor tamaño posible dentro de las limitaciones de diseño de las plataformas.<sup>(1)</sup>

## **2. Evolución de costos de generación eólica**

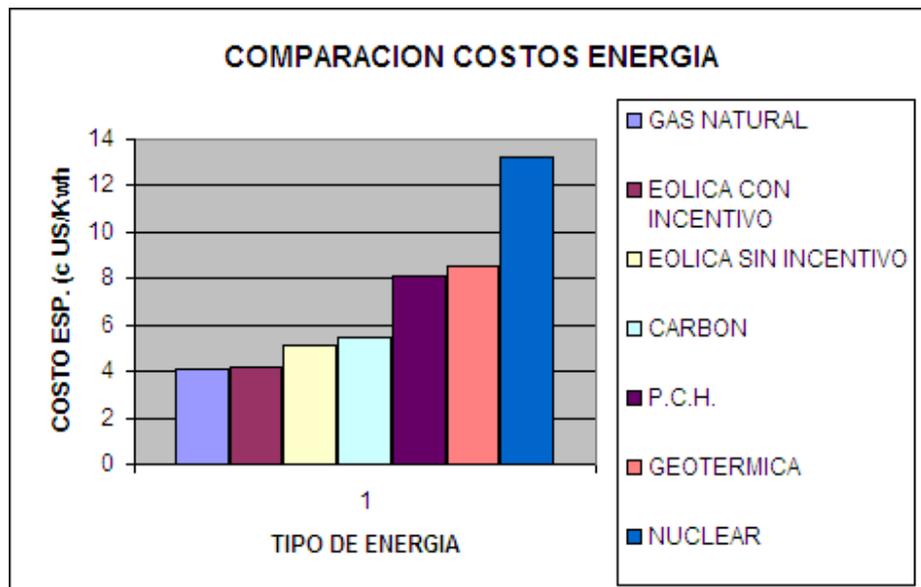
El reto es perfeccionar la tecnología, para lograr captar la mayor cantidad de energía del viento y lograr mayor confiabilidad de los sistemas para entregar la energía a los clientes a un precio competitivo. Para el año de 1980 el costo de generación eólica se encontraba en alrededor de los 35 centavos de dólar por Kw-h hasta los 4 y 5 en la actualidad.

Actualmente la generación con energía eólica presenta costos competitivos, pues como se presenta en la siguiente gráfica, estos son únicamente superados por el uso de gas natural:

**TABLA 11. COSTO ESPECÍFICO DE ENERGÍA**

FUENTE	COSTO ESPECIFICO (c USD/Kwh)
GAS NATURAL	4.1
EOLICA CON INCENTIVO	4.2
EOLICA SIN INCENTIVO	5.1
CARBON	5.5
PEQUEÑAS CENTRALES HIDROELECTRICAS	8.1
GEOTERMICA	8.5
NUCLEAR	13.2

Fuente: The Environmental Costs of Electricity, Pace University Center for Environmental Legal Studies, New York



Fuente: The Environmental Costs of Electricity, Pace University Center for Environmental Legal Studies, New York

**FIG 3. COMPARACIÓN COSTOS DE ENERGÍA**

Aunque estos costos han decrecido significativamente los investigadores consideran que nuevas mejoras podrían reducir estos costos de un 30 a 50% más. La meta propuesta por investigadores del área es alcanzar costos de 3 centavos de dólar por Kwh en sitios de buen recurso para el año 2004 y de 3 a 4 centavos de dólar en sitios de potencial moderado para el período 2007-2015.

Actualmente los costos están alrededor de 1,000 USD por Kw instalado, de un proyecto de energía eólica.

### **3. Costos actuales de generación eólica**

Los costos actuales de generación eólica a nivel internacional son variables y mucho más cuando se trata de importación de equipos energéticos, pues estos son construidos en las diferentes latitudes geográficas, tal es el caso de un equipo de tecnología europea que tendrá un valor diferente a equipos de tecnología americana, para lo que se presenta un ejemplo de cotización de equipos eólicos que podrían instalarse en Ecuador, la cotización ha sido efectuada mediante comercio electrónico.

Es necesario manifestar que las proveedoras de equipos eólicos no proporcionan información económica, toda vez que no han habilitado su presencia en el mercado ecuatoriano, tal es el caso de Repower.

### **4. Desglose de costos**

A continuación en la tabla 12, se desglosan los costos porcentuales de los Sistemas Conversores de Energía Eólica, por componente; a saber:

**TABLA 12. DESGLOSE DE LOS COSTOS DE LA ENERGÍA EÓLICA**

<b>Concepto</b>	<b>Porcentaje del costo inicial</b>
Turbinas (FOB)	49%
Construcción (civil, mecánica)	22%
Torre	10%
Intereses durante la construcción	4%
Conexión a la subestación	4%
Actividades desarrolladas (gestión administrativa)	4%
Cuotas legales y de financiamiento	3%
Diseño e Ingeniería	2%
Transportación terrestre	2%
<b>Total</b>	<b>100%</b>

Fuente: The Environmental Costs of Electricity, Pace University Center for Environmental Legal Studies, New York

##### **5. Estudio de costos de generación eólica en Ecuador**

El Ecuador al momento no cuenta con tecnología adecuada para construir turbinas eólicas, salvo que a manera de proyecto piloto se construya algún tipo demostrativo y de muy baja escala, por lo que el país deberá importar estos equipos, cuyos costos serían los que se han analizado anteriormente.

Se anota que existen en Ecuador, turbinas eólicas instaladas y en funcionamiento, tal es el caso de el parque eólico de Galápagos (2 MW) y en Montecristi (800 KW), equipos con tecnología extranjera.

En tal virtud, la implementación de la energía eólica en Ecuador será dependiente de la importación de tecnología y equipos, es por esta razón que el presente trabajo es un aporte a la desagregación tecnológica en la transformación de esta fuente renovable de energía.

A manera de estudio cuantitativo en el presente trabajo se muestra un desglose de costos de la energía eólica, bajo la siguiente característica.

**a. Características Físicas:**

- Lugar: La Victoria.- cantón Urcuquí- provincia Imbabura
- Tipo de viento: montaña - valle
- No. Viento: 6-7 (Escala Beaufort)
- Características: Mueve árboles grandes, vegetación rastrera
- Velocidad de viento: 10-12 m/s
- Tipo de instalación: Turbina tripala Repower de 82 MM
- Costo total de la instalación: \$ 2.050.000,00 (dos millones cincuenta mil dólares)

**TABLA 13. DESGLOSE DE COSTOS EN ECUADOR**

<b>Concepto</b>	<b>Costo (U.S. \$)</b>
Turbinas (FOB)	1.004.500,00
Construcción (civil, mecánica)	451.000,00
Torre	205.000,00
Intereses durante la construcción	82.000,00
Conexión a la subestación	82.000,00
Actividades desarrolladas (gestión administrativa)	82.000,00
Cuotas legales y de financiamiento	61.500,00
Diseño e Ingeniería	41.000,00
Transportación terrestre	41,000,00
<b>Total</b>	<b>2.050.000,00</b>

Fuente: Autor de la Tesis

El tiempo de recuperación de la inversión será (TIR):

$$TIR = \frac{Inversión}{Beneficio}$$

Donde:

Inversión: USD 2.050.000,00 (costo total del aerogenerador)

Beneficio: Considerando la generación de 2.05 Mw en 1 año (365 días), al que se descuenta 1 mes en el que se efectuaría la paralización del sistema para mantenimiento del mismo, se tienen 335 días, que implicarían una generación de:

$$\text{Generación eléctrica anual} = \frac{335 \text{ días}}{\text{año}} * \frac{24 \text{ h}}{\text{día}} * 2050 \text{ Kw} = 16.482.000,00 \text{ Kwh / año}$$

Beneficio económico: Considerando el costo de la energía importada por el País actualmente a Colombia que es de 6 centavos el Kwh, y por decisión del CONELEC la energía eólica producida se factura a 9,07 c\$/Kw-h se tiene:

$$\text{Beneficio} = 16.482.000 \text{ Kwh / año} * 0.0907 \text{ USD / Kwh} = 1.494.917,4 \text{ USD / año}$$

Luego:

$$T..I.R = \frac{2.050.000 \text{ USD}}{1.494.917,4 \text{ USD / año}} = 1.37 \text{ años} = 500 \text{ días}$$

## 6. Inversión

La inversión económica que se debe efectuar está relacionada con los costos que representan la instalación y por cada megavatio de potencia instalado esta será de un millón de dólares americanos de acuerdo a la investigación del mercado internacional que se ha efectuado, por lo que la misma debe canalizarse a través de créditos que deberán promover organismos de electrificación (EMELNORTE) que bien podrían asociarse con organismos seccionales (Consejo Provincial, Consejos Cantonales), además se podría incluir la factibilidad de empresas mixtas (inversionistas nacionales y extranjeros), pues la inversión en generación

energética con energía de viento es rentable como lo demuestran las cifras, cuyos precios del Kwh está en la actualidad en el orden de 4 a 5 centavos de dólar y en comparación del costo actual de la energía eléctrica facturada en nuestra ciudad que es de 12 a 13 centavos de dólar el Kwh, existe a simple análisis una ventaja competitiva y una rentabilidad visible.

## **VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **A. CONCLUSIONES**

- El complejo ecoturístico termas de Chachimbiro, es uno de los más importantes en su género en la Provincia de Imbabura y del país en general, por sus prestaciones de servicio al usuario, su volumen de visitantes, trabajo comunitario con la gente del lugar y su gran proyección ecoturística nacional e internacional.
- El uso de la energía eléctrica que mensualmente se consume en el complejo ecoturístico, así como el de las 350 familias que componen las 7 comunidades campesinas, es considerable, y al haber en la zona aledaña recursos naturales renovables como el viento, es posible la implementación de un sistema alternativo de generación energética que alterne o supla la convencional.
- El lugar escogido luego del análisis técnico y prospección eólica respectiva es adecuado, por su ubicación geográfica, al estar cerca del complejo ecoturístico, de las comunidades y tener vías de acceso y cercanía al Sistema Nacional Interconectado, que permiten facilidades para la implementación del proyecto.
- La gran apertura brindada tanto por directivos, trabajadores y moradores de las comunidades aledañas, permite avizorar la factibilidad real del proyecto energético.
- El lugar escogido para la implementación del proyecto presenta un recurso renovable como es el viento en gran intensidad, como lo demuestra el potencial eólico cuantificado, esto es velocidades promedio de viento de 6.48 m/s a 10 metros de altura del suelo, que proporcionan 11.39 m/s a 70 metros de altura, velocidad compatible con la requerida por los sistemas eólicos del mercado internacional.
- Se selecciona un sistema de conversión de energía del viento con las siguientes características técnicas 1 generador eólico tipo Repower System MM82, de 2050 KW,

diámetro del rotor de 82 metros, tripala, altura al buje de 69 metros, que proporciona 17958 MW-h/año de energía.

- La generación energética anual es importante y está en el orden de 17958 MW-h/año de energía, que cuantificado a un costo de 9.07 centavos de dólar el KW-h, produciría una cantidad de divisas en el orden de 1.494.917,4USD/año, valor que permitirá una recuperación del capital en 500 días (1.37 años), luego de lo cual todo el ingreso económico por la venta de la energía al CONELEC será para los inversionistas del proyecto, que vienen a ser la Fundación Cordillera, las comunidades y los gobiernos seccionales que apoyarían el proyecto.
- La rentabilidad del proyecto bordea el 73%, considerada en términos económicos como excelente, lo que permitirá en el futuro un desarrollo sustentable de la región.
- Otra de las bondades del proyecto es su carácter ecológico, pues para remediación ambiental, no se requieren de recursos económicos como lo demuestra la tabla No. 2. En comparación con otras fuentes energéticas convencionales.
- La matriz de impactos ambientales de Lázaro Lagos determina una cuantificación positiva del proyecto que proporcionan un total de 553 impactos positivos, reflejados en un mejoramiento en la calidad de vida, del ambiente, y económico, base del desarrollo sustentable.
- La hipótesis planteada en el proyecto se cumple, esto es que en el complejo ecoturístico termas de Chachimbiro se puede utilizar para sus necesidades energéticas, energía renovable, así como también para las comunidades pertenecientes a la Fundación Cordillera, permitiendo además la venta de energía sobrante al CONELEC.

## **B. RECOMENDACIONES**

- Se procure la pronta implementación del proyecto elaborado, que implica una diversificación y alternabilidad de los recursos naturales, esto es el cambio de la generación energética convencional por la energía renovable del viento.
- Socializar los resultados del proyecto con las nuevas autoridades seccionales de la provincia de Imbabura, cantón Urcuquí y de EMELNORTE, toda vez, que las mismas obedecen a un constante cambio por situaciones políticas, para procurar dar prioridad y continuidad a este proyecto técnico.
- Buscar y consolidar la inversión inicial (U.S. \$ 2.050.000 ) para la ejecución del proyecto, con la interrelación de la embajada de Ecuador en Alemania, a través del Dr. Horacio Sevilla, quien en su oportunidad ofreció el apoyo político para el proyecto, manifestando que existen otras fuentes de financiamiento internacionales, particularmente del Gobierno e inversionistas de la República de China.
- Asegurar el conocimiento del potencial del viento del lugar, mediante estudios sistematizados vía satélite de la NASA, quienes asegurarían la presencia del viento en función de un análisis prospectivo de los datos históricos de sus registros actuales, garantizando de esta forma la inversión, continuidad de generación y sustentabilidad del proyecto.
- Se efectúe un Sistema de Gestión Ambiental (S.G.A) de parte de la Fundación Cordillera, relacionado con el control y mantenimiento de las variables ecológicas, particularmente de la llegada racional de visitantes al parque eólico, con la finalidad de asegurar la supervivencia del hábitat.
- Procurar a la brevedad posible efectuar los trámites legales para la obtención de permisos municipales, de EMELNORTE y del Ministerio de Electricidad y Energías Renovables del Ecuador para la viabilidad del proyecto.

- Se continúen este tipo de trabajos de verdadera vinculación de la Universidad ecuatoriana con la colectividad, particularmente con las comunidades menesterosas del país.

## **VII. RESÚMEN**

El presente trabajo de graduación analiza la posibilidad de la implementación de un sistema alternativo de energía limpia para el complejo ecoturístico termas de Chachimbiro. Se estudia la alternativa adecuada para la implementación de generación eléctrica limpia para el sector, analizadas las variables energéticas alternas, sus ventajas y desventajas en función de las características técnicas, económicas y ambientales se considera que la más conveniente es la energía eólica, en base de los parámetros técnico, económico y ambiental. Se efectúa la proyección del sistema conversor de energía eólica, pues existe el recurso disponible (viento) y la demanda requerida, compatibles con los del lugar escogido, que es el sitio La Victoria, cantón Urcuquí, Provincia de Imbabura, dando lugar a la selección del sistema eólico de las características: 1 generador eólico tipo Repower System MM82, de 2050 KW, diámetro del rotor de 82 metros, tripala, altura al buje de 69 metros, que proporciona 17958 MW-h/año de energía. Se efectuó un estudio del impacto ambiental de la zona de influencia mediante la elaboración de la matriz de Lázaro Lagos, que proporcionan un total de 553 impactos positivos, reflejados en un mejoramiento en la calidad de vida, del ambiente, y económico, lo que nos permite considerar al proyecto como una base del desarrollo sustentable de la zona. Se concluye el trabajo con un análisis de costos del proyecto que permiten conocer la rentabilidad del mismo, con un costo de inversión de US\$ 2.050.000,00, que pueden ser recuperados en un tiempo de 500 días (1.37 años)

## **VIII. SUMMARY**

This paper for graduation analyzes the possibility to apply an alternative and clean power system for the thermal ecotourism center from Chachimbiro. A suitable choice is being studied to apply a clean electric generation implementation for the sector. After analyzing the possible power variables, your advantage and non advantage on function of your technical, environment and economical characteristics, the wind power is considered as the most convenient based on the technical, economical and environmental parameters. The transforming wind power system projection was carried out because the necessary source (wind) is available and the required demand match with the chosen place, La Victoria, Urcuqui Canton, Province of Imbabura. Therefore, the wind power choice system took place with the following features: 1 wind power generator brand name Repower System MM82, 2050 MW, rotor diameter of 82 meters, three-blade, axle box height of 69 meters that gives 17958 MW-h/power year. An environment research in the influence zone was carried by creating the Lazaro Lagos matrix which gives a total of 553 positive impacts to improve living conditions, environment and economy. That's why this project is considered as a base for the zone sustainable development. This research concludes with a project cost analysis to know is profit with an investment cost of US\$ 2.050.000,00 that can be gotten in 500 days (1.37 years).

## **IX. BIBLIOGRAFIA**

**BOFFA** Cesare.-Hacia la explotación de la energía eólica.- Bogotá.- 1983.

**CABALLERO** Verónica, Practicas Pre-profesionales II, Diagnostico Ambiental de Las Lagunas del Centro de Recursos Tecnológicos “Fátima” Provincia de Pastaza, Riobamba Ecuador, 2006.

**FUNDACION CORDILLERA-CIC**.- La Microcuenca de Chachimbiro.- Proyecto de Educación Ambiental y Desarrollo de los Recursos Naturales de Chachimbiro.- Quito-Ecuador 1994-1996.- pg. 34-42.

**GARCIA** Cristina.- **HERNAEZ** Isabel.- Operación: Energías alternativas.- España 2004.

**GEDEON S.** Corporación.- Energías Alternativas.- N0. 7.- España.- 1981.

**MORAGUES J** y **RAPALLINI A**.- Energía eólica.- Instituto Argentino de Energía.- Bs.As. Argentina.- 2.003.

**SANTILLAN** Rodolfo.- Tecnología y Medio ambiente.- Ed. ESPOCH.- Riobamba-Ecuador.- 2.005.

**American Wind Energy Association**, Global Wind Energy Marke Report, 2001

**American Wind Energy Association:** WINDPOWER 2001, <http://www.awea.gov>

**European Wind Energy Association:** <http://www.ewea.gov>

**Department of Energy**, USA, Wind Power Today,2001

# **ANEXOS**

**X. ANEXOS**

**ANEXO 1. CONSUMO MENSUAL DE ENERGÍA EN TERMAS CHACHIMBIRO**

*CHACHIMBIRO*

**EmelNorte**

RUC.: 1090051721001      **FACTURA DE GRANDES CLIENTES**  
 Dir.: Santo Domingo - Borrero 8-73 y Chica Narvaez      Autorización 1106418384  
 Telf.: 295 5860 • Fax: 295 7590 • Ibarra - Ecuador      Valida hasta Noviembre del 2009

Fecha Emisión: 15/06/2009  
 Factura No. 001-002-1182686  
 No. Control: 4988705 16

CONTRIBUYENTE ESPECIAL RESOLUCION Nº 155

Suministro: 49887 - 4 FUNDACION CORDILLERA      Fax:      R.U.C.: 1090107522001

**DIRECCIÓN NOTIFICACIÓN:**  
 Geocódigo: 97-07-741-013U  
 Calle: CHACHIMBIRO      Numero:      Piso:      Dpto:      Interseccion: CHACHIMBIRO  
 Barrio/Urb.:      Parroquia: Tumbabiro      Canton: Urcuqui

**DIRECCIÓN DEL SERVICIO:**  
 Plan: 92      Geocódigo: 98-07-741-0010  
 Calle: CHACHIMBIRO      Numero:      Piso:      Dpto:      Interseccion: CHACHIMBIRO  
 Barrio/Urb.:      Parroquia: Tumbabiro      Canton: Urcuqui

**INFORMACIÓN DE CONSUMO:**  
 Período Consumo Desde: 2009/06/12      Hasta: 2009/06/11      Dias Facturados: 30  
 Factor de multiplicación: 1.00      Constante: 1.00  
 Recargo Pérdidas en Transformación: 2 %

**INFORMACIÓN DE CONCEPTOS FACTURADOS:**  
 Punto de entrega: Media Tension

Concepto	Valor
DEMANDA	23 Kw 91.57
PENAL BAJO FACT.POTE	0.90 10.07
COMERCIALIZACION	1.41
CONSUMO 07h - 22h	4149Kwh 253.09
CONSUMO 22h - 07h	2185Kwh 107.06
<b>SUBTOTAL SERVICIO ELECTRICO</b>	<b>463.20</b>
L.V.A.	0.05
ARR. TRANSF (IVA)	0.43
<b>SUBTOTAL OTROS CONCEPTOS</b>	<b>0.48</b>
ALUMBRADO PUBLICO	64.85
IMPUESTO BOMBEROS	3.27
<b>SUBTOTAL VALORES DE TERCEROS</b>	<b>68.12</b>
<b>TOTAL A PAGAR:</b>	<b>531.80</b>

Factor Potencia: 0.90      Factor Corrección: 0.83

**LECTURA**

Medidor	Descripcion	Actual	Anterior	Consumo	Tipo Lect
M306774	Activa 22h - 07h	31732.000	29590.000	2184.84	TOMADA
M306774	Activa 07h - 22h	15011.000	10943.000	4149.36	TOMADA
M305774	Demanda Normal-Lec.Dir	22.980	21.980	23.44	TOMADA
M306774	Demanda Pico-Lec.Direc	19.170	18.880	19.553	TOMADA
M306714	Reactiva Normal	91475.000	88533.000	3000.84	TOMADA

Consumos      Demanda facturada

Fecha Facturación: 2009/06/15  
 Pagar Hasta: 2009/06/30

Ejecutivo de cuenta: NELSON RODRIGO RIASCOS GUERRON  
 Telfs: 2641288/2641289/2641290      EXT 2264  
 e\_mail: riascos@emelnorte.com

**EmelNorte 989**

29 JUN 2009

RECAUDADORA CANCELADO

(\*) BASE PARA RETENCION 1%: 528.05  
 (\*) BASE PARA RETENCION 2%: 0.43

Edwin Ruales - Imprenta Offset "B&D" 06 2955759 / 2603560 / 099170991 Ibarra

## ANEXO 2. PLIEGO TARIFARIO DE ECUADOR Y LATINOAMÉRICA

**CONELEC**  
DIRECCIÓN DE TARIFAS

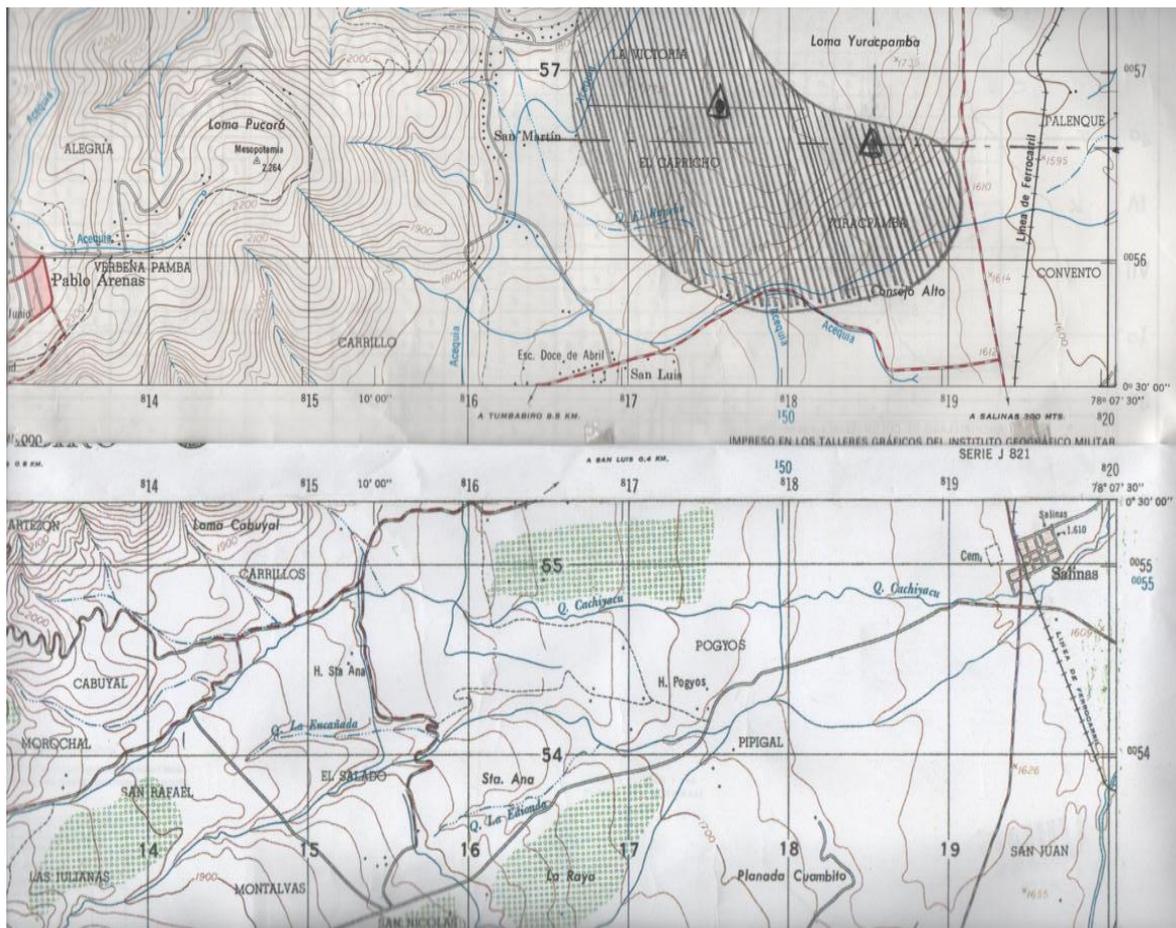
**EMPRESAS ELÉCTRICAS DEL PAÍS**  
CARGOS TARIFARIOS ÚNICOS

A excepción de: Empresa Eléctrica Quito S.A.  
Corporación para la Administración Temporal Eléctrica de Guayaquil

RANGO DE CONSUMO	DEMANDA (USD/kW)	ENERGÍA (USD/kWh)	COMERCIALIZACIÓN (USD/consumidor)
<b>CATEGORÍA RESIDENCIAL</b>			
<b>NIVEL TENSIÓN BAJA Y MEDIA TENSIÓN (BTRC)</b>			
0-50		0.081	1.414
51-100		0.083	1.414
101-150		0.085	1.414
151-200		0.087	1.414
201-250		0.089	1.414
251-300		0.091	1.414
301-350		0.093	1.414
351-400		0.095	1.414
Superior		0.095	1.414
<b>RESIDENCIAL TEMPORAL (BTRT)</b>			
		0.100	1.414
<b>CATEGORÍA GENERAL</b>			
<b>NIVEL TENSIÓN GENERAL BAJA TENSIÓN (BTGG)</b>			
<b>BAJA TENSIÓN SIN DEMANDA (BTGSD)</b>			
<b>G1: COMERCIAL/ ENTIDADES OFICIALES</b>			
0-300		0.072	1.414
Superior		0.083	1.414
<b>NIVEL TENSIÓN MEDIA TENSIÓN CON DEMANDA HORARIA (MTDH)</b>			
	4.676		1.414
07h00 hasta 22h00		0.061	
22h00 hasta 07h00		0.049	
<b>NIVEL TENSIÓN ALTA TENSIÓN</b>			
	4.400		1.414
07h00 hasta 22h00		0.055	
22h00 hasta 07h00		0.049	
<b>CATEGORÍA ALUMBRADO PÚBLICO</b>			
	2.940	0.105	



**ANEXO 4. CARTA TOPOGRÁFICA 1:25.000 CT. CAHUASQUI.**



**ANEXO 5: SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO (SNI)**



**ANEXO 6. ESCALA DE VIENTO DE BEAUFORT**

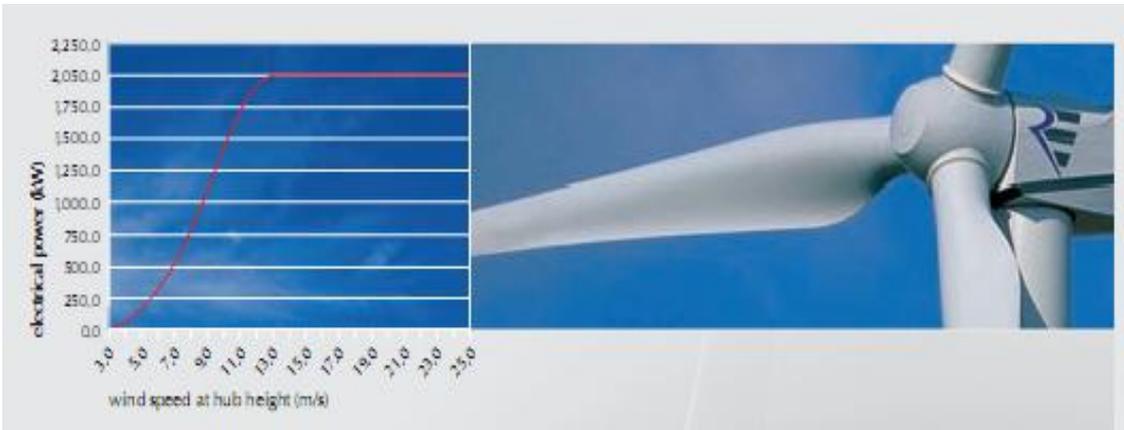
<b>No.</b>	<b>m/s</b>	<b>EFFECTOS DEL VIENTO SOBRE LA TIERRA</b>	<b>NOMBRE DEL VIENTO</b>
0	0-0.5	Calma, el humo se eleva verticalmente	Calma
1	0.6-1.7	La dirección del viento es mostrada por la desviación de la vertical del humo, no indican las veletas	Brisa
2	1.8-3.3	Se siente el viento en la cara, susurro de las hojas, las veletas se mueven.	Flojito
3	3.4-5.2	Constante movimiento hojas y ramitas, las banderas ligeras flotan extendidas.	Flojo
4	5.3-7.4	Levanta polvos y papeles, mueven ramas pequeñas.	Bonancible
5	7.5-9.8	Pequeños árboles se cimbrean	Fresquito
6	9.9-12.4	Mueve ramas de árboles grandes, silba En alambres, difícil uso de paraguas	Fresco
7	12.5-15.2	Mueve árboles enteros. Dificultad al caminar	Muy fresco
8	15.3-18.2	Arranca ramitas, difícil caminar	Frescachón
9	18.3-21.5	Arranca tejas, chimeneas	Duro
10	21.6-25.1	Arranca árboles de raíz, construcciones	Muy duro
11	25.2-29	Muchos daños	Huracanado
12	29 o más	Muchos daños, ciclones	Huracán

## ANEXO 7. INFORMACIÓN ESTADÍSTICA DEL VIENTO

### RECOPIACIÓN DE DATOS DE VIENTO SALINAS-IMBABURA MES: SEPTIEMBRE 2008

DIA/HORA	01H00	02H00	03H00	04H00	05H00	06H00	07H00	08H00	09H00	10H00	11H00	12H00	13H00	14H00	15H00	16H00	17H00	18H00	19H00	20H00	21H00	22H00	23H00	24H00	V m/s
1	3,3	4,7	4,2	5,2	5,4	4,8	4,2	4,4	4,7	4,5	5,5	5,6	6,1	7,3	8,3	10,1	13,2	12,3	12,8	12,9	6,4	7,3	6,1	5	6,85
2	3,4	4,2	4,4	4,9	5	4,7	3,3	4,6	4,6	3,2	6,4	5,6	5,7	6,8	6,3	9,3	12	11,6	13,2	10,5	5,6	6,2	5	4,5	6,29
3	2,3	2,6	5,5	4,2	4,8	6,4	4,9	4	4,5	3	6,8	4,2	8,4	7,2	7,8	10,5	11,8	13	11,7	10,2	6,1	6,9	5	3,4	6,47
4	3,6	4,6	4,5	4,7	3,8	4,8	4,9	3,5	4,3	3,4	6,6	4,6	8,2	7,7	7,7	10,8	10,4	9,4	9,3	8,9	6	5,4	4,9	2,6	6,03
5	3,7	2,1	3	3,75	4,2	3,2	3,4	3,6	2,7	4,1	5,5	4,8	6,7	7	8,9	6,3	9,7	11,7	12	8,9	6,3	4,9	3,1	2,9	5,52
6	3,3	3,1	4,2	4,7	5,5	5	6,3	4,8	4,9	5,8	6,8	6	7,1	6,3	8,3	11,2	12,5	10,9	13	11,2	6,3	6,2	5,2	3,8	6,77
7	3,1	4,5	4,5	6,7	7,8	5,9	5,3	6,4	5,4	4,3	6,3	7	7,4	9,1	10,2	11,5	12,5	12,2	12	12,3	6,2	5,3	4,9	3,3	7,25
8	3,5	3,4	5,5	6,4	3,7	6,3	7,4	5,1	4,4	5,8	5,7	8,8	7,4	7,8	7,1	8,7	10,8	11,6	8,8	9,5	5,3	6,4	5	4,9	6,64
9	3,3	4,4	3,5	5	4,3	5,1	4,4	3,9	5,1	6,2	6,9	6	4,4	8,2	9,5	8,3	12,6	10,8	10,6	9,9	5,9	4	4,4	4,4	6,30
10	3,6	3,4	3,5	5,4	5,9	4,6	5,7	7,8	4,8	6,3	6,9	9	7,1	10,3	11,3	11,2	9,9	7,8	12	13,4	5,7	6,4	5,9	4,2	7,17
11	3,4	3,8	4,2	3,5	3,6	4	3,2	4,1	4,8	6,2	6,3	6,9	6,2	5,4	10,4	8,9	11,4	7,1	6,6	9,9	6,3	6,3	4,3	3,9	5,86
12	2,9	2,3	3,8	4,6	5,4	4,8	5,7	7,6	4,4	6,4	6,3	4,1	6,5	9,9	7,4	7,9	10	6,9	7	9,2	4,8	5,3	4,9	2,2	5,85
13	2,3	2,3	2,3	3,3	4,4	4,5	4,9	5,2	5,4	5,7	5,5	3,8	4,5	6,1	7,7	7,4	10	8,5	6,7	8,8	6,3	4,4	5,2	4	5,38
14	2	1,5	3,6	3,4	4,7	6,5	4,5	6,7	6,7	6,8	6,7	7,7	7,9	9,2	11,1	10,3	8,9	11	10,2	9,3	5,2	2,7	2,1	1,2	6,25
15	3,9	3,3	3,1	5	5,7	6,9	6	6,4	4,7	4,4	5,2	9,9	5,5	4,2	5,4	9	9,2	7,7	12	8,3	6,2	4,3	3,4	3,6	5,97
16	2,8	3,4	4,5	5,7	5,7	4,7	6,5	8,4	4,1	4,3	6,2	9,3	9,4	7,5	10	11,3	11,9	12,4	10,5	9	6,4	6,5	5,2	3	7,03
17	3,3	4,4	4,5	5,6	5,8	5,8	4,5	6,7	7,8	6,4	6,2	6,9	8,8	9	8,8	7,5	10	10,3	11,4	10,5	6,7	8	6,6	4,4	7,08
18	3,7	4,3	4,1	3,4	4,5	6,6	5,7	7,6	4,5	8,9	5,9	8,5	8,1	7	11,4	10,6	10,5	10	6,1	8,6	5,4	5,5	6,7	4	6,73
19	2	3,8	2,5	3,6	5,6	5,6	2,8	3,3	2,5	5,4	3,4	6,4	8,6	5,2	6,1	6,3	7,5	4,2	3,8	2	6,1	4,5	2	1,8	4,38
20	1	1,2	1,8	3,5	7	5,1	4,3	9	4,2	4	2,1	7	6,3	5,2	8	8	11,2	12	7	6,8	7,5	3	2,1	1,9	5,38
21	3	2,5	3,4	4,2	5,3	7,2	4	5,9	3,8	3,5	7,2	6,6	8,9	8,3	12,8	9,7	12	14	10,2	7	7,1	4	3,3	3	6,54
22	2,4	1,9	3,5	4	3,9	3,5	7	5,2	3,7	8	9	6,2	7,6	9,8	11,1	12	13	12,9	11	6,5	6,3	6	5,2	3,9	6,82
23	3,5	4	5,1	5	3,8	7,2	5,1	4,2	6,1	6	7	9,8	9,8	8,9	13	9,5	9,4	9,5	9	8	5,6	9	6,3	5,2	7,08
24	6	5,2	4,8	6	4,5	6,2	7,1	4,9	5	7,2	6,5	7,1	8	5,2	10	7,2	10	11	11,3	12,3	6	7,8	7	5,6	7,16
25	3,4	4,5	3,7	5,6	3,4	4,5	6,7	7,8	5,3	9,8	8,9	6,2	10,3	10,3	12,4	12,3	11,4	10,2	9	6,7	5,6	5,6	4,4	3,2	7,13
26	2,3	3,4	4,4	4,4	4,5	5,6	6,7	6,9	8	7,1	7,8	5,4	9,4	8,2	11,3	10,4	10,3	10,3	9,4	9,5	5,6	5,6	4,1	3,4	6,83
27	3,1	3,4	3,5	4,5	5,8	7,8	6,5	5,6	8,6	7,3	7,5	7,7	9,8	9,6	10	9,5	11,4	11	10,3	9,4	5,2	6,6	5,3	3,2	7,19
28	2,3	2,4	3	4,5	5,6	6,5	6,4	5,3	7,2	8,4	8,5	6,9	9,5	10,2	11,4	9,9	9,8	9,8	10,4	9,5	5,6	5,6	4,3	2,4	6,89
29	3,2	3,4	4,3	5,7	6,4	5,6	6,3	5,8	7	8,9	8,5	6,5	10	8,1	11,2	10,9	10,7	11,3	9,3	7,4	6,4	5,3	4,8	3,7	7,11
30	2,5	3,1	3,9	3,4	4,5	6	5,3	5,9	6,6	7,3	8,5	5	9,3	9,3	12,4	11,4	12,3	10,4	8,4	6,8	5,4	3,5	4	2,9	6,59
PROM	3,07	3,37	3,89	4,66	5,02	5,51	5,30	5,69	5,19	5,95	6,55	6,65	7,76	7,81	9,58	9,60	10,88	10,39	9,83	9,11	5,98	5,62	4,69	3,52	6,48

**ANEXO. 8: CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO REPOWER MM 82**



	<i>MM82</i>	<i>MM92</i>	<i>31M</i>	<i>5M</i>	<i>6M</i>
Rated power	2,050 kW	2,050 kW	3,300 kW	5,000 kW	6,000 kW
Rotor diameter	82.0 m	92.5 m	104.0 m	126.0 m	126.0 m

REpower Systems AG · Headquarters · Überseering 10 · 22297 Hamburg · Germany  
 Phone: +49-40-5 55 50 90-0 · Fax: +49-40-5 55 50 90-39 99  
 E-mail: info@repower.de · www.repower.de



## Technical data

### Design data

Rated power	2,050 kW
Cut-in speed	3.5 m/s
Rated wind speed	14.5 m/s
Cut-out speed	25.0 m/s
Wind zone	up to DIBt 3
Type class	up to IEC Ia

### Rotor

Diameter	82.0 m
Rotor area	5,281 m <sup>2</sup>
Rotor speed	8.5–17.1 rpm (+16.0%)

### Rotor blade

Length	40.0 m
Type	GRP sandwich construction; manufactured in infusion-process shell construction

### Box system

Type	Externally geared four-point bearing
Drive system	Gear motors
Stabilisation	Disc brake

### Gear system

Type	Combined planetary/spur wheel gearbox
Transmission ratio	i = approx. 105.4

### Electrical system

Generator type	Double-fed asynchronous generator, 4-pole (50 Hz) 6-pole (60 Hz)
Rated power	2,050 kW
Rated voltage	690 V (50 Hz) 575 V (60 Hz)
Rated speed	900–1,800 rpm (50 Hz) 720–1,440 rpm (60 Hz)
Generator protection class	IP 54
Converter type	Pulse width-modulated IGBTs

### Power control

Principle	Electrical blade angle adjustment – pitch and speed control
-----------	--

**ANEXO 9. FOTOGRAFÍAS DEL PROYECTO**



**Fotografía 6: INGRESO AL COMPLEJO ECOTURISTICO**



**Fotografía 7: COMPLEJO ECOTURÍSTICO TERMAS CHACHIMBIRO**



**Fotografía 8: PISCINA DE ADULTOS**



**Fotografía 9: PISCINA DE NIÑOS**



**Fotografía 10: SPA**



**Fotografía 11: SALÓN DE CONVENCIONES**



**Fotografía 12: TOBOGANES**



**Fotografía 13: AREA DE PICNIC**



**Fotografía 14: CABAÑAS DE ALOJAMIENTO**



**Fotografía 15: SERVICIO DE RESTAURANT**



**Fotografía 16: SALÓN DE JUEGOS**



**Fotografía 17: CHIVA**



**Fotografía 18: SENDEROS ECOTURÍSTICOS**



**Fotografía 19: JARDINERÍA DEL COMPLEJO**



**Fotografía 20: COMUNIDAD DE AZAYA**



**Fotografía 21: COMUNIDAD DE CHIRIYACU**



**Fotografía 22: COMUNIDAD DE SAN FRANCISCO**



**Fotografía 23 COMUNIDAD DE AJUMBUELA**



**Fotografía 24: COMUNIDAD DE CRUZ TOLA**



**Fotografía 25: COMUNIDAD DE PIÑÁN**



Fotografía 26: CANTÓN URCUQUI



Fotografía 27: PARROQUIA SALINAS



**Fotografía 28: COMUNIDAD LA VICTORIA**



**Fotografía 29: LUGAR ESCOGIDO PARA EL PARQUE EÓLICO**



**Fotografía 30: MEDICION DE VIENTO A RAS DE PISO**



**Fotografía 31: TORRE DE MEDICIÓN DE VIENTO A 10 METROS DE ALTURA**