



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**  
SISTEMA DE POSGRADO

**MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD**

**TEMA:**

Diseño de un parque eólico en el perfil costero ecuatoriano ubicado en el cantón Salinas –  
Chocolatera -provincia de Santa Elena.

**AUTOR:**

Ing. Mendez Guano Carlos Leonid

Trabajo de Titulación previo a la obtención del Grado Académico de  
**MAGÍSTER EN ELECTRICIDAD CON MENCIÓN EN ENERGÍA RENOVABLE Y  
EFICIENCIA ENERGÉTICA.**

**TUTOR:**

Ing. Bohorquez Escobar, Celso Bayardo Mgs

Guayaquil, Ecuador  
18 de noviembre del 2022



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
SISTEMA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD CON MENCIÓN EN ENERGIA  
RENOVABLE Y EFICIENCIA ENERGETICA**

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por **ING. CARLOS LEONID MENDEZ GUANO** como requerimiento parcial para la obtención del Grado Académico de **MAGÍSTER EN ELECTRICIDAD CON MENCIÓN EN ENERGIA RENOVABLE Y EFICIENCIA ENERGETICA.**

**TUTOR**

---

**ING. CELSO BAYARDO BOHORQUEZ ESCOBAR, MGS**

**DIRECTOR DEL PROGRAMA**

---

**ING. CELSO BAYARDO BOHORQUEZ ESCOBAR, MGS**

Guayaquil, 18 de noviembre del 2022



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
SISTEMA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD CON MENCIÓN EN ENERGÍA RENOVABLE Y  
EFICIENCIA ENERGÉTICA**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

**Yo, CARLOS LEONID MENDEZ GUANO**

**DECLARO QUE:**

El trabajo de titulación “Diseño de un Parque Eólico en el perfil costero ecuatoriano ubicado en el Cantón Salinas – Chocolatera -Provincia De Santa Elena.”, previa a la obtención del grado Académico de Magíster, ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del trabajo de titulación del Grado Académico en mención.

Guayaquil, 18 de noviembre del 2022

EL AUTOR

ING. CARLOS LEONID MENDEZ GUANO



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
SISTEMA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD CON MENCIÓN EN ENERGÍA RENOVABLE Y  
EFICIENCIA ENERGÉTICA**

**AUTORIZACIÓN**

Yo, CARLOS LEONID MENDEZ GUANO

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del trabajo de titulación de Maestría titulado: “Diseño de un Parque Eólico en el perfil costero ecuatoriano ubicado en el Cantón Salinas – Chocolatera -Provincia De Santa Elena.”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, 18 de noviembre de 2022

EL AUTOR

ING. CARLOS LEONID MENDEZ GUANO

# INFORME DE URKUND



## Document Information

Analyzed document	TESIS FINAL 1.2.docx (D143164387)
Submitted	8/22/2022 8:19:00 PM
Submitted by	
Submitter email	maestria.electricidad@cu.ucsg.edu.ec
Similarity	1%
Analysis address	celso.bohorquez.ucsg@analysis.orkund.com

## Sources included in the report

SA	<b>descarga p.pdf</b> Document descarga p.pdf (D109143176)		1
SA	<b>PROYECTO DE COMERCIO-ORI.docx</b> Document PROYECTO DE COMERCIO-ORI.docx (D13590173)		1
SA	<b>TESIS DAVID CASTRO.docx</b> Document TESIS DAVID CASTRO.docx (D11365607)		1
SA	<b>TESIS DAVID CASTRO.pdf</b> Document TESIS DAVID CASTRO.pdf (D11332258)		2
SA	<b>TIG-Neiva-Guevara-Vargas.pdf</b> Document TIG-Neiva-Guevara-Vargas.pdf (D90144567)		1

Reporte Urkund del Trabajo de Titulación denominado “**Diseño de un Parque Eólico en el perfil costero ecuatoriano ubicado en el Cantón Salinas – Chocolatera -Provincia De Santa Elena**” del Ingeniero Carlos Leonid Méndez Guano. Una vez efectuado el análisis antiplagio el resultado indica 1% de coincidencia

f. \_\_\_\_\_

Ing. Bayardo Bohórquez Escobar, M.Sc.

## **Dedicatoria**

Dedico este trabajo de investigación a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mi esposa e hijas quienes con su apoyo y cariño me han dado la fuerza y el valor para continuar con mi proceso de formación académica.

A mis padres quienes siempre me han motivo a continuar con mi preparación y su apoyo económico también me permite alcanzar las metas que me propongo.

En especial quiero dedicar a cada uno de mis compañeros, que hemos compartido durante este proceso de formación, ya que el trabajo en equipo dentro y fuera del aula nos ha permitido llegar a esta recta final.

## **Agradecimientos**

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición y sabiduría llena mi vida y la de toda mi familia; ya que me ha permitido transitar este camino con mucha fuerza y tenacidad.

Mi profundo agradecimiento a todas las Autoridades de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil, Facultad Técnica Para el Desarrollo, por confiar en mí, abrirme las puertas y permitirme realizar todo el proceso de aprendizaje y madures para la obtención de la Maestría en Electricidad con mención en Energía Renovable y Eficiencia Energética.

Finalmente quiero expresar mi más sincero agradecimiento al Ing. Celso Bayardo Bohórquez Escobar, Mgs, principal colaborador durante todo el proceso de investigación, quien con su dirección, conocimiento, enseñanza y humildad permitió el desarrollo de este trabajo.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
SISTEMA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD**

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

f. \_\_\_\_\_  
ING. CELSO BAYARDO BOHORQUEZ ESCOBAR, MSC  
TUTOR

f. \_\_\_\_\_  
ING. GUSTAVO MIGUEL MAZZINI MUÑOZ, MGS  
REVISOR

f. \_\_\_\_\_  
ING. DIANA CAROLINA BOHORQUEZ HERAS, MGS  
REVISOR

f. \_\_\_\_\_  
ING. CELSO BAYARDO BOHORQUEZ ESCOBAR, MSC  
DIRECTOR DEL PROGRAMA



## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	XIII
ABSTRACT .....	XIV
CAPÍTULO I.....	2
<b>1. ESTRUCTURA DE LA INVESTIGACIÓN Y MARCO REFERENCIAL .....</b>	<b>2</b>
<b>1.1 Introducción .....</b>	<b>2</b>
<b>1.2 Justificación del problema.....</b>	<b>3</b>
<b>1.3 Antecedentes.....</b>	<b>3</b>
<b>1.4 Definición del problema.....</b>	<b>3</b>
<b>1.5 Formulación del problema .....</b>	<b>4</b>
<b>1.6 Preguntas de investigación .....</b>	<b>4</b>
<b>1.7 Objetivos.....</b>	<b>4</b>
<b>1.8 Hipótesis.....</b>	<b>4</b>
<b>1.9 Fundamentación Teórica .....</b>	<b>5</b>
<b>1.9.1 Contaminación .....</b>	<b>5</b>
<b>1.9.2 Energías renovables .....</b>	<b>7</b>
<b>1.9.3 Energía del viento.....</b>	<b>8</b>
<b>1.9.4 Vientos en los perfiles costeros .....</b>	<b>9</b>
<b>1.9.5 Conceptos de energía eólica.....</b>	<b>10</b>
<b>1.9.6 Conceptos de la electricidad en la energía eólica .....</b>	<b>11</b>
<b>1.9.7 Sistemas eólicos.....</b>	<b>11</b>
<b>1.9.8 Creación y generación del viento .....</b>	<b>11</b>
<b>1.9.9 Partes de básicas de un sistema eólico. ....</b>	<b>13</b>
<b>1.9.10 Tipos de máquinas eólicas. ....</b>	<b>17</b>
<b>1.9.11 Clasificación de las máquinas.....</b>	<b>17</b>
<b>1.9.12 Aplicaciones de las maquinas eólicas .....</b>	<b>20</b>
<b>1.9.13 Concepto del impacto ambiental de la energía eólica. ....</b>	<b>20</b>
<b>1.10 Marco Conceptual.....</b>	<b>22</b>
<b>1.10.1 Energía Eólica en Ecuador .....</b>	<b>22</b>
<b>1.10.2 Energía Eólica ventajas y desventajas .....</b>	<b>22</b>
<b>1.10.3 La Tierra usada.....</b>	<b>24</b>
<b>1.10.4 Concepto del impacto ambiental de la energía eólica. ....</b>	<b>25</b>

<b>Capítulo II</b> .....	26
<b>2 Marco referencial</b> .....	26
<b>2.1 Estudios Referenciales</b> .....	26
<b>2.2 Marco Legal</b> .....	29
<b>CAPÍTULO III</b> .....	30
<b>3 Marco Metodológico</b> .....	30
<b>3.1 Metodología</b> .....	30
<b>3.2 Modelo DPSIR</b> .....	30
<b>3.3 Ubicación geográfica del parque eólico</b> .....	31
<b>3.4 Métodos:</b> .....	33
<b>3.5 Metodología de Trabajo (técnicas, herramientas y procedimientos).</b> .....	35
<b>3.6 Gestion de Datos</b> .....	35
<b>Capitulo IV</b> .....	36
<b>4 Análisis, Resultados, Conclusiones y Recomendaciones</b> .....	36
<b>4.1 Análisis y ubicación geográfica del parque eólico</b> .....	36
<b>4.2 Variación de temperaturas en la zona seleccionada</b> .....	37
<b>4.3 Factores geográficos técnicos para la construcción.</b> .....	38
<b>4.4 Estudio de eventos sísmicos en el sitio geográfico seleccionado</b> .....	43
<b>4.5 Análisis de los vientos en el área seleccionada para el parque eólico.</b> .....	45
<b>4.5.1 Direcciones predominantes del viento en la zona seleccionada</b> .....	46
<b>4.5.2 Rosa de los vientos en el área seleccionada para el parque eólico.</b> .....	48
<b>4.6 Selección de los equipos que serán contemplados en el diseño parque eólico.</b> .....	51
<b>4.7 Selección de los aerogeneradores</b> .....	54
<b>4.7.1 Analisis de la demanda electrica</b> .....	56
<b>4.7.2 Número de capacidad de turbinas de acuerdo al espacio físico disponible</b> .....	57
<b>4.7.3 Selección del modelo de aerogeneradores y proyección de la demanda de potencia eléctrica del parque eólico.</b> .....	59
<b>4.8 Estudio de Impacto ambiental que provoca el parque eólico</b> .....	61
<b>4.9 Información a la Población y socialización del proyecto</b> .....	65
<b>4.10 Conclusiones y Recomendaciones</b> .....	66
<b>GLOSARIO DE TERMINOS</b> .....	71
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	72
<b>ANEXOS</b> .....	75

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Circulación de la atmosfera .....	12
<b>Figura 2</b>	<b>Corrientes del viento en la atmósfera.....</b>	<b>12</b>
Figura 3	Perfil que toma el viento en las alturas .....	13
Figura 4	Partes básicas de un sistema eólico .....	14
Figura 5	Torre abatible.....	15
Figura 6	Tipos de Molinos.....	19
Figura 7	Tipos de molinos verticales .....	20
Figura 8	Configuración más común del sistema automatizado .....	22
Figura 9	Zona de parque Eólico .....	32
Figura 10	Temperaturas durante el días y meses en la zona de la chocolatera .....	37
Figura 11	Temperaturas en zona seleccionada para el parque Eólico.....	37
Figura 12	Vías de acceso a la chocolatera.....	40
Figura 13	Tipos de flujo de viento .....	41
Figura 14	Ubicación de la zona geográfica con coordenadas .....	42
Figura 15	Línea de ubicación del área seleccionada .....	42
Figura 16	Traza del perfil de velocidades a distintas alturas. ....	45
Figura 17	Relación año 2018 vs. Promedios históricos.....	48
Figura 18	Rosa de los vientos en las divisiones geográficas. ....	50
<b>Figura 19</b>	<b>Subestación eléctrica Chipipe .....</b>	<b>54</b>
<b>Figura 20</b>	<b>Transformador de alta tensión ( 5 MVA) .....</b>	<b>55</b>
<b>Figura 21</b>	<b>Distancia axial entre aerogeneradores.....</b>	<b>58</b>
<b>Figura 22</b>	<b>Ubicación Geográfica de los Aerogeneradores del parque eólico .....</b>	<b>59</b>
<b>Figura 23</b>	<b>Piscinas de ecuasal - salinas.....</b>	<b>64</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Fuentes de contaminación.....	5
Tabla 2 Porcentajes de elementos .....	6
Tabla 3 Velocidades en metros por segundos de los perfiles costeros.....	10
Tabla 4 Metodología de trabajo .....	35
Tabla 5 Estación meteorológica Ulpiano Páez .....	36
Tabla 6 Clases y Longitudes de Rugosidad .....	43
Tabla 7 Niveles de sismicidad .....	44
Tabla 8 Perfil de velocidades .....	46
Tabla 9 Registro de velocidades de vientos .....	47
Tabla 10 Registro de Siglas .....	49
Tabla 11 Frecuencias de dirección e intensidad del viento para el año 2018 .....	49
Tabla 12 Velocidad media por distribución de Weibull .....	52
Tabla 13 Calculo mensual de potencia media del viento.....	53
Tabla 14 Proyección de la demanda anual de potencia.....	56

## RESUMEN

En el presente trabajo se realiza un diseño de un parque eólico en el perfil costero del Ecuador, Cantón Salinas provincia de Santa Elena. El mismo que proveerá de energía eléctrica renovable, con la finalidad de poder reducir los costos económicos de generación de energía eléctrica.

El cantón Salinas, conocido por tener una de las mejores Playas de las costas ecuatorianas, posee un punto geográfico, el segundo en Sudamérica con mayor salida territorial al mar del Océano Pacífico, el cual es llamado Chocollatera. Se pretende realizar un diseño de un sistema de generación eléctrica basado en el uso de aerogeneradores; los mismos que se plantean proyectar fuera de la costa, el cual generara un atractivo sector turístico y a la vez ayudara con el incremento de la tasa de generación de energía renovable en el país.

A través del movimiento mecánico de las aspas que componen el aerogenerador, el cual se conoce como energía mecánica, el mismo que con la fuerza del viento produce la energía eléctrica que se requerirá para el análisis de este proyecto. En la actualidad el cantón Salinas de la provincia de Santa Elena, cuenta con el aprovisionamiento de energía eléctrica a través de las hidroeléctricas que funcionan en todo el Ecuador.

Para esta investigación se plantea proyectar el diseño con aerogeneradores Modelo E-126 Eercon, con una generación de al menos 6 MW anuales. De acuerdo al mapa de velocidad del viento en el perfil costero a proyectar el sistema de generación eléctrica con aerogeneradores, se evidencia que la misma esta desde los 5Km/h hasta los 28 Km/h.

En la actualidad el Cantón Salinas de la provincia de Santa Elena – Ecuador, cuenta con 49572 habitantes, de acuerdo a la página oficial de la agencia de regulación y control del Ecuador; el cantón Salinas tiene un consumo de energía eléctrica anual de 49`238,382.44 MWh año; las corrientes de vientos oscilan entre los 5 a 19 Km/h durante todo el año, hay meses en los cuales duran más de 24 días con velocidad de viento de 12Km/h, lo suficiente para el movimiento de las aspas de los generadores de corriente eléctrica renovable.

**Palabras clave:** AEROGENERADORES, E-126, MEGAVATIOS, VELOCIDAD DE CORRIENTES DE VIENTO

## ABSTRACT

In the present work, a design of a wind farm is carried out in the coastal profile of Ecuador, Salinas Canton, province of Santa Elena. The same one that will provide renewable electric energy, with the purpose of being able to reduce the economic costs of generating electric energy.

The Salinas canton, known for having one of the best beaches on the Ecuadorian coast, has a geographical point, the second in South America with the largest territorial outlet to the Pacific Ocean, which is called Chocolatera. It is intended to carry out a design of an electrical generation system based on the use of wind turbines; the same ones that are planned to project outside the coast, which will generate an attractive tourism sector and at the same time help with the increase in the rate of renewable energy generation in the country.

Through the mechanical movement of the blades that make up the wind turbine, which is known as mechanical energy, the same as with the force of the wind produces the electrical energy that will be required for the analysis of this project. Currently, the Salinas canton in the province of Santa Elena, has the supply of electricity through hydroelectric plants that operate throughout Ecuador.

For this research, it is proposed to project the design with Model E-126 Eercon wind turbines, with a generation of 6 MW per year. According to the wind speed map in the coastal profile to project the electricity generation system with wind turbines, it is evident that it ranges from 5 km/h to 28 km/h.

Currently, the Salinas Canton of the province of Santa Elena - Ecuador, has 49,572 inhabitants, according to the official website of the Ecuadorian regulation and control agency; Salinas canton has an annual electrical energy consumption of 49`238,382.44 MWh year; the wind currents oscillate between 5 to 19 km/h throughout the year, there are months in which they last more than 24 days with a wind speed of 12 km/h, enough for the movement of the blades of the current generators renewable electricity.

Keywords: WIND TURBINES, E-126, MEGAWATTS, SPEED OF WIND CURRENTS

## CAPÍTULO I

### 1. ESTRUCTURA DE LA INVESTIGACIÓN Y MARCO REFERENCIAL

#### 1.1 Introducción

A raíz del descubrimiento de la energía eléctrica, el ser humano se ha destacado en encontrar métodos y procedimientos para que este descubrimiento pueda ser de mucha utilidad para la sociedad. En busca de nuevas fuentes generadoras de energía eléctrica, el hombre se encuentra con fuentes renovables o interminables (no se agotan), las mismas que hasta la actualidad están en auge del desarrollo.

El uso de la energía renovable en la actualidad, permite el ahorro de recursos económicos y humanos, y a su vez estos no generan contaminación ambiental, ya que son fuentes generadoras de electricidad que son proporcionadas por la misma naturaleza.

Este uso de la energía eólica permitirá mantener en las costas ecuatorianas, la preservación del medio ambiente, adicionalmente ahorrará el costo económico de una parte de la población ecuatoriana en el consumo de energía eléctrica. Si bien es cierto la energía eólica tiene inicios desde el Siglo XII pero se está afianzando en la sociedad con un poder adquisitivo fuerte por los beneficios que ofrece.

En 2001 se creó en Dinamarca la Asociación Mundial de Energía Eólica (World Wind Energy Association), con sede en Bonn (Alemania) y concebida como una organización internacional para la promoción mundial de esta fuente de energía. Cuenta actualmente con unos 500 miembros en más de cien países. En la actualidad, generan energía eólica más de 80 países, la práctica totalidad de los desarrollados, pero también, y cada vez más, países en desarrollo. Europa es la región con mayor número de aerogeneradores. Hay unos 200.000 distribuidos por el mundo que, según datos de finales de 2011, generan 238,351 MWh de energía. Será de gran vitalidad contar con esta fuente de energía en el Cantón Salinas (costa ecuatoriana) donde tenemos corrientes de aires que nos permitirán el movimiento de las aspas.

El siguiente proceso de investigación, plantea diseñar un parque Eólico en la Costa Ecuatoriana, Cantón Salinas punto la Chocolatera, el mismo que desea colocar al Ecuador en un punto referente, a fin de que se viabilice el uso de energías renovables, los cuales sirven para ayudar a la conservación del medio ambiente y a su vez aportar con energía eléctrica sustentable que permita aportar a la red eléctrica actual, un porcentaje de energía que ayude a reducir el uso de centrales a uso de combustible.

## **1.2 Justificación del problema**

Por la falta de un sistema de energía que respalde en el menor tiempo posible el abastecimiento en caso de corte de servicio eléctrico en el Cantón Salinas, y el incremento estadístico de generación de energía limpia en el Ecuador, se realiza el diseño de un parque eólico en el punto llamado la Chocolatera del Cantón Salinas; dicho punto geográfico es el de mayor aprovechamiento en la costa ecuatoriana, ya que el mismo es el segundo punto a nivel de sur América con mayor salida al Océano Pacífico, y existen corrientes de viento que pueden ser aprovechadas para la generación de energía renovable.

Por otra parte, esta investigación pretende demostrar que en el Ecuador es viable el uso de energías renovables realizando una estructura de diseño de parque eólica en el perfil costero, con la finalidad de poder repotenciar el sistema actual de energía eléctrica estatal.

## **1.3 Antecedentes**

De acuerdo a los registros emitidos en la página Oficial de la Agencia de Regulación y Control del Ecuador, el cantón Salinas cuenta con una población de 49,572 habitantes, en dicho cantón de un alto índice de visitas turísticas por sus playas atractivas y su formidable clima, se ve en la obligación de realizar consumos de energía eléctrica anuales 49`230.382.44 MWh año, y a su vez sin contar la proyección de crecimiento poblacional que este punto geográfico puede brindar, es necesario plantear un sistema de respaldo eléctrico renovable, que permita contribuir con la distribución de energía y a su vez ser un soporte en casos emergentes que se presentan por interrupciones de servicio eléctrico.

En la actualidad el Cantón Playas, no cuenta con un sistema eléctrico de energía renovable, esta investigación pretende colocar el punto La Chocolatera, como un sector estratégico que permita generar energía eléctrica y pueda contribuir a la red actual de energía.

## **1.4 Definición del problema**

La falta de un sistema de respaldo energético hace que dicha población al momento de sufrir cortes de energía eléctrica, no permita que el mismo sea levantado en el menor tiempo posible. A su vez como punto estratégico de turismo y de alto nivel de conservación de medio ambiente requiere la generación de energía eléctrica limpia para poder incrementar el porcentaje de generación de energías limpias en el Ecuador y de esta forma reducir el desgaste de plantas generadoras a combustible que actualmente existen en el Ecuador.

Actualmente las Playas del cantón Salinas son un sector turístico de alta demanda a nivel nacional y con visitas de turistas internacionales. Esto ha permitido que el comercio se incremente y que locales prestadores de servicios hoteleros, bares, discotecas, entre otros, requieran de una alta demanda de servicio eléctrico. Viendo esta necesidad, es necesario que en la actualidad exista un sistema de generación de energía, a fin de que pueda ser una respuesta inmediata en cuanto existan interrupciones de servicio eléctrico que puede presentar la red eléctrica actual.



## 1.5 Formulación del problema

Del problema anteriormente mencionado, se desprende la siguiente formulación:

- ¿Es viable la elaboración de un diseño de un parque eólica en el perfil costero del Ecuador, situado en el Cantón Salinas-Provincia de Santa Elena, La Chocolatera?

## 1.6 Preguntas de investigación

- ¿Las corrientes de vientos que se presentan en la actualidad en el Cantón Salinas-Provincia de Santa Elena, La Chocolatera, ¿son favorables para la elaboración del diseño de un parque eólico?
- ¿Qué tan favorable puede ser colocar un parque eólico en el Cantón Salinas-Provincia de Santa Elena, La Chocolatera, ¿si existen aves que transitan dicha costa?
- ¿De qué manera se puede demostrar el volumen de generación eléctrico con el diseño del parque eólico en el Cantón Salinas-Provincia de Santa Elena, La Chocolatera?
- ¿En qué medida las alternativas de solución propuestas en la presente investigación coadyuvan a la distribución de energía eléctrica en el Cantón Salinas?

## 1.7 Objetivos.

### Objetivo general

- Elaborar un diseño de un sistema de generación eléctrica basado en el uso de aerogeneradores, el cual constituye posicionar un Parque Eólico en el perfil costero ecuatoriano ubicado en el Catón Salinas-Chocolatera-Provincia de Santa Elena.

### Objetivos específicos

- Analizar si la geografía del lugar permite la instalación de aerogeneradores y que tipo de equipamiento es recomendable instalar.
- Estudiar eventos sísmicos en el sitio geográfico que determinen si es factible la instalación de aerogeneradores.
- Evaluar el movimiento de las aspas basado en el análisis de corrientes de viento anual que se suscitan en el área geográfica de estudio para el diseño del Parque eólico.
- Estudiar el impacto ambiental que generaría a futuro una posible aplicación de un Parque Eólico en el Catón Salinas-Chocolatera-Provincia de Santa Elena.

## 1.8 Hipótesis

“El diseño de sistemas de tecnología de energía renovable, basado en un sistema de generación eléctrica por medio del uso de aerogeneradores particularmente eólico, representa una alternativa de distribución de energía y a su vez ser un soporte en casos emergentes que se presentan por interrupciones de servicio eléctrico estratégico para atender las demandas de energía eléctrica en el Cantón Salinas-Provincia de Santa Elena, La Chocolatera”.

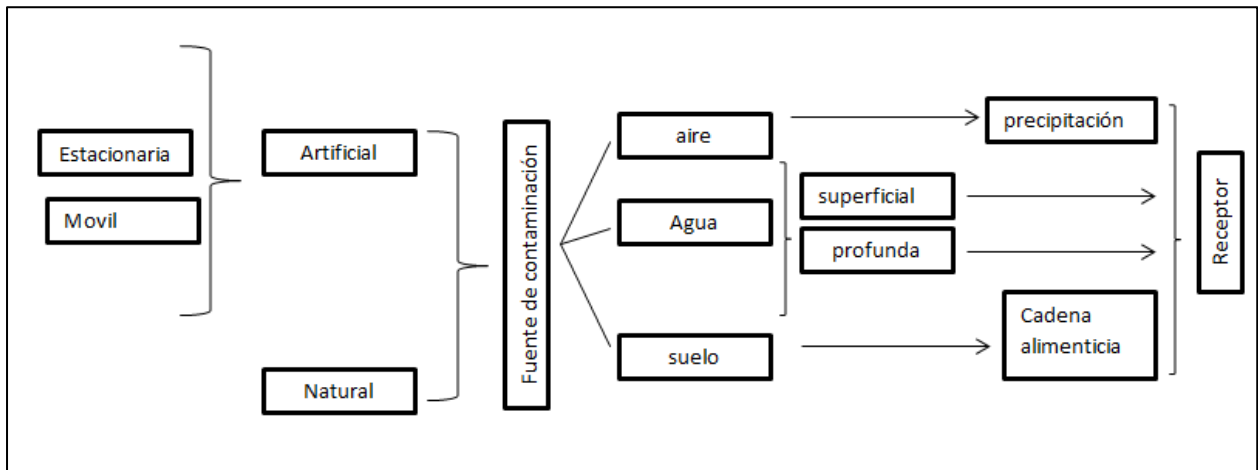
## 1.9 Fundamentación Teórica

### 1.9.1 Contaminación

Se define como contaminación cuando en algún medio natural ya sea aire, agua o suelo se encuentran sustancias indeseables en el mismo, en cantidades que afecten el bienestar y uso del área o medio contaminado. Se dirá que un vector ambiental está contaminado si en él se sitúa alguna sustancia que cause efectos negativos en el medio ya sea material, energía o ruido, calor, etc. Si una sustancia entrometida en un medio no causa contaminación alguna, no se la puede considerar como un agente contaminante. (Encinas, 2011)

La contaminación viene de diferentes fuentes ya sean artificiales o naturales, estas a su vez pueden ser móviles o estacionarias. Mencionamos como contaminantes primarios a los que son emitidos de forma directa por la fuente, tienen un nivel de emisión el cual es la velocidad a la que se emite la sustancia, posee unidades de masa y de tiempo por las características con las que se emite. Podemos observar un ejemplo en la siguiente Tabla:

**Tabla 1** Fuentes de contaminación



**Nota:** En esta tabla se observa las distintas formas de contaminación. **Fuente:** (Encinas, 2011)

Los contaminantes aparte de transportación y dispersión sufren también de reacciones químicas las cuales provocan que se transformen en contaminantes secundarios, Los contaminantes pueden alcanzar a los receptores por diferentes medios ya sea por precipitaciones, alimentos, etc. (Encinas, 2011)

**Contaminación atmosférica:** La atmosfera está compuesta por gases mayoritarios y minoritarios. Los gases mayoritarios son los siguientes en una atmosfera limpia como se muestran en la Tabla 2.

**Tabla 2** Porcentajes de elementos

Componente	Porcentaje en volumen
N <sub>2</sub>	78.04
O <sub>2</sub>	20.946
Ar	0.934
CO <sub>2</sub>	0 033

**Nota:** En esta tabla se observa los porcentajes. **Fuente:** (Encinas, 2011)

Los gases minoritarios son Vapor de agua, nitrógeno, oxido de azufre y O<sub>3</sub>. La contaminación de esta sucede en la capa llamada Estratosfera en la cual se desarrollan los procesos contaminantes (emisión y efectos). (Encinas, 2011)

Los vientos se producen por la energía solar y estos son los que mueven todos los fenómenos meteorológicos que suceden en nuestra atmosfera, el 1% o 2% de la energía solar recibida se transforma en vientos (30 millones de TWh). Los vientos son formados por las diferencias de presiones entre el calentamiento de las masas de aire cercanas a las superficies terrestres y marinas. (Maldonado, 2008)

En la troposfera es donde se produce el movimiento de masas de aire que son horizontales como verticales, también abunda el agua en esta capa ya que está muy cercana a la capa llamada hidrosfera. (Encinas, 2011)

En la troposfera se forman los fenómenos climatológicos como lluvia, nieve, niebla y son los que más afectan a la concentración de contaminantes ayudado por los vientos verticales formados en la estratosfera los cuales cuentan con velocidades de 200 km/h. En la troposfera se produce una variación de temperatura, a medida que la altura va aumentando la temperatura va disminuyendo, cuando se produce una inversión térmica en esta capa se producen fenómenos de acumulación de contaminantes al no poder ascender y dispersarse estos, normalmente en el día y la noche se dispersan estos contaminantes, aunque en la noche de forma un poco más lenta a causa de la baja de temperatura. (Maldonado, 2008)

Estas razones por las cuales se contamina nuestro medio ambiente son más que obvias para que se recurra a un nuevo tipo de desarrollo de energías y poder aprovechar los vientos y no expandir más tipos de contaminantes y la respuesta a esto es un parque eólico donde el viento nos daría energía a través de un sistema de turbinas, ahora nos preguntamos “¿Los parques eólicos producen contaminación? La respuesta es SI. Un cierto grado de contaminación que se puede producir en un parque eólico es la Contaminación Lumínica a causa de las luces de seguridad aeronáutica que se deben usar en las turbinas y el resto de instalaciones.

Un parque eólico ocupa grandes terrenos mayormente hallados en grandes parajes naturales lo que producirá una transformación significativa para el mismo por los cuales para la instalación de las maquinas e infraestructura necesaria se hará un estudio de impacto ambiental previo y así poder prever los perjuicios que se les pueda causar principalmente a las aves por sus rutas de vuelo, al paisaje ya que al ser un placer visual se puede ver afectado por el tamaño y el número de turbinas que se puedan instalar lo cual dañaría tanto el suelo como el paisaje en general. (Andrea, 2013)

En nuestro país tenemos varias regulaciones respecto a la energía eólica las cuales se especifican en la Ley de Gestión Ambiental de 1996 para mitigar o evitar el impacto ambiental negativo. Las consideraciones a tomar para el tendido y la distribución de la energía deben apegarse a los estándares del Reglamento ambiental para actividades eléctricas. (Maldonado, 2008)

Como mencionamos en un párrafo anterior la contaminación lumínica se puede dar a causa de la implementación de un sistema de balizamiento ubicado en los aerogeneradores con el propósito de evitar incidentes con las aeronaves que puedan transitar por la zona donde este ubicada nuestra instalación, este debe ir de acuerdo al reglamento vigente de la Dirección de Aviación Civil Ecuatoriana. (Maldonado, 2008)

Como fue mencionado anteriormente, tenemos un efecto visual del parque sobre el paisaje el cual puede ser negativo por eso se tiene como referencia el Convenio Europeo del paisaje, donde se especifica que un paisaje es un bien ambiental el cual debe ser un placer para los sentidos de quienes aprecien su entorno y debe ser bien conservado. Para países como Francia, Suiza y Alemania este convenio ha servido de referencia al emitir leyes en las cuales se conserven los paisajes, ya que la contradicción al momento de servirse de la energía eólica es que sus instalaciones modifican de forma muy notable el entorno. En Ecuador no se cuenta con alguna regulación oficial respecto a este sector.

El efecto visual negativo que se puede producir por un parque eólico se hace presente por la cantidad de turbinas con las que cuenta este, por el arreglo geométrico con el cual ha sido construido y por la gama de colores que haga contraste con el medio donde ha sido instalado aparte de la distancia donde cada turbina ha sido instalada respecto al paisaje. El arreglo geométrico del parque debe ser simple, con turbinas equidistantes en una línea paralela al perfil costero. (Maldonado, 2008)

Respecto al contraste, las turbinas deben tener una tonalidad grisácea y así tener el menor contraste con el cielo de fondo, colocar lo de manera mínimo letreros llamativos en lugares muy visibles. En este aspecto es difícil cuantificar un resultado ya que el impacto visual se basa en las apreciaciones que tienen las personas sobre el paisaje; apreciación que tienen de la energía eólica, básicamente en si les atrae como se puede ver un aerogenerador. (Maldonado, 2008)

## **1.9.2 Energías renovables**

Definimos como energía renovable a las formas de energía que están en constante producción y no hay forma humana en la que pueda agotarla, ya que se renuevan de forma continua a diferencias de otro tipo de energías como los combustibles. (Investigación, 2008)

Contamos con 6 tipos de energías renovables que son:

- Eólica: Energía obtenida de la fuerza del viento.
- Hidráulica: Energía que se produce por el paso de los ríos usando represas.
- Biomasa: Energía producida por materia orgánica constituida por seres vivos, ya sea de sus desechos fecales o restos mortales.
- Solar: Energía que se produce al aprovechar la radiación solar a través de paneles solares.

- Geotérmica: Energía que se obtiene a través de aprovechar el calor interno de la tierra.
- Energías Marinas: Es aprovechar la energía producida por el movimiento ondulatorio desarrollado en la superficie marina.
- Energía nuclear: Energía contenida en el núcleo de un átomo. En el núcleo se encuentran unidos los protones y neutrones, la energía nuclear es la que mantiene estos unidos. Se puede obtener por fusión o fisión. (Investigación, 2008)

Existen varios motivos para promover el uso de energías renovables, pero dos de los principales son el agotamiento de los combustibles fósiles y el cambio climático el cual ha sido causado por el hombre mismo, la implementación de energías renovables conlleva una serie de implicaciones positivas para una nación como:

- Reducir dependencia energética externa
- Beneficios para la industria turística con un cambio de imagen del lugar
- Desarrollo industrial local
- Generación de empleos
- Exportación de tecnologías. (Investigación, 2008)

### **1.9.3 Energía del viento**

El viento se produce por el movimiento del aire que rodea la tierra el cual es causado por la desigualdad de calentamiento solar en diferentes zonas de nuestro planeta, esto se traduce como energía en movimiento, una influencia en los vientos es la rotación terrestre. La energía del viento depende de su velocidad, la cual mientras esté más cerca del suelo es baja, pero aumenta de forma rápida cuando se incrementa la altura y la densidad (la cual es menor con el aumento de la altitud).

Para poder medir la intensidad de los vientos podemos usar la escala Beaufort, la cual se basa de forma principal en el estado del mar, sus olas y la fuerza del viento:

Existen 2 parámetros que debemos tomar en cuenta para medir el potencial eólico o energía del viento y estos son:

- Velocidad del viento.
- Dirección predominante.

Estos dos parámetros son variantes de análisis durante cada año. Se debe recopilar la información eólica que corresponda al menos de un año calendario, la cual se obtiene por aparatos de medición como el anemómetro que mide la velocidad y para ver la dirección la veleta. El estándar de ubicación de estos instrumentos de medición es de 10 m aunque la tendencia general es colocarlos a 20 m de altura. (Investigación, 2008)

La energía cinética está contenida en la energía eólica, esta se puede transformar en otro tipo de energía (mecánica, hidráulica, eléctrica) a través del uso de aeroturbinas. Tenemos aeromotores y aerogeneradores.

Los aeromotores son usados en el proceso de desalación del agua actualmente, aunque eran usados para moler los granos, bombeo de agua, etc.

El uso de los aerogeneradores aumento a partir del año 1990 de forma significativa, estos funcionan en base a la incidencia del viento sobre sus palas produciendo una rotación la cual moverá un generador que producirá electricidad. (Investigación, 2008)

Debemos considerar que en las zonas donde la radiación solar es mucho más intensa, como en el Ecuador, se acumula calor en el océano. Aquí el aire caliente asciende y se sustituye por el aire más próximo a los polos, así se forma la llamada circulación de Hadley, la cual es inestable a 30° de latitud, originando vientos que afectan otros lugares como las islas canarias. El flujo de aire producido no se proyectara en los polos, gracias a la fuerza de Coriolis que se produce por el movimiento de rotación terrestre, el cual modifica el curso dependiendo de la velocidad del viento y de la rotación de la tierra, ya que las masas de aire caliente se desplazan al Este. La circulación del aire es semejante en ambos hemisferios yendo de Oeste a Este en el hemisferio Norte. (Fernández, 2016)

La rosa de los vientos nos es de gran utilidad al momento de realizar las mediciones de la velocidad y dirección del viento. (Fernández, 2016)

La velocidad del viento varía según el terreno donde la midamos, normalmente es de 3 y 7 m/seg, en las costas suele ser de 6 m/seg y lo mismos en algunos valles. La velocidad del viento aumenta con el sol, lo que quiere decir que en la noche será menor.

La medición de la velocidad la vamos a hacer por medio de anemómetros, existen de rotación de presión.

Podemos clasificar los vientos según su velocidad:

- Viento instantáneo, velocidad medida en un momento determinado.
- Viento medio aerodinámico, se mide la velocidad durante un periodo de 2 minutos.
- Viento medio meteorológico, se mide la velocidad durante un periodo de 10 minutos.

Tenemos aumentos drásticos y de corta duración de la velocidad del viento a los cuales se los denomina como ráfagas, lo cual es propio que suceda durante tormentas.

#### **1.9.4 Vientos en los perfiles costeros**

Respecto a los vientos que se producen a lo largo del perfil costero ecuatoriano, se puede observar una gran influencia de los “viento alisios” los cuales son procedentes del sur, otros factores presentes son los microclimas u orografía que afecta la dirección y la magnitud del viento. (Jaramillo, 2017)

La Franja costera del ecuador está formada por Guayaquil, Puna, La libertad, Manta, Esmeraldas y San Lorenzo, red de estaciones costeras definidas por el INOCAR (Instituto Oceanográfico de la Armada) y el DGAC (Dirección General de Aviación Civil).

Aquí se presenta una tabla 3 con los datos más relevantes presentados por las entidades antes mencionadas.

**Tabla 3** Velocidades en metros por segundos de los perfiles costeros

Estación	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Esmeraldas	2,36	2,16	2,12	2,23	2,41	2,40	2,63	2,69	2,82	2,78	2,76	2,66
Guayaquil	1,99	1,83	1,79	1,81	1,96	2,03	2,07	2,02	2,01	2,10	2,15	2,07
Libertad	2,63	2,49	2,52	2,58	2,78	2,86	2,93	2,91	2,87	2,92	2,88	2,78
Manta	1,41	1,38	1,37	1,41	1,48	1,53	1,52	1,53	1,49	1,50	1,48	1,45
Puna	1,64	1,63	1,57	1,58	1,64	1,65	1,66	1,73	1,72	1,71	1,71	1,69
San Lorenzo	1,17	1,16	1,20	1,18	1,12	1,10	1,12	1,16	1,16	1,14	1,19	1,15
Puerto Bolívar	1,11	1,07	1,03	1,05	1,08	1,16	1,19	1,28	1,34	1,41	1,30	1,21

**Nota:** En esta tabla se muestra las velocidades en los distintos meses del año. **Fuente:** (climatología, 2021)

Se muestra en la tabla 3 la velocidad de los vientos de forma mensual la cual en mayoría están con velocidades por debajo de los 3m/s, a excepción de Libertad y Esmeraldas por encima de 2 m/s.

La dirección que predomina desde donde se originan los vientos en su mayoría es Sur – Oeste (influencia de vientos alisios) según las estaciones implementadas, a excepción de las estaciones de San Lorenzo y Puerto Bolívar que predomina la dirección Oeste - Norte gracias a la climatología y ubicación geográfica del lugar. (Jaramillo, 2017)

En manta y en libertad se presenta mayor influencia que viene de los vientos del mar. Tenemos factores naturales y artificiales que influyen en el cambio de magnitud y del perfil del viento en los cuales podemos clasificar como naturales a cultivos, temperatura, vegetación natural y las mismas estaciones del año. Como factores artificiales podemos mencionar los obstáculos presentados por construcciones, sean temporales o permanentes. (Jaramillo, 2017)

### 1.9.5 Conceptos de energía eólica

**Definición:** La energía eólica es la que se obtiene por medio del movimiento de masas de aire en otras palabras el movimiento del viento. (Cifuentes, 2016). Los aerogeneradores captan la energía cinética que contiene el viento y transforma en otro tipo de energía ya sea mecánica o eléctrica. (Herrera, 2014)

El movimiento de las masas de aire es gracias a las diferencias de presiones según el lugar donde se encuentren se mueven de alta a baja presión esto se conoce como el viento geostrofico. (Cifuentes, 2016), ya que la tierra esta confeccionada de diferentes materiales, infiere a que ésta misma absorba y libere calor a diferentes valores produciendo cambios constantes en el enfriamiento y calentamiento de las masas de aire. (Herrera, 2014)

La radiación solar produce la formación de bolsas de aire; mientras mayor sea la radiación solar, estas bolsas de aire tienen una mayor ascendencia y si es menor radiación, asciende menos. Aquí se concentra en bolsas que son sometidas a altas presiones, al mismo tiempo el aire caliente es sometido a presiones bajas en bolsas de aire más altas. (Herrera, 2014)

De toda la energía solar que llega a la tierra, solo un 2% llega a convertirse en energía eólica, la cual se disipa en un 35%. De esta energía a tan solo a un 1km de altura por encima del suelo,

en una mínima cantidad de esta energía se provecha para ser exactos 1/13, que aun así es suficiente para abastecer 10 veces el consumo primario de energía del mundo. (Clemente Álvarez, 2006)

### **1.9.6 Conceptos de la electricidad en la energía eólica**

Energía cinética: Esta es la energía que se genera gracias al movimiento de un cuerpo, capacidad de que un cuerpo pase de estar en reposo a moverse a cierta velocidad. Un objeto al momento de encontrarse en reposo tendrá una energía cinética igual a 0, esta aumentará al momento de que el objeto se ponga en movimiento y empiece a acelerar. (Icka, 2000)

Existen 2 tipos de energía cinética, la de traslación y la de rotación, a menudo encontramos ambas combinadas, este tipo de energía depende de la masa y velocidad que posee el cuerpo u objeto, se mide en Julios (J), la masa será medida en kilogramos (kg) y la velocidad en metros sobre segundos (m/s). La fórmula base de la energía cinética es  $E_c = \frac{1}{2} mv^2$ . (Icka, 2000)

La energía que se genera a través de las aeroturbinas se denomina como energía cinética, la cual aumenta al cubo de acuerdo a la velocidad que tenga el viento, si se llega a duplicar la velocidad base del viento, la energía producida será 8 veces mayor. (Clemente Álvarez, 2006)

La energía se obtiene por medio de la intercepción del aire con un obstáculo en el cual estarán girando las aspas del molino, así disminuye la velocidad del aire en un rotor y produce otra velocidad después en el rotor. (Aeronáutica, 2019)

### **1.9.7 Sistemas eólicos**

Un sistema de energía eólica o también un sistema de conversión de energía eólica, es un grupo de dispositivos electromecánicos creados para la producción de energía eléctrica utilizando como una fuente básica la energía cinética del viento. (Rodríguez, 1998)

Las corrientes de aire se producen por los rayos solares que azotan la tierra en diferentes regiones, calentando así la superficie de una manera no uniforme.

Además, el movimiento de rotación y traslación de nuestro planeta tierra, ayuda a que se produzca con mayor énfasis, este efecto debido a la radiación solar la cual da como origen el viento. (Holguin, 2018)

Como base fundamental, la energía eólica es la que aprovecha la energía cinética o también llamada energía de movimiento de las masas de aire que al golpear las paletas de la turbina la hacen girar transformando en energía mecánica rotatoria. Esta turbina eólica tiene un eje acoplado al generador eléctrico puede ser a través de una caja de engranajes o de manera directa. Entonces la energía mecánica se transforma a su vez en energía eléctrica. (Holguin, 2018)

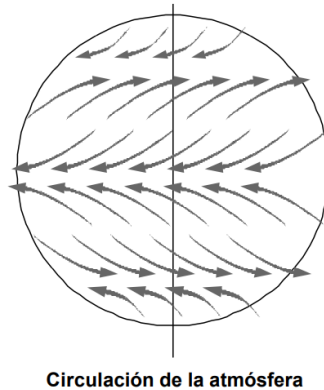
### **1.9.8 Creación y generación del viento**

Cómo se genera el viento que se genera por el calentamiento que es disipado de la superficie terrestre por la acción de la radiación del sol, en la región ecuatorial se produce una gran absorción de radiación solar que las que están en los polos, se cierra el ciclo con el movimiento, de la alta atmósfera y el aire caliente que va hacia los polos. La tierra gira, pero si no lo hiciese



está sería alterada por el movimiento de rotación creando vientos fuertes, dando forma a patrones generalizados. En este gráfico podemos ver la circulación en la atmósfera.

**Figura 1** Circulación de la atmosfera

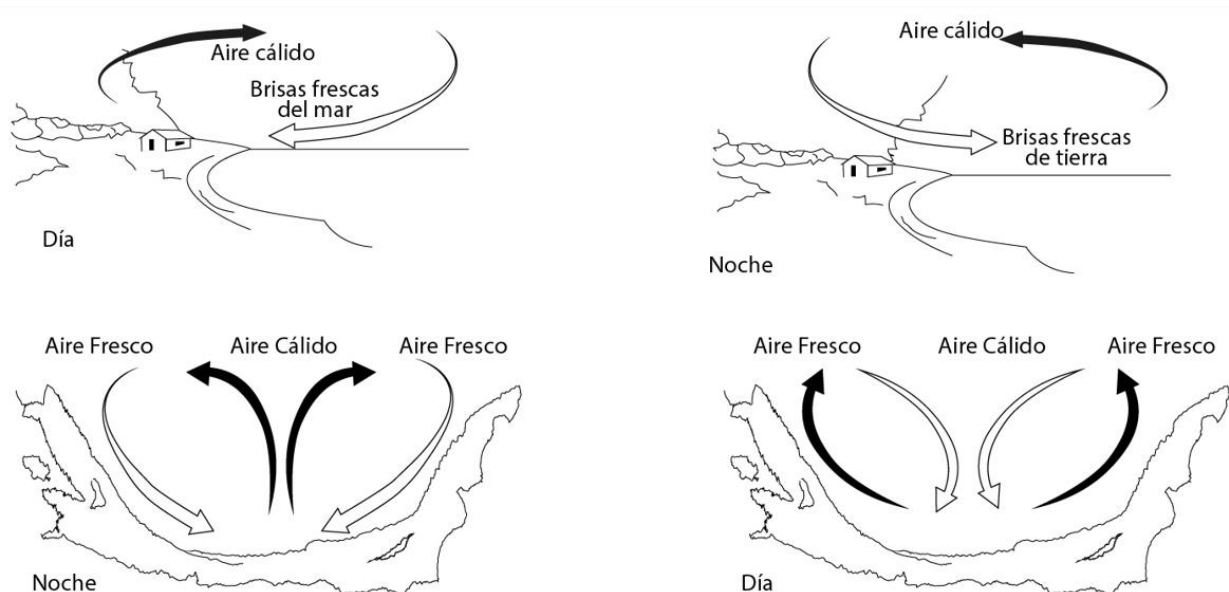


**Nota:** En esta figura se muestra la circulación del viento en la atmósfera. **Fuente:** (Holguin, 2018)

El movimiento que tiene la atmósfera es el que va acoplando los vientos que domina las grandes regiones en la tierra, cuando estos están más calientes existen ciertos tipos de fenómenos locales. Las brisas en la tierra y en el mar es un fenómeno motivado por el calentamiento las masas de aire en forma desigual. (Rapallini, 2003)

El viento recorrer desde el mar hasta la tierra durante el día y lo hace a lo largo de la costa, revirtiendo el proceso en el horario nocturno como vemos en la siguiente figura:

**Figura 2** Corrientes del viento en la atmósfera



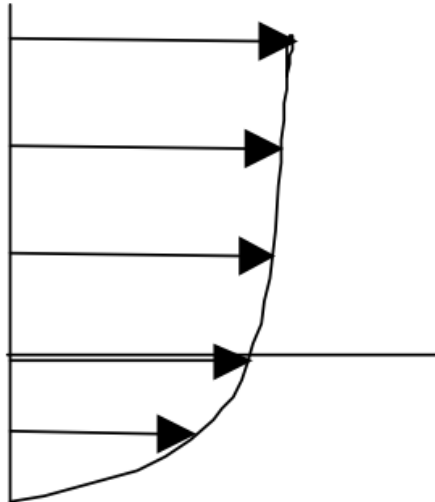
**Nota:** En esta figura se muestra las corrientes del viento en la atmósfera. **Fuente:** (Holguin, 2018)

En las zonas montañosas sucede un fenómeno igual que mencionamos en el mar, estos se crean por el calentamiento del aire que entra en contacto con las cuestas, bajadas, pendientes, toda la

heladera, generándose corrientes de aire que ascienden durante las horas del Sol y que descienden en la noche. (Rapallini, 2003)

Importante conocer que la velocidad del viento cambia con la altura y depende principalmente de la forma del terreno por el cual circulan las masas de aire cómo podemos ver en la figura 3.

**Figura 3** Perfil que toma el viento en las alturas



**Nota:** En esta figura se muestra el perfil del viento en las alturas. **Fuente:** (Rapallini, 2003)

Estas variaciones que tienen el viento de acuerdo al perfil de la montaña que recorre, es el que produce cambios y fenómenos en el mismo, el cual no tendría comparación con la masa de aire que recorre toda la costa desde el mar hasta la tierra. (Rapallini, 2003)

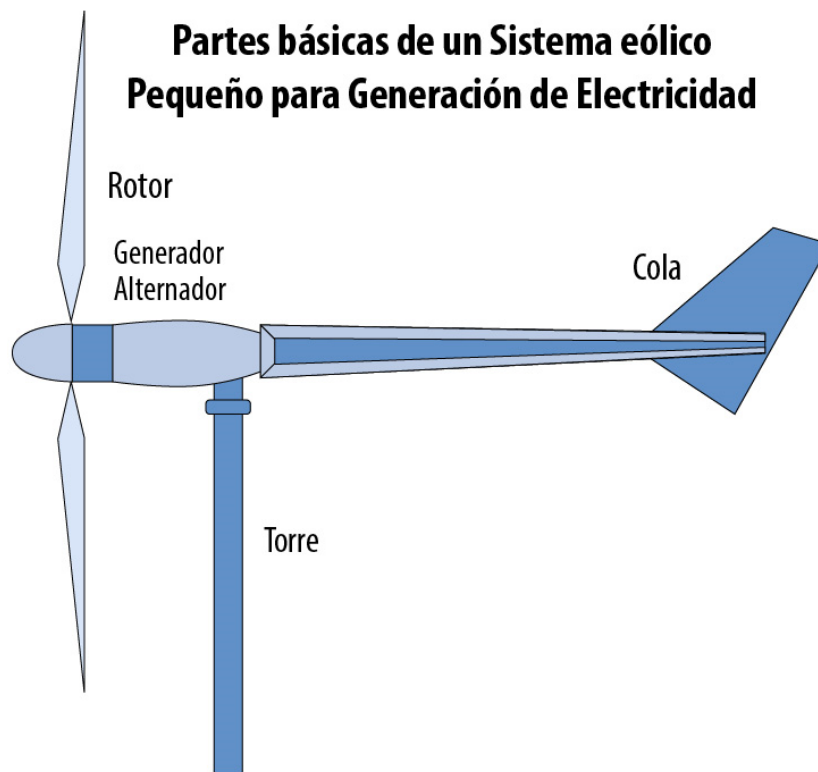
La turbina eólica gestiona movimiento debido al siguiente proceso: Al calentar irregularmente la superficie de la tierra por parte del sol se genera el viento. Lo que hace la energía eólica es convertir la energía cinética del viento en una energía mecánica, la cual da acción aún generadora el cual crearía energía eléctrica. En la actualidad las turbinas eólicas son una fuente de electricidad viable. (mexico, 2017)

La pala de la máquina eólica tiene forma aerodinámica, la cual le permite atrapar la mayor cantidad energía del viento, la misma que le va hacer rotar, estimulando una flecha de acoplado al generador para así producir electricidad. (mexico, 2017)

### 1.9.9 Partes de básicas de un sistema eólico.

El sistema eólico normalmente está compuesto por un generador o alternador que se encuentra montado en una estructura, con regularidad una cola, rotador, una torre, el cableado con sus componentes del sistema de balance, las baterías, controladores e inversores. Por medio del movimiento de las palas, la turbina transforma la energía cinética que da el viento, en un movimiento rota tereo que acciona el generador. (mexico, 2017)

**Figura 4** Partes básicas de un sistema eólico



**Nota:** En esta figura se muestra partes básicas de un sistema eólico. **Fuente:** (mexico, 2017)

### Partes básicas externas

#### Turbina eólica

La mayor cantidad de turbinas cuentan con dos o tres palas, las cuales normalmente se fabrican con fibra de vidrio.

El diámetro de flotadores, es el que determina la cantidad de electricidad que puede generar el sistema eólico, este parámetro es el que define la cantidad de viento captado por la turbina, el caparazón de la turbina es el esqueleto donde el generador, el rotador y la cola están montados. (mexico, 2017)

La turbina se mantiene siempre frente al viento por la ayuda de la cola. (mexico, 2017)

#### El rotor

El rotador se lo puede ver fácilmente desde el exterior, es idéntico al de un avión y está sobre todas las palas, las cuales van sostenidas las hélices que se mueven por el choque del viento. (ENERGY, s.f.)

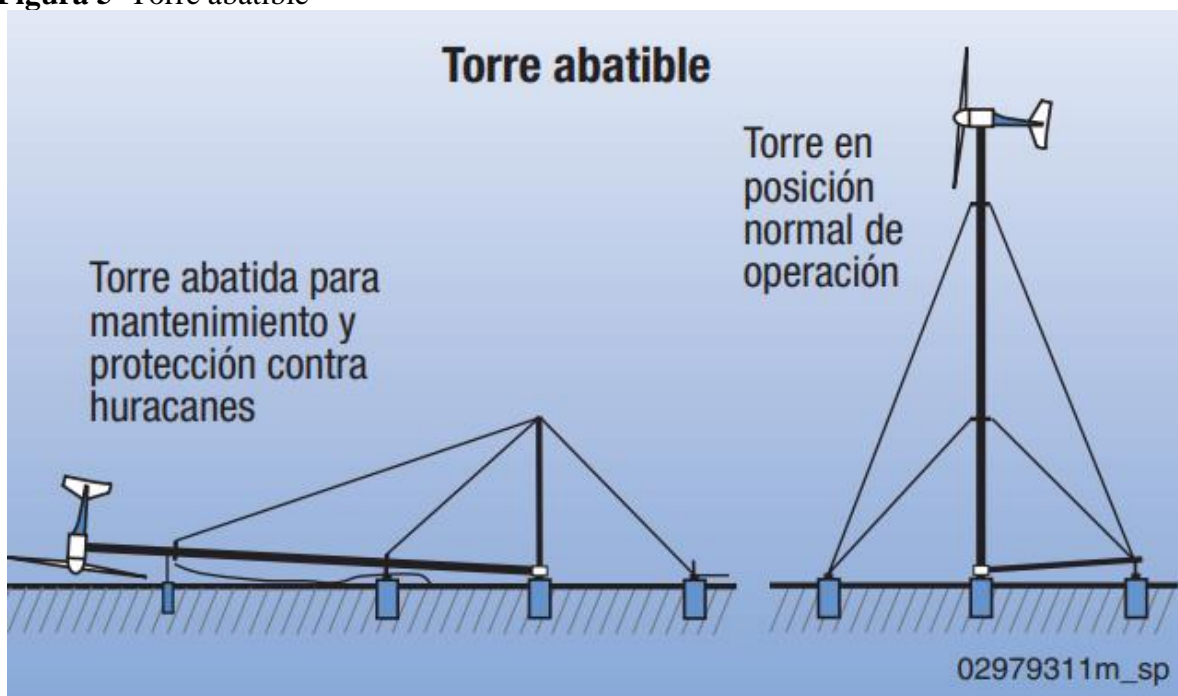
## La góndola

Es en su totalidad el recubrimiento del habitáculo del generador eólico que se encuentra tras los alabes y encierra los componentes básicos que permitirán la producción de electricidad. (ENERGY, s.f.)

## Torre

La turbina tiene que estar en una gran altura, porque de esa manera va a favorecer el viento con mayor intensidad y la fuerza del mismo va a permitir generar más energía. La torre no puede evitar turbulencia producida por el aire, dicha turbulencia puede afectar hasta el suelo; debido a obstáculos, por ejemplo, construcciones de gran altura, árboles o lomas. En el caso de sistemas eólicos pequeños, la guía para consumidores de sistemas eólicos pequeños para generación de electricidad dice: Por regla general se recomienda instalar la turbina en una torre, en la cual la parte inferior del rotor esté a una altura de 30 pies (9 metros) de cualquier obstáculo que te encuentre a una distancia de 300 pies (90 metros) de la torre. Relativamente inversiones menores en una torre más alta pueden resultar en tasas más altas de generación de energía. También en estas máquinas eólicas pequeñas existe un sistema contra huracanes en la cual se puede inclinar la infraestructura, algo que sería más difícil en el sistema industrial, aquí se muestra el sistema contra huracanes en la siguiente figura 5. (mexico, 2017)

**Figura 5** Torre abatible



**Nota:** En esta figura se muestra la torre abatible. **Fuente:** (mexico, 2017)

## **Partes internas**

### **El generador**

Este aparato es el que transforma la energía mecánica del movimiento mecánico de las palas en electricidad. (mexico, 2017)

### **Sistema de transmisión**

Este sistema es el que trasmite la conexión que tiene el rotador con el generador y como su nombre lo menciona es el encargado de transmitir esa energía en movimiento por medio las palas que son movidas por la fuerza del viento para así ser transformada. (Eolica, 2010)

### **Balance del sistema**

Aparte de otros componentes como la turbina y la torre existe otro llamado el “balance del sistema” lo cual depende de la aplicación que se use, gran cantidad de los fabricantes incluye una cola que es parte que se necesita para la instalación, por ejemplo componentes requeridos para el bombeo de agua son distintos para el uso doméstico o industrial, los componentes dependen si el sistema estará conectado a una red aislada o a una red conectada aunque también puede ser una mixta conocido como híbrido. (Eolica, 2010)

En el sistema conectado al inversor, el único equipo adicional que se requiere, hace que se crea la electricidad genera por la turbina compatible con la red.

El sistema aislado como su nombre lo dice, no está conectado a una red de suministro y requiere el uso de batería para almacenar la energía excedente general y la toma cuando tengamos viento, también se requiere de un protector de carga para poder salvaguardar a la batería de una sobrecarga. (mexico, 2017)

### **Sistemas conectados a la red.**

En este sistema normalmente no se va a usar batería, en esta clase de sistema solo usaremos como equipo un inversor, qué permite que la electricidad generada por la turbina sea compatible con la red. (mexico, 2017)

### **Partes más básicas de un sistema eólico.**

### **Sistemas de control y seguridad.**

Este sistema es el que se encarga de administrar o controlar la temperatura, la potencia y velocidad, de manera que, todo esté totalmente ordenado o que también previamente se puedan tomar medidas cuando algo no esté funcionando de manera correcta para así prevenir cualquier altercado. (ENERGY, s.f.)

## **El sistema de orientación.**

Es importante aprovechar la dirección del viento, por tanto, este sistema se encarga de hacerlo para así tener una energía óptima; los generadores industriales comúnmente están compuestos por un potente motor que gira la góndola. Las máquinas eólicas pequeñas o aerogeneradores eólicos tienen una aleta trasera pequeña para que su pequeña góndola de vuelta con el impulso del viento encarando una dirección correcta. (Minas, s.f.)

## **Funcionamiento.**

Las funciones de aspas movidas por el viento, la máquina eólica, los aerogeneradores es acerca de instrumentos que permiten modificar la energía cinética proveniente del viento de la energía mecánica, adicional a eso existen dos tipos de molinos los cuales son: el eje vertical y el horizontal, los cuales cumplen un rol importante dentro del inicio de la operación (Barragán, 2013).

Para generar energía eólica se realiza con la ayuda del viento sobre las palas del molino, las cuales están unidas al eje a través de un elemento llamado cubo (conjunto que se le llama por el nombre de rotador). El principio aerodinámico por el cual gira este conjunto es igual y muy parecido, al que hacen los aviones cuando vuelan (mexico, 2017).

Enfocándonos en este principio, el aire se ve obligado a fluir por la cara inferior y posterior de la placa o también llamado perfil inclinado esto a su vez va generando una diferencia de presiones entre la cara de un lado y la otra, dando como resultado una fuerza que actúa sobre este perfil, descomponiendo esta fuerza en dos direcciones, pues allí obtenemos la fuerza de sustentación o le podemos llamar sustentación de dirección perpendicular al viento y la fuerza de arrastre que está en una dirección paralela al viento. (Encinas, 2011)

Para mejorar la circulación del viento sobre la superficie de las palas y evitar sobre maximizar la diferencia de presiones, escogemos el perfil de sus alabes o palas de una forma conveniente viendo desde una perspectiva aerodinámica, esto depende de cómo estén montadas estas palas en referencia al viento y al eje de rotación, la fuerza de arrastre o de la sustentación será producida por la fuerza al par del motor. En todas las máquinas actuales la fuerza dominante es la de sustentación.

### **1.9.10 Tipos de máquinas eólicas.**

Desde los inicios de esta tecnología de energía eólica se han creado una variedad de máquinas y tipos más variados. Se especula que los pedidos de patentes superan a las de cualquier otro dispositivo que se haya creado, punto de todos estos son relativamente muy pocos los que se generalizaron o llegaron a la escala de producción ya que muchos seguramente quedaron en proyecto (Rapallini, 2003).

Se clasifican las máquinas eólicas normalmente por la dirección del eje de rotación que depende de la dirección del viento, lo cual se divide en dos categorías.

### **1.9.11 Clasificación de las máquinas**

Existen los Molinos de eje horizontal, estas máquinas se caracterizan debido a que el eje de rotación es semejante al sentido del viento y los molinos de eje verticales a diferencia de las

máquinas verticales se caracterizan por tener el eje de rotación perpendicular a la dirección del viento y a la superficie terrestre (Rapallini, 2003).

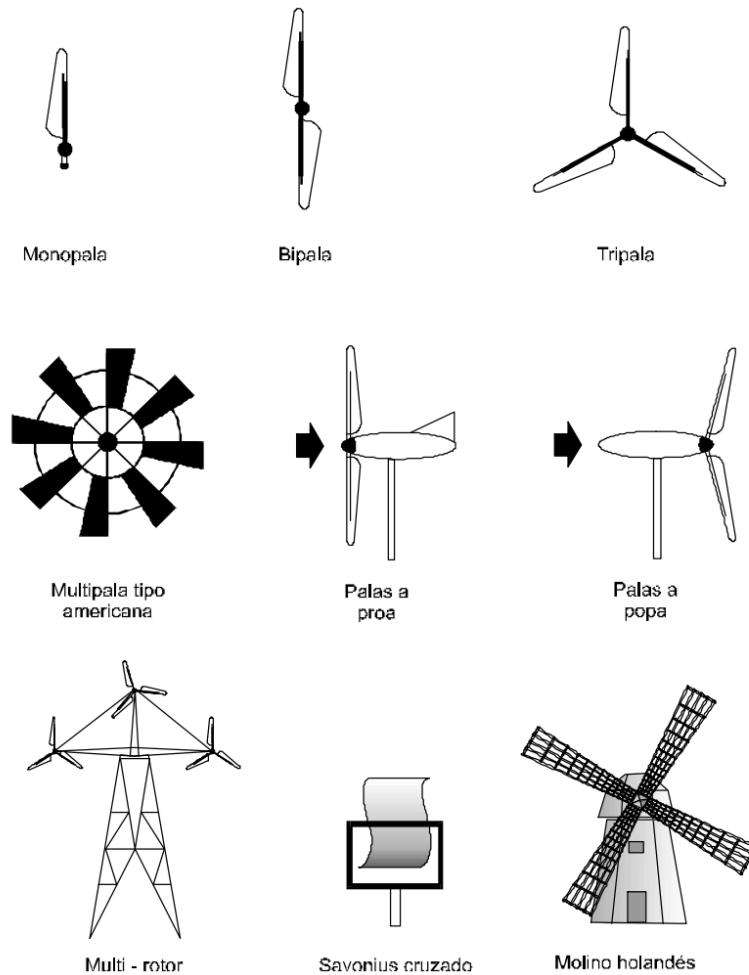
### **Molino de eje horizontal**

Los molinos de eje horizontal son los más comunes y los que son conocidos por tener mayor eficiencia de conversión; en mayor proporción la conversión de la energía que tenemos en el eje rotor en otra forma de energía es creada mediante dispositivos que están encima de la torre. Como ejemplo tenemos a las turbinas eólicas que están creadas para la producción de electricidad donde el generador eléctrico encajado al eje rotador por medio de un multiplicador que está ubicado en la navecilla. (Rapallini, 2003)

Se conocen diferentes formas de prevenir aumentos descontrolados en la velocidad de la rotación del rotor cuando se producen vientos fuertes o poderla medir ante condiciones variables de la carga. Estos principios van desde cambio de calaje o paso de los alabes, la utilización de flaps, que abriendo los aumentan la resistencia del viento, también artefactos que desplazan el rotor, casi todas las máquinas tienen dispositivo de frenados para poder detenerse cuando existen condiciones extremas en el viento o para poder realizar una reparación. En las máquinas que son pequeñas se evitan esos mecanismos ya que esto disminuye el valor de diseño para soportar los vientos máximos y así no agregar un sistema de frenado. (Rapallini, 2003)

Existen varios tipos de Molinos verticales, los más utilizados los puede conocer en la siguiente figura 6.

**Figura 6** Tipos de Molinos



**Nota:** En esta figura se muestra los tipos de molinos. **Fuente:** (mexico, 2017)

### Molinos de eje vertical

Los molinos de eje vertical están caracterizados principalmente por no requerir de un sistema de orientación, una ventaja que es muy buena, pues esto evita complicados mecanismos de direccionamiento y suprime la fuerza a la que se ve sometidas las palas ante el cambio de la orientación en el rotador. Podemos disponer el colocar los sistemas de conversión prácticamente a nivel del piso, de esta manera evitamos pesadas cargas en varias de las torres cómo sucede en los que son de eje horizontal. (ENERGY, s.f.)

Savonius y Darrieus, estos dos son diseños básicos de rotadores de eje vertical. Savonius este rotador trabaja principalmente por arrastre, su arranque es alto pero la eficiencia que produce es débil, se los puede usar dentro de funciones que requieren poca potencia cómo es el caso de los extractores de aire en grandes edificaciones y en las bombas de agua. (ENERGY, s.f.)

El otro rotador llamado Darrieus son los principales competidores del eje horizontal de las palas aerodinámica que generan electricidad. (renovables, 2020)

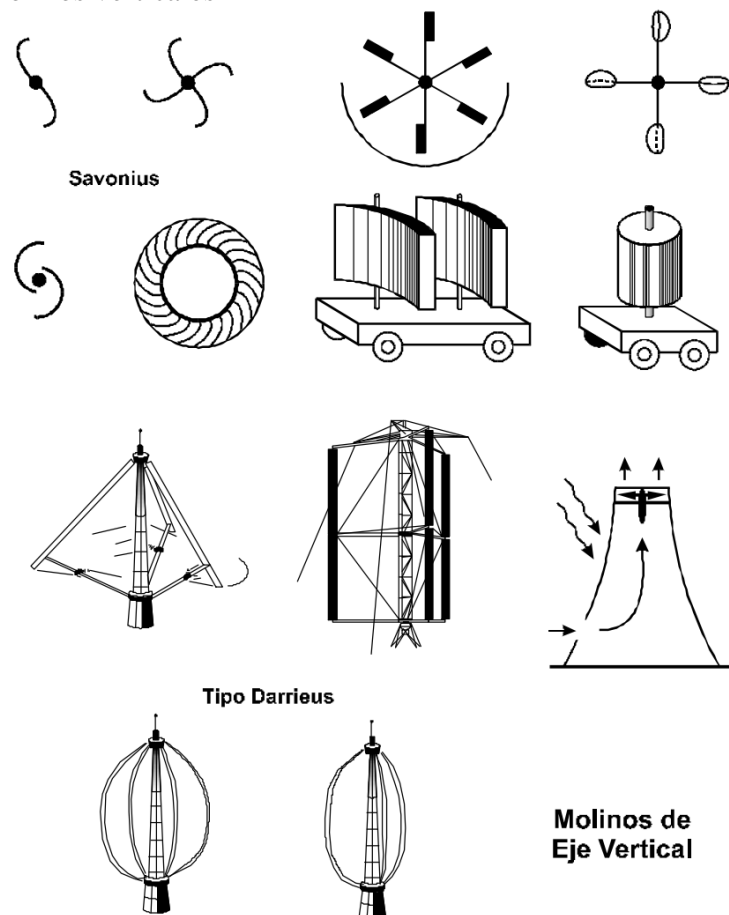
La sustentación es la fuerza dominante teniendo un par de arranque nulo, pero ofrecen una potencia por unidad de peso del rotador y por unidad de costo, originalmente el diseño de las



palas curvas a distintas son configuraciones que producen mejoras, algunas características operacionales y constructivas, un ejemplo es el Savonius para incrementar el par de arranque.

En el tiempo se ha creado otros tipos de máquinas eólicas vertical, como el caso de las torres huecas que estimulan la circulación del aire al interior de la torre hueca que succiona el aire de afuera haciéndolo pasar a través de una turbina que está en la base, junto a una forma similar de las torres en donde el flujo de aire es estimulado por calentamiento, como energía solar. (Rapallini, 2003)

**Figura 7** Tipos de molinos verticales



**Nota:** En esta figura se muestra los tipos de molinos verticales. **Fuente:** (Rapallini, 2003)

### 1.9.12 Aplicaciones de las máquinas eólicas

El rotador de una maniqué eólica transforma desde el principio en energía mecánica disponible los movimientos rotativos, este mismo movimiento puede usarse para impulsar dispositivos que la transforme en diferentes formas de energía como: eléctrica potencial térmica o mecánica. En conclusión, el uso más efectivo será aquella que haya cumplido su fin, obteniendo la energía con gran eficiencia y con la menor cantidad de transformaciones. (Rapallini, 2003)

### 1.9.13 Concepto del impacto ambiental de la energía eólica.

La energía eléctrica es algo esencial en el estilo de vida actual, hace funcionar electrodomésticos, negocios e industrias y también el transporte. Pero esta generación que usa energía eléctrica es también generadora de la contaminación en el medio ambiente y de

desechos tóxicos. La energía eólica que es una energía renovable, ofrece satisfacer nuestras necesidades económicas y también ambientales nutriendo de una fuente limpia y competitiva con la electricidad que usamos. Existe un estudio independiente de varios estados miembros de la Unión Europea que indican que la energía eólica puede incluso proveer el 20% de lo que genera la energía eléctrica con estructura de transmisión y distribución. (Ambiente, s.f.)

### **Factores ecológicos**

En los últimos años el impacto de la energía eólica al medio ambiente y sus efectos han causado preocupación, en la década de los años 80 en Altamont Pass murieron águilas doradas y halcones de cola roja que son especies protegidas, la muerte fueron causadas por las turbinas y líneas de transmisión. Este hallazgo despertó el disgusto de los ambientalistas al proyecto de Altamont Pass, generando preocupación por el Servicio Federal de Pesca y Vida Silvestre de Norte América, los cuales son responsables de proteger a ciertas especies en peligro. (Minas, s.f.)

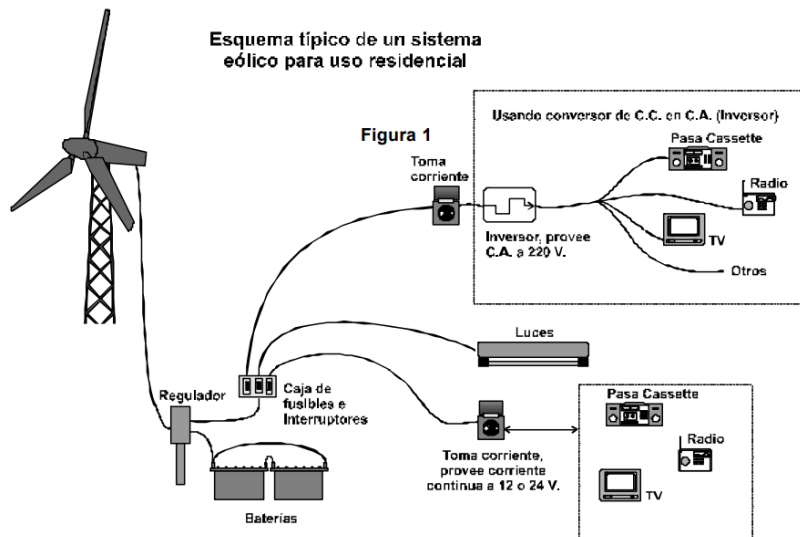
En otras partes del mundo también se han suscitado problemas similares a los de Altamont Pass, en Tarifa España se reportó muerte de aves, tanto como en Estados Unidos y Europa se presentó preocupación por este tipo de casos, por tanto, se considera que si hay un problema potencial en el ambiente para las aves relacionado a las centrales eólicas.

Los pájaros comúnmente chocan con las estructuras que no ven con precisión como lo son líneas de alta tensión las ventanas de un edificio y postes. También a veces son impactados por aviones o por carros en los caminos, y ocurre con las turbinas eólicas cuándo estos golpean contra las palas. (Ambiente, s.f.)

### **Características de los generadores eólicos aislados.**

La configuración común la vemos en la figura 8 en el cual se detalla un sistema automatizado, dónde se usan rotores de eje horizontal existiendo máquinas con pasó viable y pasó fijo, se prefiere usar las de paso fijo porque representa menos problemas en el mantenimiento, pero sin embargo se debe tener cuidado y protegerlo de los vientos fuertes. Existen sistemas un poco más sofisticados que al desalinean al generador de su dirección la cual se encuentra frente al viento el sistema frena y evita que las palas vayan girando en condiciones desfavorables. Normalmente se usan generadores sincrónicos de imán, el cual funciona con baterías de plomo-acido. Para poder hacer funcionar estos equipos necesitamos corriente alterna. Aquí podemos ver un gráfico de la configuración más común del sistema automatizado. (Ecuador, s.f.)

**Figura 8** Configuración más común del sistema automatizado



**Nota:** En esta figura se muestra configuración más común del sistema automatizado.

**Fuente:** (Rapallini, 2003)

La no factibilidad de la técnica usada en implementación de sistemas autónomos visto en alimentación de repetidor de tv, instalaciones en los domicilios, telefonía etc. Varios estudios realizados ha encontrado que varios países indican que los aerogeneradores son más rentables económicamente en comparación de otros sistemas de abastecimiento de electricidad aislado cuando se habla de potencias que no sobrepasa los 5kW. (Clemente Álvarez, 2006)

## 1.10 Marco Conceptual

### 1.10.1 Energía Eólica en Ecuador

Se conoce que en nuestro país está avanzando para la creación de una matriz de generación eléctrica que diversifique la generación de la misma, existen estudios que en el Ecuador hasta el año 2020 domina el mercado eléctrico con la aplicación de hidroelectricidad; en otros países desarrollados las alternativas de energía renovable son muchos más amplios, nosotros tenemos el (MDL) Mecanismo de Desarrollo Limpio, el cual es el que ayuda a promover estas tecnologías e incentivarlas, con la finalidad de financiar este tipo de proyectos de energías renovables, lo cual promueve el interés de estas energías con fuente de generación no convencional que representan una minoría en el país; se reconoce que la energía eólica en nuestra nación se encuentra en evolución, los cuales se esperan que ingresen a brindar energía en el Sistema Nacional interconectado en los próximos años. (Barragán, 2013)

### 1.10.2 Energía Eólica ventajas y desventajas

La ventaja de poder tener un sistema de energía eólica depende de muchos factores. Un sistema eólico puede contribuir satisfactoriamente ya que es un recurso renovable, en el caso de Estados Unidos existen también sistemas eólicos para hogares los cuales son una parte importante para

el consumo de energía, siempre y cuando estas propiedades domiciliarias tengan los espacio que favorezca la instalación de estas. (Barragán, 2013)

Y así como hay requisitos para tener un sistema eólico pequeño para hogares, también se debe considerar algo similar en los sistemas eólicos industriales. (ECUADOR, 2008)

Se plantea que un sistema eólico va debe funcionar para el proyecto que tenemos en cuenta, por el lugar, el terreno y que en este espacio exista suficiente viento; es necesario tener en consideración el lugar donde estará la planta y a quienes afectarán, hogares, locales o el medio natural. Se debe tener en cuenta que el espacio sea amplio y determinar cuánto es la cantidad de energía que necesito para poder producir en el proyecto y si éste es favorable económicamente. (Barragán, 2013)

## **Ventajas**

### **Energía Renovable.**

La máquina eólica son bastantes reconocibles por ser de uso para energía renovable, por que se obtiene de una fuente natural la cual es el viento, de forma natural e inagotable. Entre las energías que se consideran renovables se encuentran las convencionales y no convencionales, la eólica está categorizada como no convencional, esta energía al usar un recurso que lo obtenemos de manera natural punto a favor para ser considerada una ventaja. (Barragán, 2013)

### **Energía económica.**

Dentro del campo energético, la energía eólica es considerada una de las opciones más económicas entre las fuentes de energía renovables para la reducción de emisión de CO<sub>2</sub>.

La energía eólica no genera desechos tóxicos o peligrosos, los cuales luego tendrían que ser tratados y representarían un gasto económico; a diferencia de las centrales nucleares que también es una fuente de energía al momento de terminar el uso de la planta eólica no representa ningún peligro. (renovables, 2020)

En varios países se ahorran divisas porque se usa un recurso renovable que es el viento, así ahorrando combustible fósil se evita tener que importar de otros países recursos que no tienen. (renovables, 2020)

La energía eólica es un gran impulsador de la economía en especial de las economías locales ya que genera empleos los cuales tienen ingresos considerables y es de gran beneficio para las familias que viven cerca del sector, considerando que muchas veces el combustible viene del exterior. En el caso de la energía eólica beneficia a la región, la cual genera más plazas de trabajo que con el combustible fósil. (Barragán, 2013)

La propiedad que se usan para las granjas eólicas, paga grandes impuestos por usar el terreno y también la persona que lo alquila es beneficiada, especialmente en lugares rurales y además el uso de este suelo se puede seguir usando para la ganadería o algunas actividades agrícolas sin que esto sea afectado, especialmente por la planta eólica. La comunidad tiene el deseo de poder invertir en la energía eólica, ya que tiene posibilidades de poder exportar trayendo ingresos considerables siendo esto buen negocio. (Rapallini, 2003)

### **1.10.3 La Tierra usada**

Para poder instalar una granja eólica, se debe tener una gran extensión de tierra. Por lo general está se encuentra en sectores rurales alejados de la ciudad, donde también se encuentra diversidad ambiental, la mayor parte de plantas eólicas tienen áreas que están físicamente disponibles para ser usada con diferentes fines o inclusive con el fin que estaba haciendo usada, entre los que se conocen como la ganadería y la agricultura. (Encinas, 2011)

#### **Diseño**

Las máquinas eólicas son bastantes visibles, es difícil que pasen inadvertidas, también esta puede tener un significado en el paisaje el cual podría tomarse como un signo de una fuente limpia y amigable con el medio ambiente. (Rapallini, 2003)

El diseño de las turbinas está cuidadosamente diseñado para verse elegante y esbeltas. En la actualidad hay un grupo de diseñadores que se encuentran trabajando para poder emparejar esta imagen con el entorno y así poder congraciarse con el lugar, aunque este aspecto del diseño y la manera visual en la que se ve, puede ser negativo como positivo dependiendo de la persona es una percepción subjetiva. (Rodríguez, 1998)

#### **Salud del personal.**

Dentro del mercado energético se considera que las máquinas eólicas son más seguras para el personal, a diferencia de energías fósiles ya que estos tienen residuos y materiales tóxicos que ponen en riesgo la vida y la salud de sus trabajadores. Aunque existen ciertos materiales que hay que tomar con cuidado, pero son pocos y pequeños. No hay índices altos de trabajo dentro de las plantas eólicas que determine que sea más o menos peligrosos que en otras centrales, sin embargo, varias vidas se han perdido al caer de una altura bastante considerable. (ENERGY, s.f.)

#### **Desventajas**

#### **Fauna y flora.**

Existen algunos desechos tóxicos, aunque no en gran cantidad como los que producen otros tipos de energía, pero estos si causan efectos en los microorganismos, tales como: plantas y ciertos animales, especialmente uno de los animales afectados por las palas de una máquina eólica son los pájaros, los cuales chocan con ellas, hay otro tipo de animales silvestres que se encontraban en dichas zonas, los cuales se tienen que desplazar debido a la instalación de la planta eólica, esto crea un cambio en desplazamiento de ciertas especies, muchas de los proyectos eólicos están destinados a lugares y áreas verdes donde existe una gran cantidad de fauna y especies. (Rapallini, 2003)

#### **Dependencia del clima.**

Para obtener suministro de energía eólica, se requiere del viento, ya que este es el que hace funcionar la maquinaria y así obtener este recurso de manera más eficaz, también hay que considerar que es un proceso natural donde la superficie de la tierra se calienta por acción de

la radiación solar y es el que causa los vientos. Algo que suele suceder es que la variación de intensidad del viento puede cambiar debido a la variación estacional de la radiación solar, es importante considerar. (Ecuador, s.f.)

También existe otro tipo de movimiento general, el cual es la atmósfera que define los vientos que dominan en grandes regiones de la tierra, y eso crea formas particulares de viento tales como, la brisa del mar y la tierra, el cual es producido por el calentamiento desparejados de las masas de aire. Al usar un recurso natural dependemos de ellos para el funcionamiento de la máquina eólica y del clima. (Barragán, 2013)

#### **1.10.4 Concepto del impacto ambiental de la energía eólica.**

La energía eléctrica es algo esencial en el estilo de vida actual, esto ayuda a funcionar por mucho tiempo electrodomésticos, negocios e industrias y también el transporte. Pero esta generación que usa energía eléctrica, es también generadora de la contaminación en el medio ambiente y de desechos tóxicos. La energía eólica que es una energía renovable ofrece satisfacer nuestras necesidades económicas y también ambientales nutriendo de una fuente limpia y competitiva con la electricidad que usamos. (R, 1996)

#### **Energía eólica en Ambiente**

La energía eólica por ser una fuente renovable tiene aspectos positivos, es limpia y es un medio de generación sustentable.

El impacto que tiene la energía eólica en el ambiente es el factor visual, el ruido e interferencia electromagnética. Ninguno de los efectos mencionados dura más que la vida operacional del sistema. (Rapallini, 2003)

Los efectos que causan en la ecología ambiental afectan la fauna y la flora, incluyendo pájaros y todo tipo de vegetación tradicional o no tradicional y ajustes sobre la hidrología local. (Rapallini, 2003)

El calentamiento global es algo muy conocido hoy en día y aceptado por muchos ya que es formado debido a las emisiones antropogénicas de gases en el efecto invernadero.

Una unidad (kWh) que es electricidad formada por una turbina eólica hace desplazar una unidad de electricidad generada por la central que va quemando hidrocarburo. (Rapallini, 2003)

Se puede conocer y calcular la cantidad de gases contaminantes que este cambio significa de manera genérica. Este valor puede cambiar según la eficiencia de la central térmica y también el usar equipos que disminuyan la emisión y el tipo de combustible utilizado.

La energía eólica ayuda a reducir la emisión de CO<sub>2</sub> para la producción de electricidad y cabe destacar que ésta energía es una de las más económicas entre las fuentes de energía renovable. (Rapallini, 2003)

En el efecto de la lluvia ácida la energía eólica también tiene un aporte positivo vinculados a la generación de SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>. La energía eólica también tiene un aspecto positivo, a diferencia de las centrales nucleares, ya que la energía eólica no produce ningún residuo peligroso o dañino como el que produce las centrales nucleares durante su función, tales como

el desmantelamiento al finalizar la vida útil y algo importante a recalcar es que tampoco representa grandes catástrofes como el caso Chernobyl. (Rapallini, 2003)

## Capítulo II

### 2 Marco referencial

#### 2.1 Estudios Referenciales

El siguiente trabajo de investigación es sobre la ubicación de un parque de energía eólica en la costa ecuatoriana, llevado a cabo por los señores Diego Andrés Maldonado rivera y Daniel Javier de Jerónimo Toromero.

El objetivo general de este trabajo de investigación puede promover una aplicación de generación de energía eólica en el Ecuador indicando sus principales ventajas económicas, sociales y ambientales.

Los objetivos específicos de este trabajo de investigación fueron de precisar los parámetros más impactantes que ayude a seleccionar el área adecuada que cumpla con todas las características para establecer un parque eólico en la costa ecuatoriana, organizar los componentes principales del parque eólico de tal manera que la generación de energía puede hacerla más eficiente para el sector al que se le quiere distribuir, por último, analizar el sistema de producción de energía eléctrica que se desea producir en ese parque eólico.

Una vez que fue finalizado el trabajo de investigación se pudo llegar a las conclusiones.

En el sector donde se quiere implementar el parque eólico se ha determinado que el viento es una fuente renovable de energía perdurable en el tiempo donde prácticamente es inagotable y gratuita, aporta un potencial energético sin contaminar el medio ambiente, también se determinó que la producción mundial de energía eléctrica con aerogeneradores ha crecido de manera importante en los últimos años debido a los beneficios relacionados al uso de energías renovables, por lo tanto se concluye que la ubicación, el dimensionamiento y el diseño del parque eólico son factores importantes para el éxito de esta nueva generadora de energía eléctrica en el Ecuador. (Rivera, 2008)

En el valle de México en la ciudad de Tijuana se llevó a cabo el siguiente trabajo de investigación sobre la energía que hoy se provee y el desarrollo sostenible en la región de la rumorosa del municipio de Tecate, llevado a cabo por el ingeniero Luis Salvador García Hernández.

El objetivo general de este trabajo de investigación fue analizar los criterios especiales, sociales, ambientales y económicos de la región de La rumorosa para fomentar el desarrollo sostenible a través de proyectos de energía eólica.

Los datos específicos del trabajo de investigación, fueron evaluar los atributos especiales y criterios de sostenibilidad de los sitios de estudio, mediante la implementación de un análisis de multicriterio, también estimar el grado de aceptación social de la energía eólica en dos sitios en el norte del estado de baja California, por último, sugerir propuestas de desarrollo sostenible a partir de la evaluación de los indicadores de sostenibilidad.

Una vez finalizado este trabajo de investigación se llegó a las siguientes conclusiones.

La viabilidad de los proyectos eólicos en la zona de estudio de acuerdo con los criterios técnicos ambientales y ecológicos son de suma importancia sin embargo el impacto ambiental en este sitio está a favor del desarrollo eólico, por lo tanto podemos concluir que sería de mucho beneficio implementar este tipo de tecnología en el sector analizado, también las categorías de beneficio social y beneficio económico obtuvieron valores muy altos y muy similares en ambas analizadas, sin embargo dado que el desarrollo sostenible es multidimensional se recomienda que la construcción de sistemas de energías renovables eólicos fomente el desarrollo local a través de criterios identificados como más importantes en ambas acciones y que incluyan las dimensiones del desarrollo sostenible que se han analizado en el estudio de investigación, también la participación de la sociedad civil como socios en proyectos de energías renovables, es un esquema que ha presentado mucha importancia, históricamente cómo lo es en el continente europeo, ya que es necesario que también exista apoyo institucional de parte del gobierno para facilitar la participación en los proyectos comunitarios. (Hernández, 2016)

El siguiente trabajo de investigación sobre la evaluación del potencial eólico y propuesta preliminar para la instalación de un parque aerogenerador en el área de la chocolatera en la puntilla de Santa Elena, llevado a cabo por el ingeniero mecánico Edison Roberto Luna Maldonado.

En este trabajo de investigación la energía eólica, es analizada como una de la mayor parte de la energía renovada dónde tiene su origen el sol que es aproximadamente el 1% de la energía que recibe nuestro planeta, el cual se convierte en viento debido al movimiento del aire ocasionado por el calentamiento de la superficie de la tierra, esto nos lleva a la conclusión de un potencial de energía eólica de 53 toneladas watts por hora al año, 5 veces más que el actual consumo eléctrico en el mundo por lo tanto en teoría se podrá satisfacer la demanda energética del sector.

El objetivo de esta tesis es demostrar que la energía eólica es rentable, en lugares aislados o de difícil acceso, sino también que se la puede utilizar para el abastecimiento de zonas urbanas que ya se encuentran actualmente pobladas, uniendo los sistemas de distribución eléctrica del sistema nacional interconectado del Ecuador, cómo es el caso específico de la punta más sobresaliente de la costa ecuatoriana conocida como la chocolatera en salinas ubicada en la puntilla de Santa Elena.

Entre los objetivos específicos tenemos que dicho lugar que puede generar energía eólica, además puede constituirse en una plataforma natural a nivel del mar que se encuentra a 100 m adentro en las aguas del Pacífico, facilitando con esto las instalaciones de turbinas de tipo Marino que viene siendo un alto costo, ya que por su diseño deben contener materiales que puedan resistir el medio salino y de esta misma forma son de Gran tamaño para que puedan producir la cantidad de energía deseada. Gracias a que la ubicación oceánica, brinda velocidades de viento mucho más altas con poca turbulencia dónde nos permite poder generar energía por medio de estas turbinas, por lo tanto, no se necesitan realizar cementación en el suelo marino y las torres no estarían sumergidas, por tanto no tendría que soportar el embate de las olas en su base ni la alta corrosión del producto del contacto con el agua salada.

Una vez concluido este tema investigación se llegó a las siguientes conclusiones:

Se demostró que la energía eólica no solamente es aplicable a lugares remotos sino también es una opción altamente rentable y segura que puede ser utilizada en conjunto con la red del sistema nacional interconectado del Ecuador, también tiene gran medida la alta dependencia



que tiene nuestro país en relación con la generación termoeléctrica, disminuyendo con esto el consumo de combustibles fósiles y el impacto al ambiente por unidad de energía producida, evitando grandes toneladas de contaminación que destruyen los ecosistemas de nuestro país. (Luna, 2008)

El siguiente estudio de investigación es sobre energía eólica en el Ecuador llevado a cabo por la empresa TECH4CDM, donde también participan instituciones europeas como de América latina y de países como España, entre estos tenemos la asociación de la industria fotovoltaica europea, la asociación empresarial eólica, y otras instituciones que tiene que ver con investigación de la producción de energías renovables, las actividades que se realizaron en el proyecto fue la realización de una serie de estudios sobre las tecnologías de energías renovables en un conjunto de países en los cuales se identifican los aspectos más importantes:

Los aspectos del sistema energético ecuatoriano, sistema que está compuesto por fuentes de energía de origen fósil pero también energías renovables donde representan el peso de cada fuente energética que el país consumen, si se analiza la generación de energía eléctrica y casi la mitad que se produce, tienen el origen de la alta participación de las energías renovables en la producción de electricidad ecuatoriana, hasta el momento tan solo se aprovecha un bajo porcentaje de este potencial hidroeléctrico en el país, algo que realmente no ha sido explotada y que se necesitan proyectos de implementación de energías renovables para poder generar e inclusive vender energía eléctrica.

Tenemos que acotar que Ecuador es un país que exporta energía, sin embargo no es autosuficiente debido a que hay un desajuste en cuanto al balance de productos derivados, por lo tanto en la investigación se pudo concluir, que el balance es negativo debido a la inadecuada estructura de las refinerías ecuatorianas, ya que la mayoría de la producción eléctrica viene del combustible fósil, por lo tanto se determina que elementos de protección eléctrica interna no es suficiente, por lo tanto el ministerio de electricidad y energía renovable tiene como misión servir a la sociedad ecuatoriana mediante la formulación de la política nacional del sector eléctrico y la gestión de proyectos para promover una exitosa gestión sectorial sobre la base del conocimiento que aporta gente comprometida con la sostenibilidad de energía eléctrica producida por medios naturales e inagotables del estado ecuatoriano.

Ecuador actualmente cuenta con un parque eólico que se encuentra en funcionamiento desde octubre del 2007 que se localiza en el archipiélago de Galápagos específicamente en la Isla San Cristóbal la cual tiene una carga operativa de 2,4MW de potencia, se espera este con el pasar del tiempo se agregue estimulación para implementar otro parque eólico en la isla de Baltra, la cual también va a generar 3,2 MW, ya que la relevancia medioambiental del archipiélago de Galápagos ha establecido como meta satisfacer todas las demandas eléctricas con energías renovables y eliminar el uso de la energía proveniente de combustibles fósiles lo cual se esperan el apoyo de todas las entidades gubernamentales para poder llevar a cabo estos parques de generación eléctrica sostenible por el medio ambiente, donde su impacto ambiental será mínimo comparado con el consumo de las energías que provienen de los combustibles fósiles, por lo tanto el desarrollo de proyectos de otros parques eólicos en los cuales hay referencias de viento constantes por medio de estudios de factibilidad donde es óptimo para la colocación de aerogeneradores que puedan producir energía eléctrica por medio del viento, el cual se podrá llevar a cabo por medio del financiación que el gobierno aporte para tales proyectos. (TECH4CDM, 2008)

El siguiente trabajo de investigación fue sobre un parque eólico en el municipio de salva cañete en cuenca, realizado por la ingeniera Lorena Hernández Pérez.

El objetivo general de este trabajo de investigación fue realizar el diseño de un parque eólico que consta de 25 aerogeneradores de 2 MW, de potencial nominal con una potencia total instalada de 50 MW.

Los objetivos específicos de este trabajo investigación fue poder realizar la caracterización del recurso eólico, realizar el estudio de diferentes alternativas en función del emplazamiento y el aerogenerador, se hizo también un estudio de impacto ambiental y viabilidad económica del proyecto.

Una vez finalizado este trabajo se llegó a las siguientes conclusiones:

Pudo concluir que cualquiera de la variación de la tasa de inflación oscila entre los intervalos de 100000 €, que no es un valor determinante en los costos, también debido a la gran inversión que se hizo o que se hacen en este tipo de proyectos, generalmente con pedir una deuda de un valor muy considerable entre 70 y 80% que es muy adecuado para su vida útil de 20 años, con todos los estudios que se realizaron se pudo concluir que el proyecto es viable como un valor acumulable neto positivo aproximadamente de 40.000€, todo depende el comportamiento de la tasa de inflación y la tasa interna de rentabilidad. (PÉREZ, 2015)

## **2.2 Marco Legal**

En los últimos 20 años con la ayuda del Consejo Nacional de Electrificación, se constituye una entidad nacional del sector eléctrico, la cual ha impulsado una política ambiental que es acorde y continua apuntando a incorporar la dimensión ambiental a la hora de decidir estrategias para mitigar los efectos medioambientales ocasionados por fuentes contaminantes, así mismo actividades eléctricas con vista a alcanzar poco a poco la sustentabilidad del sector. (387, 4 DE NOVIEMBRE DEL 2015)

La Normativa de acuerdo a la Vigente Resolución Nro. ARCERNNR-013/2021, indica que el tiempo de vida útil de un Sistema Eólico es de 25 años.

Para tal efecto este proyecto está basado en todas las leyes constitucionales que se encuentran en el registro oficial número 84, y también basados en el registro oficial 387 donde se protegen los recursos hídricos, ya que este proyecto es basado para generar energía eléctrica pero a su vez es cercano a cuerpos hídricos por su ubicación, por lo tanto se ha promulgado un conjunto de importantes leyes y reglamentos para complementar un marco legal regulatorio de la gestión ambiental entre otros, cómo son la ley de gestión ambiental, el texto unificado de la legislación secundaria del ministerio de ambiente y el reglamento ambiental para actividades eléctricas, de los cuales este último determina los procedimientos y medidas aplicables al sector para que las actividades de generación de transmisión y distribución de energía eléctrica puedan realizarse de tal manera que se prevengan, controle y mitiguen o convencen los impactos ambientales negativos. (CONSTITUCIÓN, 2011)

Para este proyecto se ha tomado en cuenta que lo propuesto de un posible diseño de un parque eólico generador de energía eléctrica toma en consideración todas las características que se adopten para el diseño del tendido y distribución de la energía producida debiendo guardar una estrecha concordancia con el reglamento ambiental para actividades eléctricas, adoptando demás aspectos no contemplados en la normativa nacional, lo establecido en convenio y estándares internacionales según el caso. (ELECTRICIDAD, 2015)

Por lo tanto todas estas normas están en concordancia con lo establecido para poder tener la cobertura legal en este proyecto, en el cual podemos recalcar qué se supervisa bajo normas de la regulación técnica de la generación y transmisión y comercialización del alumbrado público así mismo como la regulación técnica de Mercados eléctricos, a su vez el control ambiental de la generación eléctrica como el control técnico de la misma, tomando en cuenta el control económico y financiero del proyecto. (ELECTRICIDAD, 2015).

## **CAPÍTULO III**

### **3 Marco Metodológico**

#### **3.1 Metodología**

La metodología que se seguirá en este trabajo es de diseño e investigación, se realizará los análisis pertinentes para poder determinar la geografía óptima para la instalación de los aerogeneradores y que tipo de equipos se recomienda utilizar para la zona, teniendo en cuenta los conceptos del viento y de la energía, se obtendrá información de los datos meteorológico de las velocidades del viento, los cuales se los obtendrá de entidades especializadas en la recopilación como el Centro Nacional de Datos Oceanográficos, conocido como CENDO; esta institución tiene estación en la pista aérea de la base de salinas, los cuales son datos que se obtuvieron y nos sirven para poder determinar si el terreno es apto para poder colocar los aerogeneradores que van a conformar como parque eólico de la zona y poder producir la generación eléctrica que se necesita para la misma que proveerá a la población de Santa Elena, se hará un estudio sobre los factores físicos y geográficos del área para poder proponer un arreglo adecuado para la instalación del parque eólico, donde se registraron movimientos sísmicos en la zona, donde quedará ubicado el parque, analizándolos para poder tener la seguridad de instalación y funcionamiento de los aerogeneradores. Se evaluará los movimientos de los vientos basados en el análisis de corrientes de viento en el área geográfica para poder colocar los aerogeneradores en la dirección correcta según las corrientes de viento.

Se evaluará el impacto ambiental por la colocación de los aerogeneradores que conforman el parque eólico, según estos datos servirán para poder realizar mejoras futuras en el parque eólico propuesto, y de esta forma mitigar todas las posibles formas de contaminación al ecosistema que lo rodea y también evitar posibles tipos de contaminación a personas que viven en dicha zona y cerca de ella.

Se seguirá el modelo DPSIR (Driving force, Pressure, State, Impact and Response), cuyas siglas en inglés significan factor determinante, presión, estado, impacto y respuesta, que ha sido desarrollado por la Agencia Europea de Medio Ambiente para describir las interacciones en el área de estudio donde se va a colocar el parque eólico para que pueda proporcionar energía proveniente del viento que puede ser transformada en energía eléctrica para el beneficio de los moradores del sector de Salinas y de toda Santa Elena, este método a seguir es investigativo.

#### **3.2 Modelo DPSIR**

A comienzos de los años 90, la Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo toma y adapta como herramienta de trabajo el modelo temprano de “respuestas al estrés” de

Rapport y Friend (1979) convirtiéndolo en el Marco de Referencia Presión-Estado-Respuesta (PER). Este marco, establece que las acciones humanas ejercen presiones sobre el medio ambiente, donde provocan cambios en el estado del mismo. La sociedad responde con las políticas económicas y ambientales, y con programas oportunos para prevenir, reducir y mitigar presiones y/o daños medio ambientales. (Cabanillas., 16 DE NOVIEMBRE DEL 2007). Las Naciones Unidas han manejado el modelo denominado FER aplicándolo al diseño de los indicadores de sostenibilidad. En el marco de referencia FER, el término “presión” es sustituido por aquél de fuerza motriz (Fuerza motriz-Estado-Respuesta), incorporando las dimensiones sociales, económicas, medio ambientales e institucionales.

Sin embargo, este modelo fue revisado y modificado por la AEMA, dando lugar, como último producto, a la metodología FPEIR (fuerzas motrices, presión, estado, impacto y respuesta) más conocido como DPSIR. Estos elementos están encadenados como si de una cadena de conexiones se tratase, es decir, las fuerzas motrices ejercen presiones sobre el estado del terreno o territorio, causando impactos en alguna área del territorio, la sociedad toma conciencia y responde a estos cambios acogiendo políticas de diversa índole, pudiendo afectar a cualquier parte de la cadena entre las fuerzas motrices y los impactos.

Además, un componente esencial de este modelo son los indicadores, que son seleccionados para suministrar información acerca del estado del territorio y de los impactos causados sobre el mismo (POLANCO, 2006). Concretamente este modelo, proporciona una visión integrada de los problemas en relación con las causas que los producen, incluyendo en el modelo las respuestas surgidas desde las administraciones públicas, los sectores económicos y la sociedad civil. De esta manera, las fuerzas motrices son principalmente aquellas características naturales, sociodemográficas y económicas que ejercen ciertas presiones generando impactos en el territorio.

El componente “state” facilita información acerca del territorio, no obstante, las presiones se refieren a la posibilidad que existe de cambio en el estado del territorio, así mismo los impactos aluden a los efectos originados debido al cambio producido en la situación territorial y, por último, las respuestas demuestran el esfuerzo de la sociedad (leyes, políticas, planes, directrices, etc.) para resolver los problemas.

En algunos casos se ha considerado como un método lineal, ya que desarrolla cadenas causales entre problemas concretos, pero no analiza las relaciones que existen entre estos mismos problemas (Antequera, 2005).

Sin embargo, cuenta con el consenso de diversas instituciones y agencias como se ha mencionado anteriormente. Como punto de partida al análisis de la dinámica del territorio, es necesario identificar las fuerzas motrices que rigen el mismo para posteriormente poder determinar las presiones e impactos y, por tanto, deben influir decisivamente en la planificación y gestión del parque. (Cabanillas., 16 DE NOVIEMBRE DEL 2007).

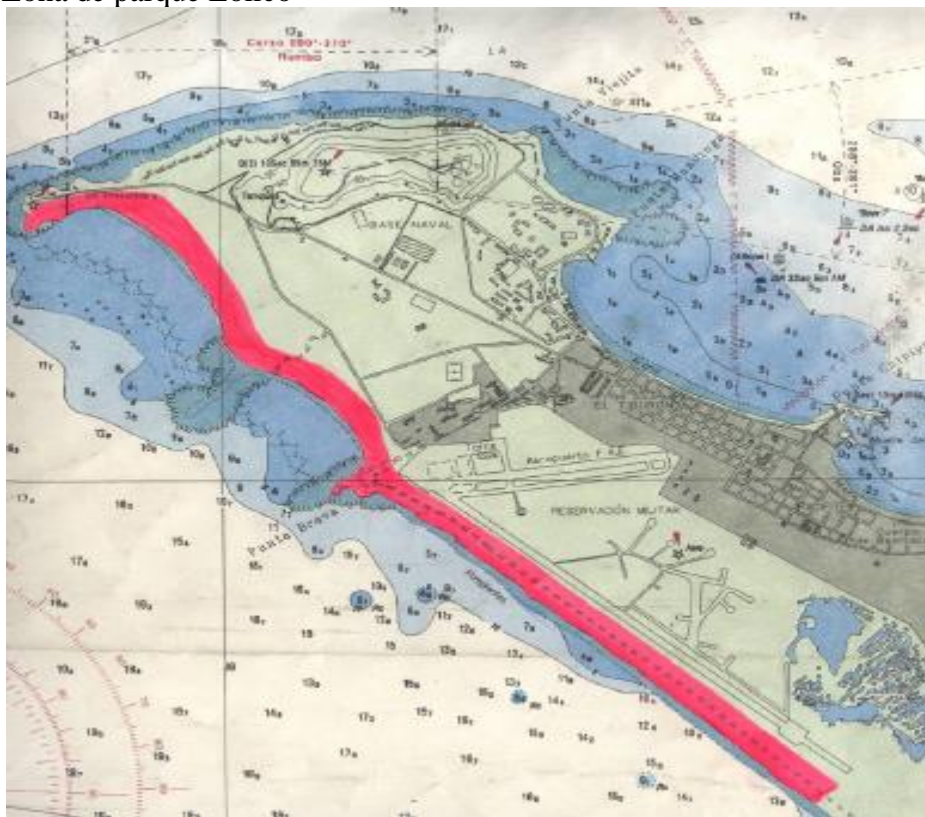
### **3.3 Ubicación geográfica del parque eólico**

En la ciudad de Salinas ubicada en la Península de Santa Elena considerada uno de los balnearios más turísticos del país, recibiendo a miles de turistas cada año haciendo una de estas atracciones la principal fuente económica de esta región, pero también este territorio además cuenta con grandes corrientes de vientos que pueden ser utilizadas como fuente de energía para el suministro eléctrico de esta región ya que el clima es agradable por su fresca Marina y las aguas que bañan sus costas, por lo tanto los recursos económicos que esta población tiene, la

refinería petrolera donde se explota este recurso para poder fabricar sus diferentes derivados, también cuenta con la explotación de la pesca artesanal y sobre todo como ya se mencionó la atracción turística nacional e internacional, donde uno de los principales atractivos turísticos es el área conocida como la chocolatera que es un gran acantilado. Es el más sobresaliente de la Península de Santa Elena, un gran acantilado que sirve como protección por ser una de las puntas más sobresaliente de la Península de Santa Elena, sirve de protección porque es un gran rompeolas que ha sido formado de origen natural donde se produce grandes vientos por el lado del mar Bravo y Punta carnero, apoco metros encuentra la base aérea de salinas, es un lugar de asentamiento desde hace mucho tiempo atrás en la década de los cuarentas de la escuela superior militar de Aviación Cosme Renella Bárbato, dentro de esta instalación se encuentra el aeródromo general Ulpiano Paez.

El área de estudio ha sido elegida debido a que en este lugar la zona geográfica es el segundo punto con mayor salida al Océano Pacífico, después de Punta Balcones ubicado en Perú; se pudo determinar que el sector tiene los vientos que entran sin dificultad por su construcción geográfica y alcanzan una velocidad óptima para poder hacer la colocación de los aerogeneradores, por lo tanto, esta zona es apropiada para colocar dicho parque, la cual está especificada en la figura 9.

**Figura 9** Zona de parque Eólico



**Nota:** Zona elegida para la colocación de los aerogeneradores. **Fuente:** Google Maps

El sector elegido que se muestra en la figura 9, es aquel que tiene vientos con velocidad óptimas para poder colocar los aerogeneradores en el sector indicado con la franja roja como se muestra en la figura 9, que a su vez geográficamente tiene vías de acceso para poder realizar la construcción del diseño del parque eólico.

Para poder identificar las fuerzas directrices o motrices se realizó la siguiente metodología.

- Recopilación de información sobre la necesidad del consumo de la energía eléctrica y cómo ha crecido con el pasar de los años, qué sería una de las fuerzas de directrices necesarias para obtener la necesidad de un parque eólico que permitirá dar suministro energético directo a la población o funcionar como respaldo sobre la Red Eléctrica existente, cómo también tenemos la fuerza que son provocadas por los vientos y qué hacen posible poder tener geográficamente una zona óptima para poder realizar dicho parque.
- Recopilación de información por medio de centros de investigación para poder tener caracterización del suelo y poder elegir el sitio adecuado para realizar el parque eólico sobre el cual por medio de estos datos se puede tener la certeza de que la construcción y su adecuado funcionamiento tendrán éxito.
- Determinar las presiones que son causados por la fuerza de los vientos, dónde se determinarán los puntos de velocidad máximas y mínimas, dónde funcionarán los aerogeneradores que serán colocados en el parque eólico para la generación de energía sustentable a los moradores de los sectores de la península de Santa Elena.
- Información que se obtendrá será por medio de datos investigativos apegados a la legislación ecuatoriana vigente para poder determinar los distintos puntos óptimos para la colocación de los aerogeneradores.
- Se analizará la demanda energética para poder seleccionar la cantidad de aerogeneradores que serán los que suministren la energía eléctrica que se obtendrá por medio de la velocidad del viento y se unirán a la red de distribución eléctrica que proporciona la energía a las distintas zonas de la península de Santa Elena
- Se realizará una investigación de datos sísmicos en la zona donde se diseñará el parque eólico para poder asegurar y proteger la vida de las personas que trabajarán en dicho parque, así como también para poder hacer mantenimientos óptimos a todos los equipos que se encuentren dentro del mismo.
- Se realizará un estudio de impacto ambiental para generar el daño mínimo posible en la construcción de este parque eólico que pueda en cierta forma ocasionar algún daño a la fauna que rodea o que reside en el lugar.
- Se realizará un estudio de cuan favorable resulta para el sector poblacional y para el entorno natural y geográfico, la colocación de un parque eólico en la zona propuesta.
- Se realizará planes de información para la ciudadanía acerca del parque, brindando también oportunidades laborales para las personas que estén capacitadas para poder operar en los puestos propuestos que se generen para el mantenimiento de dicho parque.

### **3.4 Métodos:**

#### **Investigación y Selección**

Según lo expuesto en los puntos de la metodología, presento lo siguientes pasos para poder llevarlos a su óptima realización.

- Los datos de la información para obtener la demanda eléctrica obtenidos por fuentes de investigación son llevados a cabo por el Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables – ARCERNNR, el cual tiene todos los datos sobre la demanda de energía eléctrica que hace vital la necesidad de un parque eólico para generar energía eléctrica y ayudar a la red de distribución, esta brinda el apoyo para el consumo de la población, qué a su vez la energía eléctrica es producida por los

vientos en el sector seleccionado para colocar los aerogeneradores que son parte del parque.

- Para realizar la selección de lugares geográficos o zonas geográficas dónde será colocado el parque eólico, se tomarán en cuenta los datos que ya han sido recopilados en otros años anteriores por medio de investigaciones de campo que son llevados a cabo por la estación meteorológica Ulpiano Páez y también por fuentes de investigación obtenidas en documentos dónde han habido construcciones en zonas cercanas a la seleccionada e inclusive también hay estudios de la zona seleccionada que cuenta con datos para futuras construcciones dónde serán mencionados y analizados datos para la selección del mismo, analizando por medio de estudios investigativos el ecosistema del parque y mitigar en lo más mínimo posible la afectación a estos sectores.
- Se analizará las leyes ambientales para poder realizar todo bajo la regulación ecuatoriana, cumpliendo con todas las exigencias que el estado impone. Para el efecto es necesario tomar fuentes de datos de trabajos de investigación para la obtención de análisis sísmicos que se pueda producir y se hayan producido en el sector dónde se va a colocar el parque eólico.
- Se recopilaron los datos de la velocidad que es generada por los vientos a cierta altura medidas por dispositivos que censan la velocidad de los vientos, dónde estos datos son tomados del centro meteorológico Ulpiano Páez, dónde se podrá analizar la fuerza directa de los vientos las aspas de los aerogeneradores, esto nos ayudará a poder seleccionar el modelo adecuado de aerogeneradores con sus características técnicas para dicho parque.
- Se realizará un estudio para los posibles impactos ambientales que se puedan producir por el posible funcionamiento y construcción del parque eólico, para determinar si es favorable la construcción futura del mismo.
- Se realizarán planes de información para coordinar todo respecto al parque con la ciudadanía, que será la favorecida de la energía que se obtenga por medio del viento.

### 3.5 Metodología de Trabajo (técnicas, herramientas y procedimientos).

A continuación se mostrara en la tabla 4 las etapas, metodos y tecnicas utilizadas para realizar el estudio.

**Tabla 4 Metodologia de trabajo**

Etapa del proceso investigación-acción	Método utilizado	Técnica utilizada
Análisis de la geografía del lugar permite la instalación de aerogeneradores.	Estudio de suelo por medio de investigaciones que han sido realizadas en las zonas cercanas al area seleccionada ya que están conformadas por la misma estructura geológica	Datos de investigación y de estudios.
Estudio de eventos sísmicos en el sitio geográfico seleccionado para la instalación del parque Eólico	Se investigara el historial sísmico de la zona seleccionada don de residira el parque eólico, con estos datos se determinara si realmente la zona es optima para la cnstruccion de un futuro parque eólico.	Datos de investigación y de estudios proporcionados por el centro metereologico Ulpiano Paez.
Análisis de los vientos en el área seleccionada para el parque eólico.	Se medira la velocidad del viento a diferentes alturas para encontrar el punto optimo sobre el suelo en base a la velocidad del viento y su direccion.	Datos de investigación y de estudios proporcionados por el centro metereologico Ulpiano Paez, donde las mediciones son tomadas por un amemometro a diferentes alturas del suelo.
Selección de los equipos que serán instalados en el parque eólico.	Con base en las fuerzas del viento se seleccionara los aerogeneradores que son los que proporcionaran la energia electrica.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Datos de consumo electrico poblacional de CONELEC.</li> <li>• Catalogo de equipos para generación de energia Eolica.</li> </ul>
Estudio de Impacto ambiental que provoca el parque eólico.	Analisis de fauna y afectación de los vientos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Datos de vientos</li> <li>• Datos de flora y fauna</li> </ul>
Información a la Población y socialización del proyecto.	Elaboración de planes de información a la población.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Boletines</li> <li>• Capacitaciones</li> </ul>

**Nota:** Descripción de la metodología de trabajo, **Fuente:** Autor.

### 3.6 Gestion de Datos

Por medio de esta investigación se espera obtener los parámetros para el diseño de un sistema de generación eléctrica basado en el uso de aerogeneradores, el cual constituye posicionar un Parque Eólico en el perfil costero ecuatoriano ubicado en el Catón Salinas-Chocolatera-Provincia de Santa Elena, con todos los datos recopilados se podrá utilizar para futuras aplicaciones que se quieran realizar en dicha área o cercanas, estos datos serán analizados por métodos aceptados por la ciencia para llevar a cabo eficazmente el diseño del parque eólico mencionado.



## Capítulo IV

### 4 Análisis, Resultados, Conclusiones y Recomendaciones

#### 4.1 Análisis y ubicación geográfica del parque eólico

La ciudad de salinas está ubicada en la punta más sobresaliente de la península de Santa Elena lo cual sin lugar a dudas es uno de los principales balnearios de nuestro país, aproximadamente se estima que hay más de 50,000 habitantes en su población aumentando en un 50% los periodos vacacionales de la costa por visitas de turistas, el clima es confortable debido a las brisas marinas y las aguas que rodean dicha zona rica en productos marinos como peces, camarones, langostas, que son recursos económicos que la población aprovecha para poder generar riquezas económicas como también la Refinería Estatal Petrolera de La Libertad, así mismo explotan pozos de sal, de igual forma el turismo nacional e internacional que han sido una base económica fuerte para la población de Santa Elena, este es uno de los mayores fuentes de ingreso económico, uno de los atractivos que tienen Santa Elena es la chocolatera que se encuentra en salinas, es un gran acantilado con el punto más sobresaliente de la costa ecuatoriana, su forma a lo ancho de su extensión la convierten en un rompe olas de origen natural que a su vez sirve como protección para las playas que se encuentran en Salinas, Libertad y Santa Elena, en el lado Sur hay muchos vientos que provienen de las playas de mar Bravo y Punta Carnero.

Muy cerca de la chocolatera a orillas de la playa de mar Bravo se puede observar que se encuentra la base aérea de Salinas, que es un lugar de asentamiento desde la década de los 40 de la escuela superior militar de aviación llamada Cosme Renella Barbato, en la cual dentro de ella se puede observar la pista del aeródromo nacional y la estación meteorológica ubicada cerca de la torre del control del aeropuerto en donde en la siguiente tabla se detalla en las siguientes características en la Tabla 5.

**Tabla 5** Estación meteorológica Ulpiano Páez

Estación meteorológica	
Ubicación geográfica	Salinas – Guayas
Posición	Latitud: 02° 12' 28'' S Longitud: 80° 59' 09'' W
Elevación	4 m.s.n.m.
Altura de anemómetro	10m
Institución Responsable	Fuerza Aérea Ecuatoriana

**Nota:** Ubicación geográfica de la estación meteorológica **Fuente:** Autor.

Esta estación está ubicada dentro de la geografía de la zona seleccionada en figura 9, por lo tanto, es una zona que fue analizada por medio del anemómetro para poder obtener las velocidades del viento, dicho análisis lo veremos más adelante.

Esta ubicación es óptima para la instalación del parque eólico.

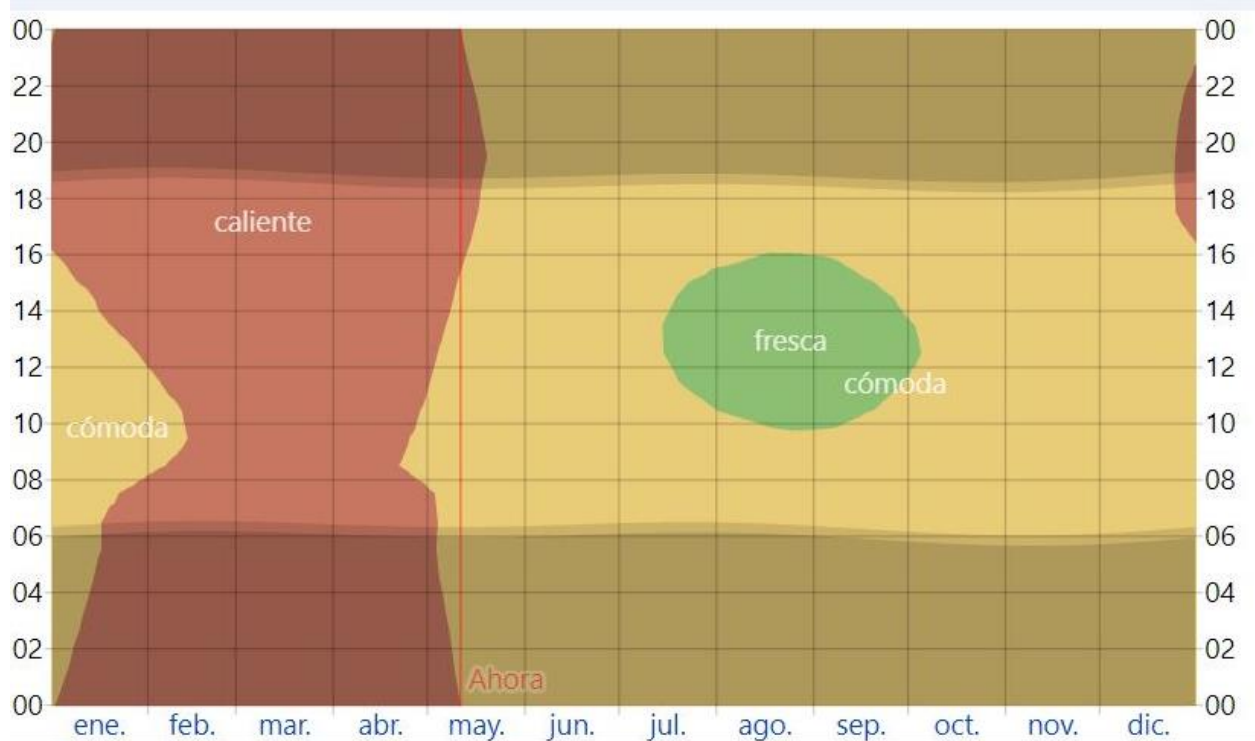
## 4.2 Variación de temperaturas en la zona seleccionada

Para poder realizar este trabajo de investigación se utilizarán datos históricos como referencia, los cuales son los promedios de velocidad, presión y temperatura recopilados en la estación meteorológica hasta los tiempos actuales.

Por esta razón la evaluación se la realizó con datos registrados durante el año 2021 y ciertos años que son aproximados a este debido a que es el que presenta la mayor cantidad de información de velocidad y dirección de los vientos con datos geográficos de la zona.

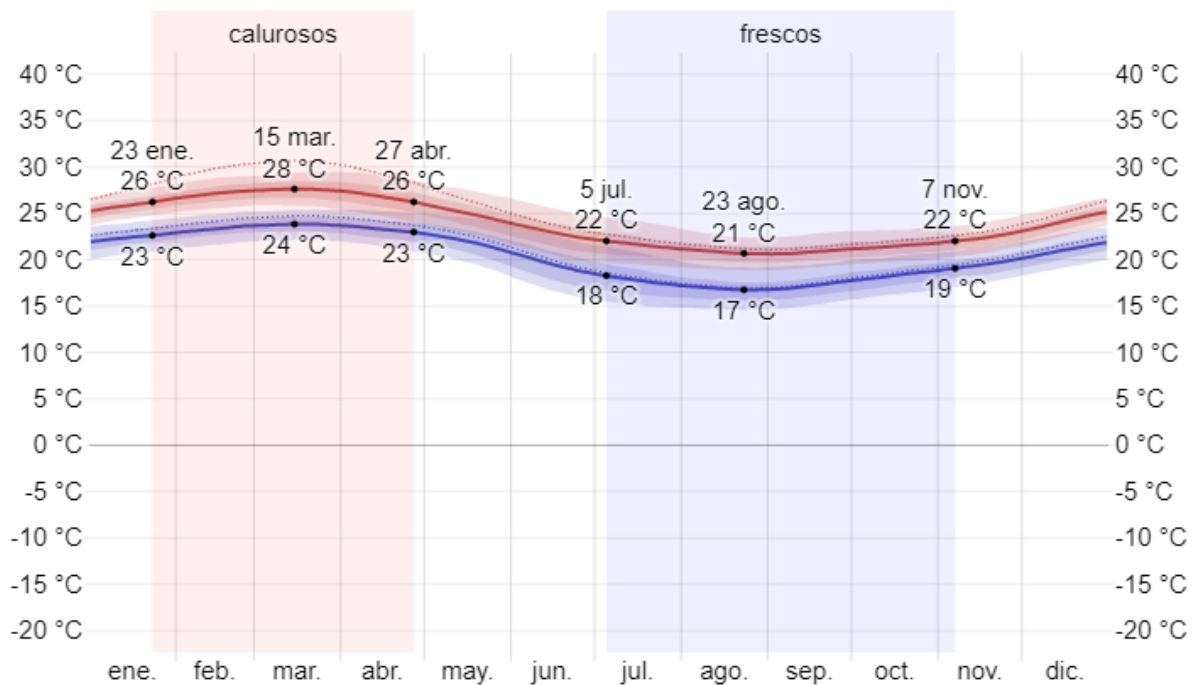
A continuación vamos a ver cómo se comporta la temperatura en la chocolatera y cerca de ella también podemos ver que del 23 de enero hasta el 23 y 27 de abril la temperatura máxima promedio es de 26°C, haciendo que sea una de las temporadas más cálidas del año donde el mes más caluroso es el de marzo con una temperatura máxima de 28°C y mínima de 24°C, el lapso donde la temperatura es más fresca es del mes de julio al mes de noviembre, dando una temperatura promedio máxima diaria es de 22°C, donde el mes más frío del año es el mes de agosto con una temperatura promedio mínima de 17°C y máxima de 21°C, continuación se puede observar en las siguientes figuras 10 y 11.

**Figura 10** Temperaturas durante el días y meses en la zona de la chocolatera



**Nota:** En esta figura se muestra las distintas temperaturas. **Fuente:** (Aeronáutica, 2019)

**Figura 11** Temperaturas en zona seleccionada para el parque Eólico



**Nota:** Temperaturas en la zona de selección. **Fuente:** (Aeronáutica, 2019)

Estas temperaturas son aceptables para el manejo de los equipos y las personas que trabajaran en la zona seleccionada, todas las temperaturas se las puede observar en las figuras 10 y 11. Estos datos son muy importantes de tomarlos en cuenta, debido que son las temperaturas que soportarán los aerogeneradores de acuerdo al diseño planteado en esta investigación, así mismo los operadores que estén laborando en dicho parque, por lo tanto, se ha podido determinar las diferentes temperaturas que se dan en el año dentro de la zona donde se diseñará el parque Eólico.

### 4.3 Factores geográficos técnicos para la construcción.

Este parque eólico estará construido en la zona costera de la chocolatera, por tanto, se mostrará los factores geográficos y técnicos para la disposición del emplazamiento de dicho parque, en el caso de ser factible realizarlo y analizar si la zona es la más óptima para colocar los aerogeneradores donde se tomarán en cuenta diversos criterios.

Estos criterios son de mucha importancia debido a que sus características influyen directamente en la decisión final, ya que habla de la necesidad de realizar cimentaciones, construcción de red de transmisión, y aspectos complementarios que influyen directamente en los costos totales del proyecto, por este motivo son determinantes el análisis de todos estos criterios en beneficio de la extracción que se obtendrán a partir del viento.

#### Condiciones de suelo

Para las condiciones de suelo se debe tener en cuenta que existen factores físicos que influyen directamente en la decisión de instalar un parque eólico, una de estas condiciones principales es la capacidad de que el suelo pueda soportar el peso de las torres y los aerogeneradores los cuales llegan a tener un peso total de aproximadamente 85 toneladas, volviéndose también necesarias vías de acceso que permitan poder transitar el paso a las turbinas y a las secciones de las torres en la fase de construcción que por lo general son transportadas en camiones de

plataforma que generalmente tienen un peso aproximado de 35 toneladas. (Rodríguez L. , 1988).

El suelo debe certificar la capacidad del mismo para soportar el peso de las turbinas por tanto se tomarán como válidos los valores y recomendaciones se han sido utilizado para la construcción de la actual escuela superior naval los cuales se encuentran especificados en el documento del estudio para la cimentación de viviendas construcción y vías realizado por el ingeniero Luis Rodríguez especializado en mecánica de suelos del año 1988.

Por lo tanto, todos los datos que se mencionan a continuación tendrán su respectiva fuente, por lo tanto, un dato principal que se hace mención la capacidad de soporte del suelo la cual da un valor estimado en 0.70 Kg por centímetro cuadrado, además se hace las recomendaciones de rellenos para distintos tipos de edificaciones y vías.

Según datos de investigación para el caso de turbinas eólicas se pueden realizar cimentaciones de hormigón armado de varios metros de profundidad dependiendo de sus formas estructurales que pueden ser cuadradas circulares con un área promedio de aproximadamente 120 metros cuadrados con un peso de 242 kg por centímetro cuadrado.

Como vía de acceso se conoce que las vías de Guayaquil a Santa Elena han sido reacondicionadas y ampliadas en cuatro carriles pasando hacer una carretera de primer nivel en el cual el tramo entre Santa Elena y Salinas a pesar de no haber sido considerado un proyecto de mejora de la vía a la costa tiene una buena capacidad para soportar tránsito de carga pesada de hasta 840 toneladas, por lo tanto, se hace muy fácil el transporte de las distintas maquinarias que se necesiten incluyendo las estructuras para el armado y construcción del parque eólico.

La vía de acceso para el área de la chocolatera está conformada por todas las vías que rodean al cerro de la puntilla, el perímetro por el noroeste cruzando la Base Naval y el segundo camino sería por el sur oeste cruzando el Fuerte Militar Atahualpa del Ejército ecuatoriano, los cuales se cruzan a la entrada del área de la chocolatera y se expanden hasta su extremo oriental, de esta forma puede verificarse en la siguiente figura 12.

**Figura 12** Vías de acceso a la chocolatera



**Nota:** Registro satelital de Vías de acceso a la zona. **Fuente:** Google Maps.

Según la geografía del lugar, la segunda vía mencionada que es la que está cruzando el Fuerte Militar Atahualpa del Ejército ecuatoriano, es la que presenta mejores condiciones para hacer transporte de carga pesada teniendo como beneficio que esta vía es mucho más corta que la otra vía de acceso, además está asfaltada en su totalidad y remodelada para las distintas operaciones que se tengan que hacer en lugares cercanos o en la misma chocolatera, por lo tanto, se puede hacer cruzar los vehículos de transporte que soportan el peso de los equipos y maquinarias que se requieren trasladar durante todo el futuro proceso de construcción e instalación del parque eólico en los caminos de acceso a la chocolatera.

### **Elevaciones y su influencia sobre la zona seleccionada.**

Es muy importante mencionar que no se debe incluir la altitud del terreno en cálculos de cizallamiento del viento ya que por la primera impresión que podría llevarse al ver el cerro de la puntilla se podría llegar a pensar que sobre él se podrían instalar turbinas eólicas para obtener grandes velocidades del viento ya que por la altura que este tiene aportaría mucha más altitud a las torres. El promedio de altura del cerro es de unos 40 metros sobre el nivel del terreno de la chocolatera tal y como se muestra en la figura 13, podemos ver la abrupta pendiente que existe en el lado Sur oeste de la cual provienen los vientos que predominan en dicha zona, por lo tanto este se convertiría en una especie de pared vertical que frena el viento, incluso mucho antes que llegue a entrar en contacto con ella impulsándolo verticalmente hacia la parte superior hasta chocar con el flujo sin perturbar qué viene a esa altura, produciendo una alta turbulencia sobre la cima del cerro. (Jaramillo, 2017) (Rodríguez, 1998)

Se puede observar esto a breves rasgos en la figura 13 que se encuentra a continuación:

**Figura 13** Tipos de flujo de viento



**Nota:** Se puede observar los tipos de flujo del viento en la zona seleccionada. **Fuente:** (Luna, 2008).

Tenemos que mencionar que la turbulencia va a crear un incremento en los esfuerzos a los que se van a ver sometidas las turbinas y por tanto el riesgo aumenta en que las palas puedan correr el riesgo de tener alguna fractura mecánica o su tiempo de vida útil disminuye considerablemente, sin embargo por otro lado está el hecho de que un aerogenerador que trabaja con alta turbulencia va a tener un nivel de producción de energía y los costos de mantenimiento van a ser altos debido a todas las condiciones que rodean a la turbina.

Por tanto las turbinas se las debe ubicar a lo largo de la playa de mar Bravo así como en la chocolatera, ya que no existen obstáculos de importancia que se opongan al flujo laminar del viento que viene del mar, dicho punto lo veremos con más detenimiento en los siguientes análisis que sean de vientos de la zona específica, por tanto, se debe desplazar las torres varias decenas de metros hacia atrás de las elevaciones o acantilados con el fin de que pueda ver un espacio en que el viento se restablezca y pueda recuperar su flujo laminar, pero dado el caso promedio del ancho del cerro, en donde se podrían realizar las cimentaciones de los aerogeneradores que varían entre los 30m y 40 m, por lo tanto se concluye lo siguiente basado en este análisis de acceso geográfico, que la zona específica para instalar las turbinas eólicas, debe ser a 30 o 40 m como se ha dicho en este análisis.

En la figura 14, se puede visualizar las distintas direcciones de los vientos que se encuentran en dicha zona, la cual se las conoce como la rosa de los vientos, en el cual podemos ver los distintos obstáculos como son cerros o acantilados que obstruyen el flujo normal del viento y por lo tanto se puede terminar todas las direcciones del mismo, en la línea o zona cerrada de rojo que se encuentra en la figura 14, son los vientos registrados que no tienen ningún obstáculos en sus distintas direcciones originales teniendo también la línea costera convirtiéndola en el área más apropiada para la instalación geográfica de las turbinas, ya que para el resto de direcciones existen obstáculos altamente pronunciados también teniendo en cuenta las distintas construcciones y edificios que se asientan a lo largo de las playas de Salinas y que estas direcciones representan solamente el 7% del total de los vientos registrados para el área, por lo tanto, estos obstáculos no influirían en nada en la zona donde se ponga las turbinas que van a ser parte del diseño del parque eólico.

**Figura 14** Ubicación de la zona geográfica con coordenadas



**Nota:** Se puede observar las coordenadas de vientos. **Fuente:** Google Earth

Por lo tanto, se concluye que una de las zonas para la instalación del parque eólico sería la línea paralela a la línea de Costa de Marfil desde la chocolatera hasta el inicio de la piscina alterna de la base aérea tal cómo se ve en la figura 15.

**Figura 15** Línea de ubicación del área seleccionada



**Nota:** Se puede observar la línea del perfil seleccionado. **Fuente:** Google Earth

Tenemos que aclarar qué a continuación se darán los análisis de vientos para llegar a la conclusión que dicha zona es óptima no solo por su biografía sino también porque en esta zona los vientos son los más óptimos para colocar los aerogeneradores dentro del diseño, lo cual se ha mencionado en breves rasgos en este análisis geográfico.

### **Rugosidad de la zona seleccionada**

Estos datos han sido tomados del atlas eólico europeo donde define que la clase de rugosidad, es decir la altura sobre el nivel del suelo, donde la velocidad del viento es teóricamente cero presenta los siguientes puntos zonales, para la zona de estudio en primera instancia los vientos predominantes vienen desde el sur y el oeste, es decir desde el mar tenemos que tener en cuenta que para el diseño del parque de los aerogeneradores, estos vientos son muy importantes porque se ubicarían a pocos metros de la orilla del mar a lo largo de la playa de mar Bravo y en la costa

denominada chocolatera, en la tabla 5 se presentan las clases y longitudes de rugosidad a la que está sometida la zona donde van a ser colocados en el diseño, los aerogeneradores que serán parte del parque eólico lo cual aproximadamente la longitud de rugosidad es de 0,0002m lo cual corresponde a una clase de rugosidad de cero.

**Tabla 6** Clases y Longitudes de Rugosidad

Clase de rugosidad	Longitud de rugosidad (m)	Índice de energía (%)	Tipo de paisaje
0	0,0002	100	Superficie del agua
0,5	0,0023	73	Terreno completamente abierto con una superficie lisa, p.ej., pistas de hormigón en los aeropuertos, césped cortado, etc.
1	0,03	52	Área agrícola abierta sin cercados ni setos y con edificios muy dispersos. Sólo colinas suavemente redondeadas
1,5	0,054	45	Terreno agrícola con algunas casas y setos resguardantes de 8 metros de altura con una distancia aproximada de 1250 m.
2	0,10	39	Terreno agrícola con algunas casas y setos resguardantes de 8 metros de altura con una distancia aproximada de 500 m.
2,5	0,21	31	Terreno agrícola con muchas casas, arbustos y plantas, o setos resguardantes de 8 metros de altura con una distancia aproximada de 250 m.
3	0,41	24	Pueblos, ciudades pequeñas, terreno agrícola, con muchos o altos setos resguardantes, bosques y terreno accidentado y muy desigual
3,5	0,80	18	Ciudades más grandes con edificios altos
4	1,62	13	Ciudades muy grandes con edificios altos y rascacielos

**Nota:** Se puede observar los niveles de Rugosidad. **Fuente:** (Rodríguez L. , 1988)

Por lo tanto, según los análisis realizados el área seleccionada es óptima para la elaboración de un diseño de un parque Eólico.

#### 4.4 Estudio de eventos sísmicos en el sitio geográfico seleccionado

En este análisis se verificará que la zona seleccionada para el parque eólico, es una zona óptima respecto a la actividad sísmica para poder tomar las medidas correspondientes, asegurando la vida de las personas que van a laborar en el parque, así como también poder dar una larga vida útil a todos los dispositivos mecánicos eólicos que estarán dentro del diseño.



De acuerdo al instituto geofísico de la escuela politécnica nacional, el perfil costero del Ecuador se encuentra en una zona que se la considera de riesgo bajo sísmico, las 117 estaciones que se encuentran en el lugar, registran cada 48 horas movimientos telúricos que nos describen el grado del sismo en la escala de Richter y entre estas zonas está la zona que se ha elegido para el parque eólico.

Según el instituto geográfico desde el año 2013 hasta la actualidad se registraron un total de 3200 eventos sísmicos, son magnitudes de riesgo medio según el informe de las placas tectónicas, las Islas Galápagos está a 1200 km del perfil costero ecuatoriano que pertenece a una enorme capa de corteza submarina que hace fuerza con la parte continental, para penetrarla como cuna hasta 6 cm, cada año esa es precisamente una de las fuentes de movimientos sísmicos que no solo expone al Ecuador a riesgo de terremotos, sino también a países ubicados entre Chile y Colombia en la parte sudamericana, así como lo del Norte del continente. (Aeronáutica, 2019)

Para la zona elegida del parque eólico, según los catálogos mencionado se registraron desde el año 1901 hasta el año 2020, 220 eventos telúricos con magnitudes de aproximadamente de 3 km a 5 Km hasta 6.9 según la escala de Richter y en el instituto geofísico de la escuela politécnica nacional se documentaron 158 sismos de intensidades que van de 3 hasta 4 en la escala de Richter entre los años de 1946 y 2020.

Por lo tanto, según Norma NEC-14 nos da los grados de sismicidad que una zona presenta; la zona de la chocolatera tiene una sismicidad de 0,25 a 0,3 que es el coeficiente PGA que significa máxima aceleración en la roca dejando por lo tanto en esta zona una moderada sismicidad que al momento de una posible construcción del parque eólico debe ser tomada en cuenta como moderada sismicidad, en caso de que en algún momento haya uno de moderada magnitud, esta clasificación se la puede ver en la tabla 6

**Tabla 7** Niveles de sismicidad

Zona	PGA	Grado
1	$\leq 0.15$	Muy baja sismicidad
2	$0.15 \text{ g} < \text{PGA} \leq 0.25 \text{ g}$	Baja sismicidad
3	$0.25 \text{ g} < \text{PGA} \leq 0.30 \text{ g}$	Moderada sismicidad
4	$0.30 \text{ g} < \text{PGA} \leq 0.35 \text{ g}$	Moderada a alta sismicidad
5	$0.35 \text{ g} < \text{PGA} \leq 0.40 \text{ g}$	Alta sismicidad
6	$0.40 \text{ g} < \text{PGA} \leq 0.50 \text{ g}$	Muy alta sismicidad

**Nota:** En esta tabla se muestra las clasificaciones de niveles de sismicidad. **Fuente:** (Aeronáutica, 2019)

Por lo tanto, se puede concluir que según los estudios sísmicos en esta zona costera, la mayor parte del suelo está formado por suelos finos de baja densidad en todo el área estudiada y que pueden haber problemas de licuefacción, sin embargo con los tratamientos y los cuidados correspondientes al momento de realizar una posible construcción no habría peligro en las estructuras o en el parque eólico que se diseñe, por lo tanto toda obra de construcción en este sector deberá analizar falla por capacidad de carga, por asentamiento y expansión, tomando en cuenta la falla del suelo por el fenómeno de licuefacción que también es un fenómeno que se

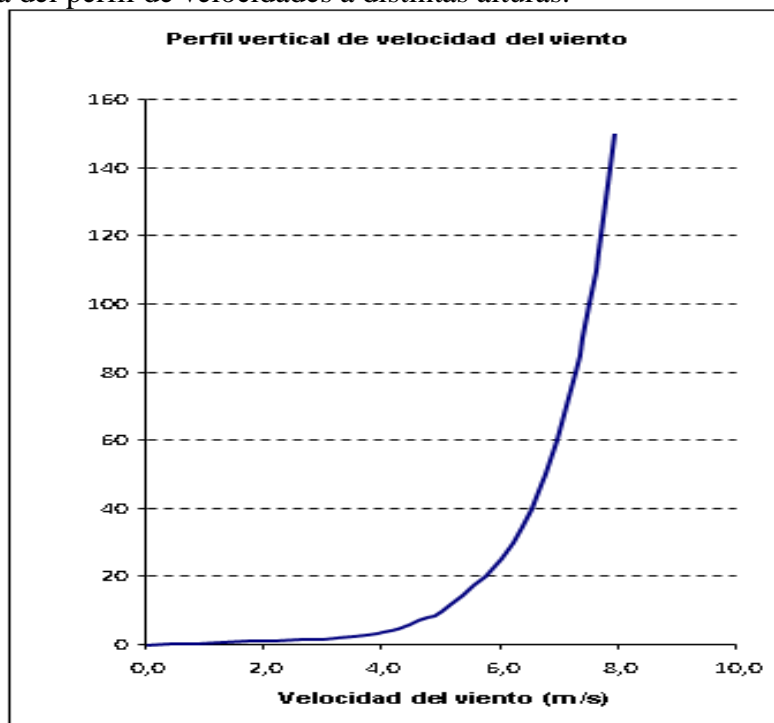
presenta en este tipo de suelos costeros para que en un futuro ninguna estructura colapse, respecto a las actividades sísmicas, ya que históricamente no hay evidencia de que existan peligros sísmicos, sin embargo se debe diseñar y hacer las estructuras con alta resistencia a la sismicidad. (Baque, 2014)

Hasta la actualidad no hay estudio que evidencie sismicidad de riesgo en la zona donde se desea colocar el parque eólico, así que por lo tanto es una zona segura para el proyecto de la generación eléctrica sustentable por medio de aerogeneradores dentro del parque eólico. (Baque, 2014)

#### 4.5 Análisis de los vientos en el área seleccionada para el parque eólico.

Ahora haremos el análisis de los vientos que predominan en la zona seleccionada para el parque eólico, se ha podido analizar la temperatura en la zona en los distintos tiempos del año que han sido mencionados en este estudio, por lo tanto, en la estación meteorológica el anemómetro del aeropuerto de Salinas registra el perfil de velocidades sobre el área seleccionada para el parque eólico, estos perfiles de velocidad o valores de velocidad han sido tomados a las diferentes alturas, tomando como referencia el suelo, a continuación vamos a ver la figura 16 donde se visualiza la traza del perfil de velocidad a distintas alturas y la tabla 7 que nos muestra los datos registrados.

**Figura 16** Traza del perfil de velocidades a distintas alturas.



**Nota:** En esta figura se muestra la traza del perfil de velocidades. **Fuente:** (Aeronáutica, 2019)

**Tabla 8** Perfil de velocidades

Altura Z ( m )	Velocidad v ( m/s )
10	5,00
20	5,75
30	6,19
40	6,43
50	6,75
60	6,95
70	7,11
80	7,26
90	7,39
100	7,50
110	7,60
120	7,68
130	7,72
140	7,87
150	7,91

**Nota:** En esta Tabla muestra el perfil de velocidades. **Fuente:** (Aeronáutica, 2019)

Según estos registros que están documentados, podemos observar que a los 10 metros de altura tenemos una velocidad de 5 m/s aceptable para poder generar energía eléctrica que proviene de las velocidades de los vientos, esto nos ayuda a que los aerogeneradores que van a ser colocados pueden variar su altura para facilitar el ahorro de material y también poder hacer un fácil mantenimiento, pero desde ya podemos determinar que la zona seleccionada tiene velocidades de viento favorables para la generación de energía eléctrica a través de un parque eólico.

#### 4.5.1 Direcciones predominantes del viento en la zona seleccionada

Dentro de los datos meteorológicos tomados por la estación, se han recolectado los siguientes valores de los vientos para poder seleccionar los sitios o lugares dónde irán situadas las turbinas, estos datos son tomados a una altura de 10 m hasta una altura de 80m ya que son distancias generalizadas a nivel mundial en las torres de los aerogeneradores.

Todos estos datos nos sirve para poder obtener los valores a los que los aerogeneradores serán sometidos por las velocidades de los vientos en sus turbinas que son las que van a generar la energía eléctrica por medio del movimiento de sus aspas, por esta forma también se toma en cuenta la dirección del viento en las distintas mediciones respetando la variación de las mismas, estos datos son correspondientes a los años del 2008 al 2018, datos que son muy semejantes a los que serían actualmente, ya que no habido ninguna variación de terreno ni de entorno en el área seleccionada para el parque eólico, por lo tanto a continuación se mostrará la velocidad de los vientos promedio registradas a 10 a 80 metros de altura, en el anexo B se puede observar en detalle las mediciones en el año 2018 los cuales son muy similares a los actuales.

**Tabla 9** Registro de velocidades de vientos

VELOCIDADES m/s													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
2009	SW 7,31	SW 5,73	W 6,82	SW 5,66	SW 6,75	SSW 7,84	SW 8,06	SW 7,84	SW 6,97	SW 7,84	SSW 8,56	SSW 7,84	SW 7,28
2010	SW 5,61	SW 5,81	SW 5,81	SW 5,81	SW 5,08	SW 7,26	SW 7,26	SW 6,53	SW 6,53	SW 7,26	SW 7,26	SW 6,53	SW 6,41
2011	SW 6,53	SW 5,08	SW 4,35	SW 4,35	SW 5,81	SW 7,26	SW 7,98	SW 7,26	SW 5,08	SW 5,81	SW 6,53	WSW 5,08	SW 5,93
2013	SW 4,35	SW 4,35	SW 4,35	SW 3,63	SW 5,08	SW 5,81	SW 5,81	SW 5,08	SW 5,08	SW 6,53	SW 6,53	SW 5,81	SW 5,20
2014	SW 5,08	SW 4,35	WSW 4,35	SW 4,35	SW 5,08	SW 5,79	SW 6,53	SW 5,81	SW 5,81	SW 5,81	SW 6,53	SW 5,81	SW 5,44
2015	WSW 5,73	SW 5,01	SW 4,72	SW 5,37	SW 5,37	SW 5,23	SW 5,37	W 4,79	WSW 5,08	WSW 5,15	W 4,94	W 4,06	SW 5,07
2016	WSW 6,80	SSW 6,10	SW 5,37	SSW 5,52	SW 6,68	SW 7,11	SW 6,60	SW 6,46	SW 7,04	SW 7,33	SW 7,91	SW 7,98	SW 6,73
2017	WSW 5,98	WSW 4,46	W 4,34	WSW 4,44	WSW 5,60	WSW 6,09	SW 6,18	SW 6,14	SW 5,98	SSW 5,84	SSW 6,08	SW 5,91	WSW 5,59
2018	WSW 5,65	WSW 5,01	W 4,79	WSW 5,52	WSW 5,44	WSW 5,88	SW 6,46	SW 5,30	SW 5,30	SSW 5,81	SSW 6,02	SW 4,94	WSW 5,50
MED	5,91	5,10	5,01	4,96	5,65	6,32	6,69	6,12	5,87	6,37	6,71	6,03	5,87

**Nota:** Se muestra los promedios de velocidades en los distintos años. **Fuente:** (Aeronáutica, 2019)

Cómo podemos ver en los datos registrados de la tabla 8, se encuentra un alto porcentaje de las direcciones de las velocidades del viento que predominan en la zona seleccionada, son en el sur y el oeste las cuales corresponden en su gran mayoría a las brisas marinas que son provenientes del océano Pacífico.

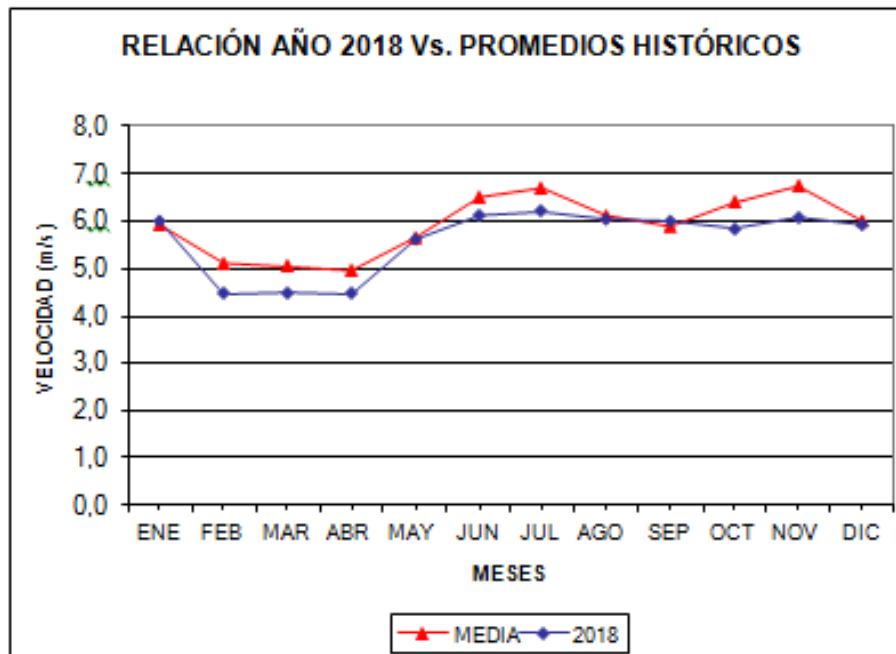
Podemos ver que también la intensidad del viento disminuye entre los meses de febrero y abril debido que las temperaturas ambientales son altas en esa época del año mientras que en los meses más fríos entre junio a noviembre la velocidad aumenta considerablemente.

Por lo cual podemos certificar que las velocidades que están registradas en las distintas direcciones nos dan la seguridad de poder obtener la energía necesaria para suministrar a la población por medio del parque eólico.

En el anexo B tenemos los datos recopilados en el año 2018 por el departamento de meteorología aeronáutica dónde se nos muestran las distintas velocidades del día, los cuales nos ayudan a poder obtener una visión más clara de cómo los vientos se comportan en el área seleccionada.

A continuación, mostraremos la tendencia del año 2018 con respecto a otros promedios de velocidades históricos anuales.

**Figura 17** Relación año 2018 vs. Promedios históricos



**Nota:** Se muestra la relación de velocidades de viento.. **Fuente:** (Aeronáutica, 2019)

Cómo podemos ver en los distintos valores del año 2018 con respecto valores históricos a los demás años podemos observar que en la mayoría de los meses más del 90% están en velocidades mayores de 5 m/s y ninguna baja de 4 m/s, por lo tanto podemos decir que las velocidades más altas son del 90% por lo cual la zona seleccionada contiene velocidades de vientos óptimas para el diseño de un parque eólico, donde su generador tendrá la suficiente fuerza para que se puedan ser giradas por las fuerzas que los vientos.

#### 4.5.2 Rosa de los vientos en el área seleccionada para el parque eólico.

Cuando nos referimos a Rosa de los vientos, estamos hablando de las diferentes direcciones geográficas en las que el viento fluye con una respectiva velocidad, las cuáles son las formas de representar velocidades y direcciones del viento en el área seleccionada en la cual se presentan porcentajes e intervalos en 16 direcciones típicas de medición donde su función es facilitar la visualización de las direcciones e intensidades típicas del viento.

En este análisis se le llama calmas a las intensidades de velocidad del viento, cuando son nulas donde hay que evitarlas para que el sistema pueda siempre tener velocidades del viento donde pueda obtener su energía, por lo tanto se detallará la rosa de los vientos, que son datos con sus respectivas direcciones geográficas o coordenadas.

Por lo tanto, en primer lugar, se debe establecer las direcciones a las cuales se las considera como estándar y como referencia para la elaboración de la rosa, se dividirá en 360 grados con 16 historias de 22,5 grados cada uno y se le asignará a su dirección central la sigla y la denominación correspondiente de acuerdo a la tabla 10

**Tabla 10** Registro de Siglas

DIRECCIÓN	SIGLA	DENOMINACIÓN
0	N	Norte
22,5	NNE	Nor Noreste
45	NE	Noreste
67,5	ENE	Este Noreste
90	E	Este
112,5	ESE	Este Sudeste
135	SE	Sudeste
157,5	SSE	Sud Sudeste
180	S	Sur
202,5	SSW	Sud Sudoeste
225	SW	Sudoeste
247,5	WSW	Oeste Sudoeste
270	W	Oeste
292,5	WNW	Oeste Noroeste
315	NW	Noroeste
337,5	NNW	Nor Noroeste
360	N	Norte

**Nota:** Se muestra las direcciones geográficas. **Fuente:** (Aeronáutica, 2019)

Aquí podemos ver los diferentes significados para las coordenadas geográficas donde los vientos se dirigen.

En la tabla 11 podremos ver claramente los detalles de la frecuencia de los vientos de con sus respectivas direcciones en coordenadas geográficas y velocidades, además podemos también ver el porcentaje en que cada una de ellas se manifiesta en relación con el total de y observaciones realizadas con el año 2018.

**Tabla 11** Frecuencias de dirección e intensidad del viento para el año 2018

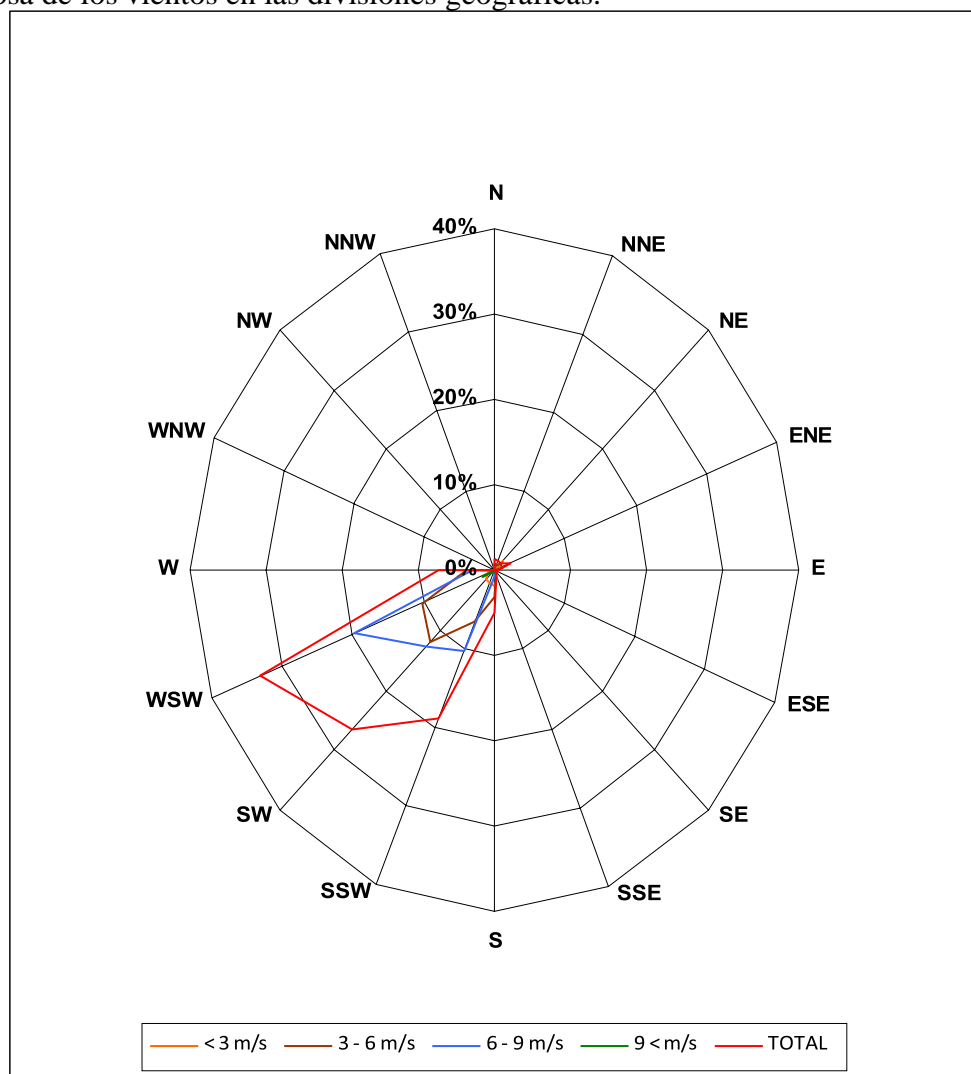
DIRECCIÓN E INTENSIDAD DE LOS VIENTOS 2018									
VELOCIDAD	< 3 m/s		3 - 6 m/s		6 - 9 m/s		9 < m/s		TOTAL
DIRECCIÓN	#	%	#	%	#	%	#	%	%
N	9	0,19	4	0,08	3	0,06	0	0,00	0,34
NNE	3	0,06	8	0,17	1	0,02	0	0,00	0,25
NE	13	0,27	17	0,36	0	0,00	0	0,00	0,63
ENE	22	0,46	10	0,21	0	0,00	0	0,00	0,67
E	12	0,25	4	0,08	1	0,02	0	0,00	0,36
ESE	1	0,02	3	0,06	1	0,02	0	0,00	0,11
SE	1	0,02	8	0,17	1	0,02	0	0,00	0,21
SSE	6	0,13	16	0,34	2	0,04	0	0,00	0,51
S	45	0,95	80	1,69	33	0,70	3	0,06	3,39
SSW	101	2,13	304	6,41	226	4,76	49	1,03	14,33
SW	116	2,44	609	12,83	479	10,09	62	1,31	26,68
WSW	145	3,06	739	15,57	704	14,84	57	1,20	34,67
W	68	1,43	335	7,06	218	4,59	7	0,15	13,23
WNW	10	0,21	22	0,46	8	0,17	0	0,00	0,84
NW	3	0,06	6	0,13	1	0,02	0	0,00	0,21
NNW	5	0,11	8	0,17	2	0,04	0	0,00	0,32
SUBTOTAL	560	11,80	2173	45,80	1680	35,41	178	3,75	96,75

**Nota:** Se muestra las direcciones geográficas de velocidades. **Fuente:** (Aeronáutica, 2019)

La figura 18 es conocida en la ciencia de la generación de energía eólica como la rosa de los vientos, se puede verificar a simple vista que nos permite tener una mejor comprensión del comportamiento del viento en el área seleccionada en la chocolatera para el parque eólico y nos da una mejor perspectiva de visualización para seleccionar el perfil donde los aerogeneradores tendrá que ser ubicados para poder obtener la mayor posible de energía de la velocidad del viento aprovechando la dirección más óptima de estos.

En la siguiente figura 18 vamos a poder observar la distribución de la rosa de los vientos en las subdivisiones geográficas.

**Figura 18** Rosa de los vientos en las divisiones geográficas.



**Nota:** Se muestra las direcciones geográficas de velocidades de la rosa de los vientos.

**Fuente:** (Aeronáutica, 2019)

Según la figura 18 de la Rosa de los vientos, podemos ver que estas son las velocidades en los diferentes meses del año con sus respectivas coordenadas geográficas y podríamos decir que los periodos de calma de viento representan únicamente el 3% del total del tiempo en el año,

siendo el mismo casi estimable, por lo tanto que podríamos decir que es nulo si lo relacionamos con los demás días del año, por lo tanto si analizamos todas las velocidades podemos ver que en los meses de marzo, abril, y mayo en dónde se dan todos los periodos de calma lo cual junto con los valores que sean promediados y que son bajos de velocidad del viento, esta época del año podría ser una de las más críticas para el parque eólico, ya que se obtiene en velocidades bajas, sin embargo tenemos que hacer ver que es de suma importancia que la mayoría de las mediciones vienen en elecciones comprendidas entre el sur y el oeste, ya que no cuentan en su camino con ningún obstáculo y por esta razón les permite alcanzar buenas velocidades y es donde se debe contemplar dentro del diseño, la ubicación de los aerogeneradores, ya que aquí es donde se obtienen las velocidades óptimas para la generación de energía, dónde también deberíamos tomar en cuenta los valores bajos de velocidad pero como ya sé dijo son en muy poco porcentaje.

Podemos verificar que más del 80% registra velocidades superiores a 5 m/s llegando aproximadamente a 9 m/s rangos en los cuales cualquier turbina eólica opera de una forma óptima y eficiente.

En la figura 9 se muestra el área seleccionada óptima para el parque eólico, donde se obtendrán velocidades mayores a 6m/s, por cual esta área está encerrada con una línea roja en la rosa de los vientos. (Ciencia, 2020)

#### 4.6 Selección de los equipos que serán contemplados en el diseño parque eólico.

Para poder hacer la selección de los aerogeneradores se harán cálculos referentes a la generación de energía vs el número de habitantes y se debe tener en cuenta ciertos parámetros que serán calculados a continuación.

##### Potencia media

A continuación, como ya sé mencionó anteriormente la potencia media de un lugar determinado es directamente proporcional al área expuesta al caudal, a la densidad del aire y al cubo de la velocidad del viento, a continuación, se presenta la siguiente ecuación 1.

$$P_m = \frac{1}{2} \rho A V_m^3 \quad (1)$$

Donde  $\rho$  es la densidad del aire, A el área expuesta al caudal y  $V_m$  la velocidad media del viento.

Tenemos otra ecuación que será presentada la cual utiliza la función gamma para expresar su resultado que es en función de las constante k que es el factor de forma, es adimensional y la el factor de escala c que son valores aproximados a la velocidad media, estos parametros nos sirven para poder hallar la distribución de weibull con lo cual podremos hallar la velocidad media elevada al cubo, esta ecuación es un simulador que toma en cuenta en sus constantes variaciones que se pueden dar en el entorno, pero han sido medidas y registradas, y se obtiene los resultados que se verán a continuación.

$$V_m^3 = c^3 \Gamma \left( 1 + \frac{3}{k} \right) \quad (2)$$



Todas las ecuaciones son tomadas de los manuales de energía eólica. (Andrea, 2013)

Según los estudios internacionales del atlas de América latina se registra los siguientes datos que son presentados en la tabla 12 que está a continuación dónde se obtiene la velocidad media.

**Tabla 12** Velocidad media por distribución de Weibull

MES	VELOCIDAD MEDIA [ $V_m$ ] ( m/s )	FACTOR DE FORMA [ $k$ ]	FACTOR DE ESCALA [ $c$ ] ( m/s )
ENERO	5,98	3,2031	6,6794
FEBRERO	4,46	2,4580	5,0313
MARZO	4,49	1,8355	5,0491
ABRIL	4,44	1,5715	4,9398
MAYO	5,60	2,8678	6,2881
JUNIO	6,09	3,1817	6,8003
JULIO	6,17	3,5158	6,8638
AGOSTO	6,14	3,3781	6,8381
SEPTIEMBRE	5,98	3,6375	6,6359
OCTUBRE	5,70	3,7380	6,4700
NOVIEMBRE	6,05	3,1640	6,7897
DICIEMBRE	5,90	2,9518	6,6237

**Nota:** Velocidad media por distribución de Weibull.. **Fuente:** (Aeronáutica, 2019)

Cómo podemos ver las distintas variaciones de velocidad por medio de esta distribución nos da un resultado muy aproximado al que es tomado por los medidores en un promedio de 6 m por segundo en su totalidad en el transcurso del tiempo.

A continuación, se va a mostrar en la tabla 13 el potencial eólico en un emplazamiento para el cual se ha seleccionado área por unidad de superficie para un tiempo relativamente largo de un año aproximadamente, tomando en cuenta la densidad del aire que posee el viento que circula por metro cuadrado barrido.

**Tabla 13** Cálculo mensual de potencia media del viento

MES	FACTOR DE FORMA [ k ]	FACTOR DE ESCALA [ c ] ( m/s )	$v^3$ $c^3 * \Gamma(1+3/k)$	DENSIDAD [ $\rho_r$ ] ( kg/m <sup>3</sup> )	POTENCIA MEDIA / m <sup>2</sup> [ Pm/A ] ( W/m <sup>2</sup> )
ENERO	3,2031	6,6794	290,49	1,1783	171,14
FEBRERO	2,4580	5,0313	141,92	1,1723	83,18
MARZO	1,8355	5,0491	188,89	1,1714	110,63
ABRIL	1,5715	4,9398	222,03	1,1771	130,68
MAYO	2,8678	6,2881	253,70	1,1789	139,54
JUNIO	3,1817	6,8003	307,30	1,1900	182,84
JULIO	3,5158	6,8638	306,10	1,1956	182,98
AGOSTO	3,3781	6,8381	306,23	1,1976	183,36
SEPTIEMBRE	3,6375	6,6359	274,14	1,1957	163,90
OCTUBRE	3,7380	6,4700	252,45	1,1919	160,44
NOVIEMBRE	3,1640	6,7897	306,48	1,1905	182,44
DICIEMBRE	2,9518	6,6237	292,64	1,1846	181,32
<b>PROMEDIO AÑO 2018</b>					<b>156,58</b>

**Nota:** Se muestra el cálculo mensual de potencia media del viento. **Fuente:** (Aeronáutica, 2019)

Podemos observar en la tabla 12 el promedio de la potencia media  $P_m$  por el metro cuadrado de área es de 156,58 watts.

Por lo tanto, podemos decir que la energía que se puede extraer del viento es aceptable para poder realizar el parque de eólico, a continuación, vamos a mostrar otra forma de cuantificar este recurso mediante la determinación de la energía disponible dentro de un periodo de tiempo, ya que es de gran interés encontrar la cantidad de energía que posee el viento en el área durante un período de un año para lo cual se emplea la siguiente ecuación 3

$$E(\text{KWh}/\text{m}^2) = 8.76(P_m) \quad (3)$$

Reemplazando la potencia media promedio nos da el siguiente resultado.

$$E = 1.370,24 \text{ kWh} / \text{m}^2$$

Esta cifra representa la cantidad total de energía del viento que transita por un metro cuadrado perpendicular al flujo del mismo en un período determinado de un año durante las 24 horas del día, lo cual no certifica que la zona seleccionada es óptima para poder utilizar esta energía proveniente de los vientos sin dejar ninguna duda en su efectividad y en que los aerogeneradores producirán según su capacidad la energía requerida.

#### 4.7 Selección de los aerogeneradores

Para seleccionar los generadores que se instalarán se debe saber que su energía eléctrica es la que se consume por medio de los datos que son proporcionados por la subestación de distribución de Chipipe, de esta forma podremos saber cuál va a ser el aporte a la red de distribución eléctrica hasta los centros de consumo que son un punto determinante para poder elegir o seleccionar los aerogeneradores.

Por otro lado en el caso existe una red eléctrica cercana es necesario determinar o estar seguro que físicamente esta va a poder soportar el nivel de carga que el parque eólico va a proporcionar, a su vez implica que se debe utilizar mayores recursos económicos elevando por consiguiente el costo del proyecto, sin embargo para la zona seleccionada sabemos que hay cercana una subestación de distribución que ya la hemos mencionado que es la subestación de distribución de Chipipe, está esta desde el año de 1994 cercana a la base naval como se puede ver la siguiente figura 19.

**Figura 19** Subestación eléctrica Chipipe



**Nota:** se muestra la subestación. **Fuente:** Google Maps

Estación de una potencia nominal mínima de 5 MVA para lo cual utiliza un transformador de alta capacidad enfriado por aceite y aire forzado como se muestra en la figura 20.

**Figura 20** Transformador de alta tensión ( 5 MVA)



**Nota:** Se muestra el transformador de alta tensión. **Fuente:** Google Maps

La distancia perpendicular que separa la subestación de la línea de Costa de mar Bravo, es la zona del diseño del parque eólico, es de apenas de 1.1 km ya que ahí se maneja una alta capacidad de energía por lo cual la convierte en el punto ideal para la interconexión del parque generador con La red pública.

También menciona que la red la empresa eléctrica de Santa Elena forma parte del sistema nacional interconectado del Ecuador lo cual nos permite operar paralelo con las turbinas eólicas y otros sistemas que generan electricidad es decir que en el caso de que sea requerido electricidad generada por el parque también podrá abastecer otras zonas del sistema, como así lo demanda, por lo tanto este parque eólico en un gran beneficio no solo para el sector de la península de Santa Elena sino también para la subestación en caso de requerir energía adicional sin embargo cómo vamos a ver más adelante la demanda cada año crece.

Respecto al diseño del tendido eléctrico podemos decir que la consideración más importante viene dada por la ubicación de la pista del aeródromo Ulpiano Páez de la base aérea, porque este es el lugar donde atravesaría la línea de transmisión volviéndose imperiosa la necesidad de realizar el tendido del cableado de manera subterránea para no obstaculizar el tráfico aéreo que pasa por esta zona.

En términos más específicos, la energía producida por cada unidad que se transportará a nivel es de 13,8 KV, por medio de un cable tripolar subterráneo de 15 KV con conductores 1/0 AWG de cobre, conforme a la norma ASTM B 496, con aislamiento tipo EPR, bajo normas ICEA S-68-516, AEIC C56 y UL 1072 o equivalentes, siendo el aislamiento del cable adecuado para el 100% de voltaje nominal.

Por lo tanto los aerogeneradores están montados en estructuras metálicas que son plataformas dónde también estarán las instalaciones eléctricas que deben estar adecuadamente conectadas a una malla de conexión a tierra enterrada bajo la cimentación de las torres, por lo tanto toda la instalación eléctrica de la subestación de interconexión deberán usar medidas de protección, aislamiento eléctrico y conductores según los estándares aplicables y normas internacionales bajo especificaciones AWG y ACS o normas equivalentes a estas.

#### 4.7.1 Análisis de la demanda eléctrica

Hasta este momento cómo se ha detallado en los capítulos anteriores de este presente trabajo se ha demostrado que físicamente es factible aprovechar el viento para generar electricidad en el área seleccionada, ahora debemos determinar por medio de la selección el número de aerogeneradores que van a ir colocados en el área seleccionada para poder calcular cuánto va a ser el aporte de energía a la red de distribución asumiendo también los costos y la rentabilidad que se obtendrá por la energía producida durante los periodos, y que vayan a ser utilizados los aerogeneradores, ya que según el plan de electrificación del Ecuador del año 2012 al 2020 según CONELEC por la dolarización han traído grandes beneficios que han podido hacer que las ganancias se mantengan estables pudiendo reactivar la economía del país con el crecimiento de la demanda de potencia eléctrica que debe ser compatible que a medida que va creciendo la población su demanda también va creciendo y que por ende debe ser suministrada de energía eléctrica, este proyecto ayuda a qué está energía eléctrica que puede en algún momento hacer falta sea proporcionada por medio de la energía que se obtenga del viento.

En la tabla 14 se pueden observar la proyección de la demanda anual, en el transcurso de los años la potencia a la que ha sido sometida por la población donde también podemos observar el porcentaje de demanda a través de los años registrados por el plan de electrificación del Ecuador.

**Tabla 14** Proyección de la demanda anual de potencia

PROYECCIÓN DE LA DEMANDA ANUAL DE POTENCIA (MW) AL NIVEL DE BARRAS DE SUBESTACIÓN DE ENTREGA (CRECIMIENTO MEDIO)									
AÑO	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
SANTA ELENA	110	114	119	123	128	133	138	143	148
		3,6%	4,6%	3,3%	4,3%	4,1%	3,9%	3,8%	3,6%
TOTAL S.N.I	2.647	2.770	2.894	3.021	3.165	3.301	3.442	3.588	3.749
		4,4%	4,3%	4,2%	4,5%	4,1%	4,1%	4,1%	4,3%

**Nota:** Se muestra la demanda anual de Potencia. **Fuente:** (ELECTRICIDAD, 2015)

Cómo se puede observar en la tabla 13 existe un crecimiento a través de los años de la demanda eléctrica y por tanto esta potencia también la experimentará el parque eólico, podemos ver que el incremento significativo hasta el año 2020, adicional al hecho de que a través del sistema nacional interconectado los posibles excesos de producción eléctrica pueden ser canalizado a cualquier otra zona del país que las necesiten, también debemos saber que es de suma importancia que la empresa eléctrica, tiene una capacidad termoeléctrica de 1.5 MB que por problemas de costo y carteras estuvo al borde de la quiebra en el año 1986, pero sin embargo logró superarse, reanudando todas sus actividades eficientemente así que en agosto de 1996 aumento su capacidad a 17,5MVA, por lo tanto se puede asegurar que la demanda eléctrica futura siempre será superior a la capacidad instalada volviéndose necesaria la inclusión de nuevos proyectos donde se pueda generar la energía que satisfaga la demanda de cada año, ya que la capacidad a la que opera en la actualidad no va a ser suficiente para poder satisfacer la demanda, por lo tanto sería un beneficio la futura construcción del diseño del parque eólico, ya que se podría en cierta forma aliviar el crecimiento de la demanda eléctrica.

Por lo tanto, podemos observar que el incremento anual es aproximadamente de 5 MW, por lo tanto, en unos años futuro sumados a los anteriores la demanda de energía para abastecer a la población, deberá incrementarse mínimo en unos 10MW, para de esta forma poder abastecer o satisfacer la necesidad que se avecinará en los años próximos.

Con esto podemos llegar a la conclusión de que se necesita un parque eólico que genere energía eléctrica como base 10MW por año.

Ahora sabiendo este dato que nos proporcionan que como mínimo debemos satisfacer o abastecer podremos seleccionar el número de aerogeneradores que eran colocados en el área seleccionada, para lo cual a continuación haremos el siguiente análisis.

Para poder realizar la capacidad de generación real, se necesita seleccionar los aerogeneradores que son los que proporcionarían la energía que será obtenida del viento, para esto analizaremos dos factores determinantes que tiene que ver con la selección del sitio y otras características referentes.

Los dos puntos que se analizarán serán los siguientes:

- a) Número y capacidad de turbinas de acuerdo al espacio físico disponible
- b) Selección del modelo de los aerogeneradores y la proyección de la demanda de potencia eléctrica.

Con estas dos condiciones podremos seleccionar los aerogeneradores que estarán operativos en el área seleccionada para el parque eólico.

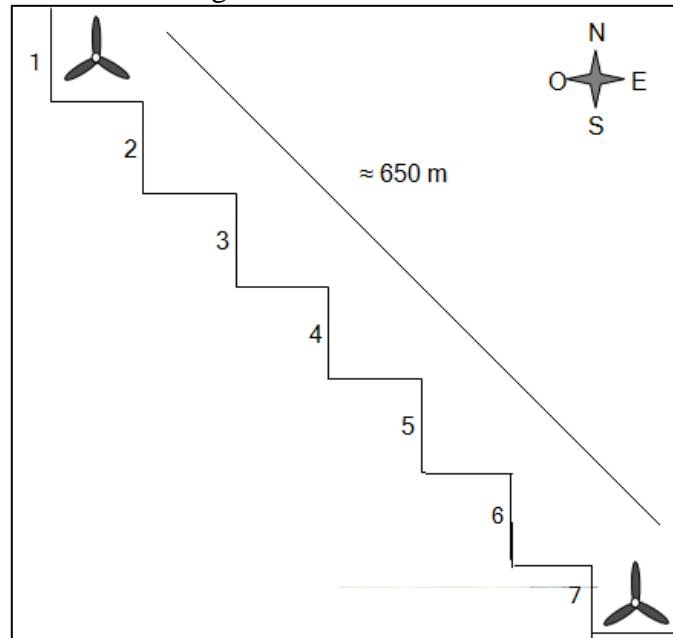
A continuación, desarrollaremos cada una de estas condiciones.

#### **4.7.2 Número de capacidad de turbinas de acuerdo al espacio físico disponible**

Se ha separado cada generador entre 6 y 9 veces en un sentido longitudinal en dirección a los vientos predominantes, por lo tanto para la selección del área se ha tomado en cuenta la distancia del ancho de la misma para la instalación donde se considera que lo más apropiado es ubicar los aerogeneradores en una sola fila separados axialmente, se lo ubicará entre 3 a 5 veces su viaje en la dirección de los vientos dominantes como ya se mencionó anteriormente, tomando en cuenta las aspas de los aerogeneradores donde su promedio es de 70 a 90 m, de donde tomaremos el máximo posible de medición del aspa de los mismos, de esta forma quedarán espacios entre cada uno de ellos disminuyendo al máximo los efectos de turbulencias que puede haber por los vientos al atravesar obstáculos que se les presenta en el camino, por lo tanto los vientos serán los que vienen del oeste hacia el sur que pegarán directamente a las aspas que serán las encargadas de darle movimiento a lo largo de la línea de la costa orientada hacia el mar, la separación axial será de 650 m de uno a otro en la dirección perpendicular al viento predominante.

La línea de costa sur de la Península forma un ángulo casi exacto de 45° con relación al Norte geográficamente, entonces si se observan los casos extremos en los que los vientos predominantes soplen desde el Oeste y del Sur, 16,62% del total, tendremos que separar a los aerogeneradores 7 veces su diámetro en las direcciones hacia el Norte y hacia el Este, tal y como se puede ver en la figura 21

**Figura 21** Distancia axial entre aerogeneradores



**Nota:** Se muestra la separación axial y fijación de los aerogeneradores. **Fuente:** Autor

Cómo podemos ver la distancia que hay entre cada uno de ellos es 7 veces su diámetro que nos proporciona una fácil forma de poder agregar entre estos espacios formas de transporte para el mantenimiento de cada uno de ellos ubicados linealmente dónde la mayoría o el porcentaje mayor de los vientos predominantes circulan por la misma con lo cual se cubre, se tiene 3% de concurrencia del viento dentro de las recomendaciones para la distribución de parques eólicos, con esto podemos estar seguros que los aerogeneradores podrán aprovechar la energía que viene de los vientos, por lo tanto bajo estas circunstancias la línea de costa de mar Bravo será ubicada a 150 metros de la orilla de la playa según la disponibilidad del espacio del área seleccionada, tomando en cuenta que esta línea es de casi 6000 metros, el arreglo del parque quedaría conformado por una línea de 9 aerogeneradores tal y como se muestra en la figura 22.

**Figura 22** Ubicación Geográfica de los Aerogeneradores del parque eólico



**Nota:** Se muestra la ubicación de los aerogeneradores. **Fuente:** Google Maps

Cómo podemos ver según el espacio físico del área seleccionada para el parque eólico se ha dispuesto la instalación de 9 aerogeneradores que serán los encargados de proporcionar la energía eléctrica de abastecimiento a la red de distribución.

#### **4.7.3 Selección del modelo de aerogeneradores y proyección de la demanda de potencia eléctrica del parque eólico.**

En el parque eólico se contempla un futuro funcionamiento 9 aerogeneradores de acuerdo a este análisis, los cuales están en el diseño de la zona seleccionada; ahora verificaremos la capacidad que tendrá nuestro parque eólico, según los datos registrados de demanda energía eléctrica por la población, cómo se pudo ver en la tabla 13, el incremento de demanda es de 5MW por año lo cual se puede estimar una demanda que abastezca este incremento en el doble que sería de unos 10MW, nuestro parque eólico que está compuesto por los 9 aerogeneradores debe proporcionar como mínimo este incremento de energía que serán su alivio a la empresa eléctrica de Santa Elena para poder abastecer en su totalidad la demanda sin peligros de sobre saturar la demanda de energía.

Para seleccionar el generador, pasamos a calcular la potencia efectiva por medio de la ecuación 3, usaremos el catálogo de fabricantes que nos proporcionará el modelo dónde todas estas características se presentan en el anexo C y anexo D, la elección de diseños depende de los tipos de ejes y otros referentes a las palas en la cual los criterios de producción dependen de la cantidad de energía que se produce y a la velocidad anual del viento.

Estos modelos cumplen con los criterios de diseño en el mercado mundial y por lo tanto se selecciona al fabricante alemán Enercon dónde cuenta con una amplia gama de modelos de aerogeneradores cuyas potencias varían entre los 30KW y los 150 KW, de capacidad por su parte también utilizan eficientemente los recursos geológicos con tasas medias y bajas



velocidades del viento siendo propicio para el área seleccionada y puedan tener un arranque con una velocidad mínima de 5 m/s.

Por lo tanto, se seleccionará el modelo siguiente de los proporcionados en el anexo C:

El coeficiente de potencia ( $C_p$ ) es de 0,488, para el aerogenerador E-53

La densidad del aire ( $\rho$ ) es 1,225 kg/m<sup>3</sup>, a nivel costa.

El diámetro de las hélices ( $D$ ), es de 52,9 m para el aerogenerador E-53

El promedio anual de velocidad del viento ( $V$ ) es de 6 m/s

Estas características las hallamos dentro de la gama de los aerogeneradores en el anexo E.

Se aplicará la siguiente ecuación para obtener la energía de cada generador.

$$P = C_p \left(\frac{\rho}{2}\right) \pi \left(\frac{D^2}{4}\right) V^3 \quad (4)$$

Arranca con una velocidad mínima de 2 m/s según el fabricante y por tanto es óptima para el área seleccionada en caso de que en algún momento o en algún espacio de tiempo haya una baja de velocidad, y tiene una capacidad mayor de producción de energía con respecto a los otros modelos.

Ahora reemplazando los valores en la ecuación 4

$$P = 0.488 \left(\frac{1.225}{2}\right) \pi \left(\frac{52.9^2}{4}\right) 6^3$$

$$P = 141828W = 0.14MW$$

En seguida se computa la energía producida por cada aerogenerador durante un año. La labor de mantenimiento de estos aerogeneradores se interrumpe y se toman en cuenta para la producción de energía, lo que influye es que el funcionamiento al 90% de las horas dentro de un año. Lo cual tiene como consecuencia que el funcionamiento sea de 7,884 Horas al año, ya que estos aerogeneradores trabajan las 24 horas del día. Cuando se realiza la multiplicación del determinado número de horas por la potencia efectiva, como resultado da 1,103.76 MWh de energía eléctrica, el cual es una proyección anual de generación de cada aerogenerador.

El 90% de días en el año es de 328.5 días.

Total de horas en el año = 24 horas \* 328.5 días

Total de horas en el año = 7,884 horas

Energía producida por un generador en el año = 7,884 horas \* 0.14MW potencia efectiva proyectada

Energía producida por un generador en el año = 1,103.76 MWh

Para originar una cantidad aproximada de energía de 10,000 MWh anuales, el parque eólico debería contar con 9 aerogeneradores Enercon modelo E-53, de 0.8 MW de potencia nominal

cada uno, proporcionando una energía de 9,933.84 MWh al año si se los hace trabajar juntos, satisfaciendo la demanda energética requerida.

10,000 MWh anuales, lo que se requiere de energía para satisfacer a la población del Catón Salinas.

Para Calcular la energía efectiva por los 9 aerogeneradores se realiza siguiente operación:

$9 * 1,103.76 \text{ MWh}$  Energía producida por un aerogenerador en el año

Resultado = 9,933.84 MWh anual de energía.

Por lo tanto, los aerogeneradores seleccionados son óptimos para este parque Eólico, teniendo una capacidad de 7.2 MW de potencia nominal.

$9 * 0.8 \text{ MW} = 7.2 \text{ MW}$  Potencia nominal del Parque Eólico.

La potencia efectiva proyectada por cada uno de los generadores Enercon modelo E-53 parque eólico es igual a 0.14MW, En seguida, se cuantifica la energía que será producida por cada aerogenerador durante un año.

En la evaluación de la zona seleccionada se puede verificar la gran ventaja que existe al tener a 1.1 km de distancia la subestación de distribución eléctrica de Chipipe, por lo cual se reduce en un gran porcentaje los costos de instalación del tendido eléctrico para la interconexión del parque con la red pública, tomando en cuenta las características de la misma.

En el anexo F se puede ver los parámetros principales de un aerogenerador y la deducción de la ecuación de la potencia generada por los mismos.

#### **4.8 Estudio de Impacto ambiental que provoca el parque eólico**

Para este estudio de impacto ambiental se ha desarrollado medidas de mitigación para que las consecuencias sobre el medio ambiente sean las mínimas posibles y de esta manera proteger el ecosistema que rodeara al parque eólico, que esté a su vez pueda proporcionar la energía necesaria sin la necesidad de perjudicar el ecosistema del área seleccionada, por esta razón a continuación se dará a conocer sus fases de construcción como también de mitigación ambiental, basados en la legislación de las TULSMA.

##### **Construcción del parque eólico**

Para llevar a cabo la construcción del parque eólico sabiendo su ubicación y dimensión se ha realizado identificar las actividades que deben ser ejecutadas para llevar a cabo el proyecto por los cuales se ha tomado algunos conceptos de la metodología del Project Management. (Proyectos, 20013)

Para las cuales se necesita las siguientes prácticas que se nombran a continuación.

- Transformar el proyecto bajo la dirección de un proceso simple y eficiente.
- En la estructura del proyecto debe haber transparencia en cada grado de avance y sucesos importantes
- Se debe incluir la formación de equipos de proyectos posicionados en diferentes contextos.

- La comunicación siempre debe existir entre todas las personas inmersas en el trabajo.

También debe existir componentes primarios los cuales ayuden en la planificación de acuerdo a la metodología PMI que se las nombrará a continuación.

- Definir los entregables requeridos.
- Crear el marco para el cronograma del proyecto.
- Definir todas las actividades requeridas.
- Ordenar secuencialmente las actividades.
- Efectuar el análisis de riesgos.
- Obtener la aprobación de financiamiento del proyecto.

A continuación, se hará una lista de actividades que se deben realizar para poder llevar a cabo el funcionamiento del proyecto eólico dónde en cada actividad vamos a colocar específicamente otras sub actividades que se deben realizar para completar en su totalidad la construcción de dicho parque. (Proyectos, 20013)

### **Actividad 1**

En esta actividad se va a realizar la gestión del tiempo y todos los recursos que se necesitan para la construcción del parque eólico entre las cuales se deben realizar los siguientes objetivos, tener programada las estimaciones de tiempo Y definir recursos para llevar a cabo las actividades previas a la construcción del parque eólico por medio de un estudio financiero, obtención de permisos legales, medición de recursos eólicos, adquisición de terrenos y de equipos para el parque eólico, tener en cuenta las vías de acceso, bodegas de almacenamiento para poder almacenar los aerogeneradores y los distintos equipos que se vayan a instalar, conexiones eléctricas y pruebas de funcionamiento.

### **Actividad 2**

En esta actividad 2 se debe hacer un análisis financiero del parque eólico en el cual para llevarlo a cabo se debe realizar una elaboración presupuestaria donde se estiman los costos totales del proyecto.

### **Actividad 3**

Esta actividad se debe tener en claro que se necesita una inversión en la cual se deberá llevar una propuesta de construcción a la versión lista que quieran contribuyen al proyecto por lo cual se necesita un contrato para poder obtener la firma de inversión.

### **Actividad 5**

Permisos legales para medir recurso de eólicos son necesarios para llevar a cabo la construcción de este proyecto en el cual se debe obtener todos los permisos de instalación de equipos de medición de vientos en el sitio así como para su respectiva construcción, por lo cual se debe obtener un certificado o calificación de parte de la dirección nacional de energías renovables del ministerio de minas y petróleo del Ecuador así como también obtener licencias ambientales por parte del ministerio del ambiente.

## **Actividad 6**

Esta actividad se deben preparar las conexiones eléctricas de los equipos que se vayan a instalar cómo son transformadores, cableado interno y subterráneo y todo el sistema eléctrico que vaya a ser parte del parque eólico, realizando las debidas pruebas de funcionamiento de los componentes eléctricos de las torres de los aerogeneradores.

## **Actividad 7**

Cómo última actividad se debe tener en cuenta la venta de energía a producir en el parque eólico por lo cual se deberá cumplir la negociación de la venta energía producida, así como también realizar contratos de venta de energía, toda la utilidad sería para el mantenimiento del parque y mejoras del mismo.

Todas estas actividades se las debe gestionar para poder llevar a cabo la construcción del proyecto eólico por lo cual se tendrá que tomar en cuenta las siguientes medidas de mitigación ambiental. (Proyectos, 20013)

## **Implicaciones medioambientales**

Para tal efecto se ha tomado en cuenta un conjunto de leyes y reglamentos dentro del marco legal de la gestión ambiental basado en el texto unificado de legislación secundaria del ministerio de ambiente y reglamento ambiental para actividades eléctricas las cuales establecen los siguientes procedimientos y medidas aplicables al sector para que las actividades de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica se realicen de tal manera que prevengan, control, mitigue y convencen los impactos ambientales negativos.

Específico de este proyecto de la instalación de un parque generador de energía se toma las siguientes consideraciones que se adaptan al diseño de distribución energía producida por el parque bajo el reglamento ambiental para actividades eléctricas. (Proyectos, 20013)

## **Señalización**

Para fines de iluminación y para lanzamiento de obstáculos se ha definido un área de influencia de los aeródromos que comprenden un círculo de 10 km de radio que son medidos del centro de la pista principal en caso de que exista más de una en la cual es disposiciones específicas para los obstáculos que se encuentran tanto dentro como fuera de esta delimitación, dónde se colocarán señalizaciones, que estarán conformadas por un conjunto de luces intensas de acuerdo a la reglamentación de la organización de aviación civil internacional en el capítulo 5, nos da los lineamientos de iluminación de objetos en las proximidades de aeródromos.

Adicionalmente se colocará instrumentos de señalización e iluminados para su fácil visualización dentro de los rangos permitidos por la legislación.

## **Efecto visual del parque**

Cómo está el tobillo al del parque se debe realizar la construcción de tal forma que quede estéticamente realizado para la visualización del mismo y que pueda ser parte del paisaje a todos los territorios que conforman el espacio terrestre y pueda servir como un atractivo turístico a la vista de quienes observen el mismo.

En términos generales la afectación visual de los parques eólicos es directamente proporcional al número de aerogeneradores y a su tamaño y por esta razón el arreglo geométrico de este parque es lineal lo cual de cierta forma lo hace apetecible a la vista de quienes están en sus entornos, ya que muchas de estas personas siempre estarán visualizando dicho parque y por lo tanto debe ser agradable a la vista llevando a cabo un conjunto de actividades para su mantenimiento y limpieza. (Proyectos, 20013)

### **Efectos sobre la fauna local**

La fauna local del área seleccionada en su gran mayoría está compuesta por las aves locales y en cierta manera ayuda a mitigar cualquier posible impacto sobre la fauna de la zona debido a la cercanía de emplazamiento con el área urbana, en la costa las aves no se ven afectadas por los aerogeneradores que están colocados linealmente sin embargo, debemos decir que es de suma importancia que no muy lejos del parque se encuentran las piscinas de quásar que es un paradero internacional de aves migratorias que fueron creadas por el hombre para extraer la sal del agua del mar y comercializarla, esta zona contiene el 35% del total de aves en la diversidad total del país por lo tanto esta zona también en cierta forma tiene medidas para no afectar la fauna local, a continuación podemos ver una breve descripción de las especies que se sitúan en dicho territorio.

- 116 diferentes especies de aves, 80 acuáticas y 36 terrestres
- 56 especies de aves migratorias, y
- 39 especies de aves playeras.

**Figura 23** Piscinas de ecuasal - salinas



**Nota:** Se muestra las Piscinas de ecuasal - salinas. **Fuente:** Google Maps

Cómo podemos observar en la figura 23 muchas especies que habitan en este territorio, por lo tanto se le pone un cuidado especial debido a sus rutas de vuelo que pueda ser obstaculizada por los aerogeneradores y también a sus principales amenazas por el desarrollo urbano y la depredación de nidos por otras especies introducidas en este territorio, por esta razón la ecuación lineal de los aceleradores hace que sea una línea que las aves puedan invitar en su ruta migratoria haciendo que las mismas no sean afectadas en sus vuelos, por lo tanto la seguridad de las aves no se ve afectada ni alterara el comportamiento de las mismas y podemos decir que los aerogeneradores representan una fuente de energía limpia y que también sobre guarda la vida de las especies, sin embargo al momento de qué están instaladas las torres de los generadores podríamos decir con total seguridad sin afectación es mínima para ellas. (SALINAS, 2020)

## **Plan de seguridad Industrial**

Otra parte importante para mitigar los impactos ambientales es tener un plan de seguridad industrial que protegen tanto el entorno como a las personas que vayan a trabajar en las instalaciones industriales qué deben ser mantenidas de forma que produzca el mínimo riesgo.

Por lo tanto, el objetivo que se debe conseguir es evitar tanto los riesgos eléctricos y mecánicos dentro del parque eólico en el cual los trabajadores tienen que tener todas las precauciones correspondientes las cuales deben de ser transmitidas por medio de capacitación es el trabajo que están realizando.

A continuación, se indica las normativas que se debe seguir de acuerdo al plan de seguridad industrial de los trabajadores que operen en el mismo.

### **Riesgos mecánicos**

Para mitigar los riesgos mecánicos las personas que operan en el parque eólico deberán seguir las siguientes instrucciones las consiste en, no acercarse a las máquinas que estén en movimiento, detener las hélices de los aerogeneradores antes de hacer alguna operación mecánica a los equipos, para poder detener el aerogenerador se debe tener en cuenta la dirección del viento para no causar algún riesgo de desestabilización para la persona (Proyectos, 20013).

### **Riesgos eléctricos**

Para evitar riesgos eléctricos se debe revisar las conexiones eléctricas y mantenerlas limpias y secas durante todo el tiempo en que estén operando, también se debe evitar que los generadores Hilary sin algún objetivo específico por qué están generan tensiones que pueden alcanzar valores muy altos, tener en cuenta los distintos dispositivos de protección de las instalaciones de los diferentes equipos para que puedan operar eficientemente, siempre se debe corroborar que todo esté funcionando de manera correcta y realizar las respectivas correcciones con el fin de evitar accidentes laborales . (Proyectos, 20013).

### **Conexión de la red eléctrica**

Algo que se debe tomar en cuenta antes de la construcción del parque eólico es la estrategia con la compañía distribuidora de energía eléctrica para poder firmar un acuerdo de contrato para realizar la conexión a su red de distribución de energía la cuál será la que nieve este energía a los clientes finales, de esta forma el parque eólico asegurara el apoyo energético qué se necesita para que no hayan apagones y de esta forma se protegen los distintos equipos que la población usa para sus hogares evitando el desperdicio de materiales que no pueden ser reutilizados. (Proyectos, 20013)

## **4.9 Información a la Población y socialización del proyecto**

En esta parte del proyecto se informa a la población por medio de programas de informativos los cuales será por medio de las siguientes actividades que a continuación se mencionan.

- Se realizarán programas de información sobre el parque eólico mostrando los beneficios que traerá a la comunidad.

- Se elaborarán informes en una página oficial del parque eólico donde el usuario podrá ver todas las características del parque eólico, donde servirá de consulta para otros estudios posteriores.
- Se planificarán reuniones con las autoridades de la provincia de Santa Elena para detallar ejecuciones y programaciones del proyecto.
- Se socializará el proyecto con las distintas asociaciones de protección de fauna y ecosistema.
- Cada año se actualizará la programación de información para la población y los distintos organismos gubernamentales.
- Se gestionará un centro de información para la población
- Se gestionará visitas al parque eólico para los estudiantes de centros educativos técnicos y que tengan que ver con el medio ambiente para incentivar la importancia de estas tecnologías limpias y el desarrollo de las mismas.
- Se gestionará las relaciones con los departamentos de Investigaciones de ingeniería para el desarrollo de nuevas tecnologías para el aprovechamiento de los recursos naturales sin perjudicar su entorno.
- Se estimulará a los centros educativos superiores a centrar sus esfuerzos académicos en estas tecnologías de Energía Renovables, incluyéndola dentro de sus materias académicas.

#### **4.10 Conclusiones y Recomendaciones**

##### **Conclusiones**

- Teniendo claro el promedio del viento que es de 6 m/s se puede asegurar que el parque eólico proporcionará los 9,933.84 MWh de energía anual para el cuál ha sido diseñado, llegando a la conclusión que es viable el diseño de un parque eólico en el perfil costero del Ecuador situado en el cantón salinas de la provincia de Santa Elena llamado la chocolatera.
- Según el análisis el sector seleccionado para la ubicación de los aerogeneradores del parque eólico cumple con las características geográficas y de suelo y de posicionamiento para el diseño y futura construcción del mismo, tomando en cuenta todas las normas de construcción basado en el análisis que se ha hecho en el presente trabajo, donde se puede asegurar que las temperaturas de operación son óptimas así como también las condiciones climáticas para que lo anhelado le puedan trabajar eficientemente y ser operados por las personas o equipos de trabajo que vayan a estar encargadas de las distintas actividades que se realicen.
- Se pudo constatar por medio de documentaciones y de análisis de datos que el área seleccionada es apropiada y fuera de peligro de las condiciones físicas de las cuales están conformada, por lo tanto, no dan evidencia de que exista peligro por alguna catástrofe sísmica en el área seleccionada, sin embargo, esta área siempre será monitoreada en el caso de que exista alguna situación que sea emergente evacuar.
- Podemos asegurar que se obtiene un ahorro de recursos económicos durante las etapas de futura instalación e interconexión (en el caso que se implemente) del parque eólico con la red eléctrica local, debido a las características físicas y geográficas del área de la chocolatera, junto con el conjunto de infraestructura ya que está dada en el sector, tales como carreteras de acceso y estar cerca de una central para la interconexión.
- El sector mantiene históricamente por medio de mediciones una buena dirección de vientos con una velocidad promedio de 6 m por segundo que son óptimas para la

generación de energía que se puede obtener del mismo por medio de dispositivos llamados aerogeneradores que conforman el parque eólico, lo cual la evaluación del potencial eólico también nos permite describir que la intensidad del viento es poca turbulenta y de un comportamiento estable y continuo a lo largo de todos los meses del año presentando un escenario óptimo para la implementación Y construcción del diseño de un parque aerogenerador en las zonas seleccionada llamado parque eólico, llegando a la conclusión que la ubicación de los generadores están situados en la dirección de las corrientes de viento óptimas para su funcionamiento de acuerdo a este diseño.

- Según la demanda eléctrica de la provincia de Santa Elena que registra los datos la empresa CONELEC, podemos llegar a la conclusión que el parque eólico puede aportar una gran cantidad de energía a la red de distribución lo cual evitaría cortes de energía y les favorece la producción económica del sector, por lo tanto construir un parque eólico es favorable para la provincia de Santa Elena ya que la producción de esta planta sería de mínimo 10MW de parte de los 9 generadores que estarían en funcionamiento.
- Con limitación del parque eólico se llega a la conclusión que se requiere ayuda económica y subsidios por medio de los departamentos de organismos gubernamentales para aumentar el nivel de competitividad con otros tipos de generación eléctrica.
- La instalación del parque eólico no representa un impacto al ecosistema que rodea el entorno sin embargo esta zona quedaría destinada solo para la producción de energía por lo cual las especies que habitan en esta zona tendrían que ir a zonas continuas como las piscinas de Ecuasal que son argentinas y migratorias que habitan en los humedales.
- La ubicación y el dimensionamiento del diseño del parque eólico son factores importantes que se han tomado en cuenta para el éxito de esta generadora de energía en el Ecuador.
- La propuesta de instalación del parque eólico concluye que está compuesto de 9 aerogeneradores alemanes ENERCON modelo E- 53, de 0.8W cada uno, con un diámetro de 52.9m y una altura de eje del rotor de 73m.

## **Recomendaciones**

- Se recomienda que se debe instalar una torre de medición que conste con equipos técnicos que puedan realizar estudio de investigación de la dirección y fuerza de los vientos en la zona donde se la han seleccionado para que hay en parque eólico y de esta forma obtener datos precisos para poder aprovecharlos para la generación de energía eléctrica limpia.
- Se recomienda el alto desarrollo y crecimiento económico del país por medio de recursos y obtención de energía sustentable donde gradualmente se aumente este tipo de parques donde las condiciones sean las adecuadas para sus instalaciones.
- Se recomienda que debería haber regulaciones respecto a las energías renovables para establecer políticas de estado y un apoyo directo a este sector por medio de premios o subsidios o exoneraciones fiscales que hagan un atractivo a inversionistas industrias en este tipo de producción de energías.
- Se recomienda que antes de implementarse la construcción de un parque eólico en el área seleccionada debería hacerse un estudio minucioso de las rutas de vuelo de las especies migratorias que visitan anualmente el humedal de ECUASAL.
- La instalación y equipamiento eléctrico eólico van requerir de mantenimiento preventivo como correctivo por lo que el sistema energético renovable conformado por aerogeneradores, sea realizado por especialistas expertos en el tema, debido además



que las energías renovables serán una apuesta en el futuro con mayor intensidad, innovación y desarrollo.



Secretaría de Educación Superior,  
Ciencia, Tecnología e Innovación

Quito, 30/07/2022

#### CERTIFICADO DE REGISTRO DE TÍTULO

La Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación, SENESCYT, certifica que MENDEZ GUANO CARLOS LEONID, con documento de identificación número 1204374761, registra en el Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador (SNIESE), la siguiente información:

Nombre: MENDEZ GUANO CARLOS LEONID  
Número de documento de identificación: 1204374761  
Nacionalidad: Ecuador  
Género: MASCULINO

#### Título(s) de tercer nivel de grado

Número de registro	1028-13-1221844
Institución de origen	UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
Institución que reconoce	
Título	INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES CON MENCIÓN EN GESTIÓN EMPRESARIAL EN TELECOMUNICACIONES
Tipo	Nacional
Fecha de registro	2013-06-20
Observaciones	

**OBSERVACIÓN:**

- Los títulos de tercer nivel de grado ecuatorianos están habilitados para el ingreso a un posgrado.
- Los títulos registrados tanto nacionales como extranjero han sido otorgados por instituciones de educación superior vigentes al momento de la emisión de la titulación.
- El cambio de nivel de formación de educación superior de los títulos técnicos y tecnológicos emitidos por instituciones de educación superior nacionales se ejecutó en cumplimiento a la Disposición Transitoria Octava de la Ley Orgánica Reformativa a la LOES, expedida el 2 de agosto de 2018.

**IMPORTANTE:** La información proporcionada en este documento es la que consta en el SNIESE, que se alimenta de la información suministrada por las instituciones del sistema de educación superior, conforme lo disponen los artículos 126 y 129 de la Ley Orgánica de Educación Superior y 56 de su Reglamento. El reconocimiento/registro del título no habilita al ejercicio de las profesiones reguladas por leyes específicas, y de manera especial al ejercicio de las profesiones que pongan en riesgo de modo directo la vida, salud y seguridad ciudadana conforme el artículo 104 de la Ley Orgánica de Educación Superior. Según la Resolución RPC-SO-16-No.256-2016.

En caso de detectar inconsistencias en la información proporcionada de titulaciones nacionales, se recomienda solicitar a la institución de educación superior nacional que emitió el título, la rectificación correspondiente y de ser una titulación extranjera solicitar la rectificación a la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación.

Para comprobar la veracidad de la información proporcionada, usted debe acceder a la siguiente dirección:

MARIA JOSÉ RODRÍGUEZ V.

María José Rodríguez Villota  
Directora de Registro de Títulos  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR, CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN



GENERADO: 30/07/2022 12.10 AM



**Certificaciones del Sistema Nacional de Cualificaciones y Capacitación**

Información provista por la Secretaría Técnica del Sistema Nacional de Cualificaciones y Capacitación Profesional (SETEC).

En el caso de detectar inconsistencias en la información proporcionada, se recomienda solicitar a la institución que emitió el certificado, la rectificación correspondiente.

Nombre: MENDEZ GUANO CARLOS LEONID

Número de documento de identificación: 1204374761

Número de registro SETEC	SETEC-383-CCL-193652
Institución certificadora	CORPORACION UNA OPORTUNIDAD DE SUPERACION
Certificado en	PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES - PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES: CONSTRUCCIÓN Y OBRAS PÚBLICAS
Válido desde	17/01/2020
Válido hasta	17/01/2024
Provincia	GUAYAS
Cantón	GUAYAQUIL

## GLOSARIO DE TERMINOS

FAE	Fuerza Aerea Ecuatoriana
m	Metros
cm	Centímetros
PGA	Máxima Aceleración en la Roca
TULSMA	Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censo
CONELEC	Consejo Nacional de Electricidad
FER	Fuerza motriz-Estado-Respuesta
DPSIR	Fuerza Directriz-Presión-Estado-Impacto-Respuesta
DPSIR	DRIVING-FORCE-STATE-IMPACT-RESPONSE
kWh	Kilovatio - hora
kW	Kilovatio
MW	Megavatio
MWh	Megavatio - hora
m	metro
cm	Centímetro
Kg	kilogramo
m <sup>2</sup>	Metros cuadrados
m <sup>3</sup>	Metros cúbicos
rpm	Revoluciones por minuto
s	Segundos
Ton	Toneladas
TWh	Tera vatios-hora
USD	Dólares americanos
W	Vatio
W/m <sup>2</sup>	Vatios por metro cuadrado
PGA	Máxima aceleración en la roca
N	Norte
NNE	Nor Noreste
NE	Noreste
ENE	Este Noreste
E	Este
ESE	Este Sudeste
SE	Sudeste
SSE	Sud Sudeste
S	Sur
SSW	Sud Sudoeste
SW	Sudoeste
WSW	Oeste Sudoeste
W	Oeste
WNW	Oeste Noroeste
NW	Noroeste
NNW	Nor Noroeste
N	Norte

## BIBLIOGRAFIA

- 387, R. O. (4 DE NOVIEMBRE DEL 2015). *LEYES AMBIENTALES*. QUITO: MINISTERIO DEL AMBIENTE.
- Aeronáutica, D. d. (2019). *Anuarios Meteorológicos 1991 – 2019*. Ecuador: Fuerza Aerea.
- Ambiente, M. d. (s.f.). *mecanismo para un desarrollo limpio*. Obtenido de mecanismo para un desarrollo limpio: [http://suia.ambiente.gob.ec/?page\\_id=990](http://suia.ambiente.gob.ec/?page_id=990)
- Andrea, M. C. (2013). *Energía Eólica: ventajas y desventajas de su utilización en Colombia*. Bogota: Universidad Libre Instituto de Posgrado Especialización.
- ASME. (2015). *Wind Energy Handbook*. INGENIERIA.
- Baque, J. V. (2014). *EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE LICUEFACCIÓN DE SUELOS EN LA ZONA DE CHIPIPE DEL CANTÓN SALINAS*. La Libertad, Ecuador: UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA.
- Barragán, E. A. (2013). *Análisis del Entorno y Perspectivas de desarrollo*. Cuenca: Revista técnica "Energía".
- Cabanillas., N. D. (16 DE NOVIEMBRE DEL 2007). *LA APLICACIÓN DEL MODELO DIPSIR AL AREA FUNCIONAL DE GERNIKA*. ESPAÑA-VASCO: Departamento de Geografía, Prehistoria y Arqueología.
- Ciencia, E. (2020). *Energía producida por un aerogenerador*. Obtenido de Energía producida por un aerogenerador: <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica3/datos/viento/energia.html>
- Cifuentes, C. S. (2016). *efinición e información de energías*. Escuela de estudios de posgrado USAC.
- Clemente Álvarez, M. (2006). *Energía Eólica*. España: Instituto para la diversificación y ahorro de la energía.
- climatología, D. d. (2021). *Anuario metereologico*. Ecuador: Fuera aerea.
- CONSTITUCIÓN. (2011). *CONSITUCIÓN DEL ECUADOR*. ECUADOR: LEGISLACIÓN ECUATORIANA.
- Desarrollo, P. d. (s.f.). *Electrificación de las islas galapagos con energia renovable*. Obtenido de Electrificación de las islas galapagos con energia renovable: [http://www.undp.org.ec/Proyectos/proyectos/publicproy.php?pro\\_codigo=000122\\_97&id=3](http://www.undp.org.ec/Proyectos/proyectos/publicproy.php?pro_codigo=000122_97&id=3)
- ECUADOR, C. D. (2008). *CONSTITUCIÓN*. ECUADOR: GOBIERNO ECUATORIANO.
- Ecuador, M. d. (s.f.). *Ministerio de Energia*. Obtenido de Ministerio de Energia: <https://energia.gob.cl/educacion/que-son-las-energias-renovables>
- ELECTRICIDAD, C. N. (2015). *Registro Oficial de Electrificación*. Ecuador: CONELEC.
- Encinas, M. D. (2011). *Medio Ambiente y Contaminación Principios Básicos*. España: Ambiente del interior.

- ENERGY. (s.f.). *Energía Sostenible*. Obtenido de Energía Sostenible: <https://www.energyavm.es/el-generador-eolico-como-funciona-y-que-usostiene/>
- Eolica, A. d. (2010). *Energía Eólica*. Obtenido de Energía Eólica: <https://argentinaeolica.org.ar/novedades/cuanto-contamina-un-aerogenerador-1>
- Fernández, P. (2016). *Energía Eólica*. Universidad de Cantabria.
- Hernández, L. S. (2016). *ENERGÍA EÓLICA Y DESARROLLO SOSTENIBLE EN LA REGIÓN DE LA RUMOROSA, MUNICIPIO DE TECATE*. MEXICO: CISESI.
- Herrera, R. V. (2014). *Evaluación del recurso eólico*. Mexico: universidad tecnológica de Juárez.
- Holguin, A. V. (2018). *“Modelo de un Sistema de Generación Eólica basada en PMSG para el simulador de estabilidad ESTABI*. Coahuila: univesidad de Coahuila.
- Icka, R. P. (2000). *Aplicación de energía Eólica para generar energía eléctrica en la Isla de pascua*. España: Pontifica Universidad Católica de Valparaíso.
- Investigación, C. d. (2008). *Energías renovables y eficiencia energética*. España: tecnologico de canarias.
- Jaramillo, J. M. (2017). *Análisis y evaluación de la información meteorológica disponible para la prospección del recurso eólico en el perfil costero*. Ecuador: ESPOL.
- Loja, U. T. (2021). *OBSERVATORIO SÍSMICO DEL ECUADOR*. Ecuador: Grupo de Ingeniería Sísmica y Sismología.
- Luna, E. M. (2008). *Evaluacion de viento para aerogeneradores en la Chocolatera*. Guayaquil: Espol.
- Maldonado, E. R. (2008). *Tesis de grado, Evaluación del potencial eólico*. Ecuador, Guayaquil: universidad catolica .
- mexico, D. d. (2017). *Sistemas Eólicos Pequeños para Generación de Electricidad*. Nuevo Mexico: linvestigacion de Energia.
- Minas, M. d. (s.f.). *CENTRAL EÓLICA*. Obtenido de CENTRAL EÓLICA: <https://www.rekursyenergia.gob.ec/central-eolica-villonaco/#:~:text=La%20Central%20E%C3%B3lica%20inici%C3%B3%20su,operaci%C3%B3n%20a%20febrero%20de%202022>
- PÉREZ, L. H. (2015). *DISEÑO DE UN PARQUE EÓLICO DE 50 MW EN EL MUNICIPIO DE SALVACAÑETE*. España: Universidad politecnica de Valencia.
- Proyectos, I. d. (20013). *Guía para la Gestión de Proyectos* . Proyectos y Gestion.
- R, I. A. (1996). *Hablemos de electricidad*. Obtenido de Hablemos de electricidad: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/28>
- Rapallini, J. M. (2003). *Energía Eólica*. Argentina: Instituto general de la energía.

renovables, M. d. (2020). *bloque de energia no renovable*. Ecuador: Ministerio de Ambiente.

Rivera, D. A. (2008). *Diseño de un Parque eolico en la costa Ecuatoriana*. Quito: universidad San Francisco.

Rodriguez. (1998). *“Recomendaciones para la Cimentación de Viviendas y otras*. Ecuador: Informe, Construcción de la Escuela Superior Naval, Salinas.

Rodriguez, L. (1988). *Cimentación de viviendas y Vias de Acceso en Salinas*. Salinas: construcción de la Escuela Naval de salinas.

SALINAS, G. A. (2020). *Analisis Geotecnico*. Salinas: Municipio de Salinas.

TECH4CDM. (2008). *La Energía Eólica en Ecuador*. Ecuador: Ministerio del Mbiente.

## ANEXOS

### Anexo A

#### *Proyecto Eólico San Cristóbal*

El Proyecto Eólico San Cristóbal es el primero que levanta una planta de energía eólica en el Ecuador. El proyecto sustituye un 70% de la generación termoeléctrica de las Islas Galápagos por una generación proveniente de fuentes renovables. Para ello, están actualmente en funcionamiento tres turbinas de viento de gran capacidad. Ambientalmente, el proyecto disminuye la dependencia de las Islas en el diesel importado, y los riesgos asociados al transporte de combustibles, ante su frágil ecología (“Acerca del Proyecto” par.1).

El aporte del Proyecto San Cristóbal no solo se basa en la conservación de la biodiversidad de las Islas, sino que marca un hito en la utilización de energías renovables en la región. A nivel global, reduce las emisiones de gases del efecto invernadero y a nivel local fortalece las capacidades locales en el manejo de nuevas tecnologías limpias. En el Ecuador, promueve la introducción de energías renovables en el país, siguiendo el concepto de Desarrollo Sustentable. (Andrea, 2013)

#### *Proyecto Eólico Villonaco*

El Proyecto Eólico Villonaco se localiza al filo de la cumbre del cerro Villonaco, en las inmediaciones de la ciudad de Loja. El proyecto se puso en marcha en el año 2007 a través de la empresa Villonaco Wind Power, creada por la unión de las empresas Enerloja S.A. (Ecuador), una empresa pionera en el desarrollo de energías alternativas en el Ecuador, y la empresa canadiense Protocol Energy Inc.

Las mediciones efectuadas en el sitio conocido como “Huayrapungo” o “Puerta del Viento” indican que existen vientos adecuados y constantes. La velocidad media del recurso eólico está entre 10.5 y 11 m/s, lo que permite la instalación de 14 aerogeneradores, distribuidos en una fila de 2900 m de largo. Cada turbina de viento tendrá 60 m de altura y tres aspas de 31 – 35 m de largo. Por su parte, el Parque Eólico Villonaco tendrá una potencia nominal de 15 MW, en tanto que la energía eléctrica generada por el Parque Eólico será despachada al Sistema Nacional Interconectado, a través de la Subestación Loja.



## Anexo B

### "Evaluación mensual del Potencial Eólico para el Área de la Chocolatera - Salinas"

#### ENERO

#### RESUMEN DE DATOS

<b>Año:</b>	2018
<b>Altura del Anemómetro:</b>	10 m
<b>Altura del buje:</b>	80 m
<b>Velocidad Media Corregida (Vm):</b>	5.98 m/s
<b>Mediana ( Vmd ):</b>	5.81 m/s
<b>Desviación Estándar ( <math>\sigma</math> ):</b>	2.05
<b>Varianza:</b>	4.20
<b>Factor de Forma ( k ):</b>	3.2031
<b>Factor de Escala ( c ):</b>	6.6794 m/s
<b>Temperatura Promedio:</b>	25.65 °C
<b>Presión Barométrica Promedio:</b>	1010.60 mbar
<b>Densidad Promedio:</b>	1.1783 kg/m <sup>3</sup>

# DEPARTAMENTO DE METEOROLOGÍA AERONÁUTICA SECCIÓN CLIMATOLOGÍA

## LISTADO MENSUAL DE DIRECCIÓN - VELOCIDAD DEL VIENTO CORREGIDA (m/s)

AEROPUERTO: SALINAS

ALT. MEDICIÓN: 10 m

ALT. CORRECCIÓN: 80 m

AÑO: 2018

MES:

ENERO

DIAS	Hc	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	MEDIA	MAXIMA			
1		SSW	7.3	SSW	7.3	SSW	7.3	SSW	7.3	SSW	7.3	SSW	7.3	SSW	7.3	7.3	SSW	8.0	
2		WSW	5.8	WSW	7.3	WSW	7.3	SW	7.3	WSW	7.3	WSW	8.7	WSW	8.7	7.9	WSW	8.0	
3		WSW	10.2	WSW	8.7	WSW	8.7	SW	7.3	WSW	8.7	SW	8.7	SW	8.7	8.4	WSW	10.2	
4		SW	4.4	SW	5.8	SSW	2.9	N	4.4	WSW	5.8	WSW	8.7	WSW	8.7	5.8	WSW	8.0	
5		WSW	7.3	WSW	8.7	N	7.3	WSW	7.3	WSW	7.3	SSW	7.3	SSW	6.5	SSW	7.3	8.0	
6		SSW	8.7	SSW	7.3	SSW	8.0	S	7.3	S	5.8	SSW	8.7	SW	8.7	8.7	SSW	8.0	
7		S	4.4	SSW	2.9	SW	3.8	WSW	3.8	WSW	3.8	N	3.8	SW	5.8	WSW	8.7	9.4	
8		SW	2.9	S	2.9	3.8	SW	3.8	SSW	2.9	WSW	1.5	WSW	5.1	WSW	5.1	SW	6.5	
9		SSW	5.1	SW	3.8	SW	1.5	SW	3.8	SW	4.4	SW	4.4	SW	5.8	SW	6.5	6.5	
10		SSW	4.4	SSW	6.5	S	4.4	S	4.4	S	5.1	SSW	5.8	SW	5.1	SW	5.8	WSW	8.0
11		SW	7.3	SW	7.3	SSW	5.8	SSW	5.8	SSW	5.8	SSW	5.8	WSW	5.8	WSW	10.2	WSW	10.2
12		SW	5.1	SSW	2.9	SW	2.9	SSW	4.4	SW	5.1	SW	5.8	WSW	6.5	N	8.0	8.0	8.0
13		SSW	7.3	SSW	7.3	SSW	7.3	SSW	7.3	SSW	7.3	SSW	8.7	SSW	10.2	SSW	8.7	SSW	10.2
14		SSW	7.3	SSW	7.3	S	5.8	SW	2.9	SW	4.4	WSW	5.8	WSW	6.5	WSW	7.3	WSW	7.3
15		SW	6.5	SSW	2.9	SSW	2.9	S	2.9	ENE	4.4	N	5.8	WSW	5.8	SW	5.1	SW	4.4
16		CLM	0.0	CLM	0.0	CLM	0.0	NNE	1.5	WSW	0.7	N	4.4	N	4.4	N	4.4	N	5.8
17		SSW	4.4	N	5.8	SW	4.4	CLM	0.0	SSW	3.8	SSW	4.4	SSW	5.1	SW	4.4	WSW	2.9
18		SW	5.8	SSW	5.8	SW	2.9	SW	2.9	WSW	4.4	WSW	5.8	WSW	7.3	WSW	7.3	WSW	7.3
19		SSW	5.8	SSW	4.4	E	2.9	ENE	4.4	ENE	4.4	NNE	7.3	NNE	5.8	N	5.8	N	6.5
20		S	5.1	SSW	5.1	SSW	5.1	SSW	5.8	SSW	6.5	SW	7.3	SW	7.3	SW	8.0	SW	8.0
21		CLM	0.0	SSW	1.5	S	3.8	S	2.9	SSW	3.8	SW	4.4	WSW	5.1	WSW	5.1	WSW	5.8
22		SW	8.0	SSW	7.3	SSW	5.8	SW	5.1	SSW	7.3	SW	4.4	SW	4.4	WSW	3.8	SW	3.8
23		SW	8.7	SW	7.3	SW	5.8	SSW	5.8	S	5.8	SSW	4.4	WSW	5.8	N	4.4	N	7.3
24		SW	5.8	SW	4.4	WSW	5.1	WSW	2.9	N	2.9	WSW	6.5	WSW	5.8	N	6.5	WSW	7.3
25		SW	3.8	SW	3.8	SSW	4.4	SSW	5.1	S	5.1	SSW	4.4	WSW	5.8	WSW	5.1	WSW	8.0
26		SSW	6.5	WSW	3.8	WSW	4.4	WSW	4.4	SW	5.8	WSW	5.8	SW	6.5	WSW	7.3	WSW	8.0
27		S	8.0	SSW	7.3	SSW	5.8	S	2.9	S	3.8	SSW	6.5	SSW	7.3	SW	7.3	SW	7.3
28		WSW	2.9	WSW	2.9	N	2.9	N	2.9	WSW	4.4	N	4.4	N	6.5	N	6.5	SW	4.4
29		SSW	4.4	SW	4.4	SSW	4.4	SW	4.4	SW	4.4	SW	4.4	WSW	4.4	WSW	5.8	SW	5.8
30		S	8.7	S	5.8	SSW	5.1	ENE	2.9	CLM	0.0	CLM	0.0	WSW	5.8	WSW	4.4	WSW	5.1
31		ENE	1.5	ENE	2.9	E	2.9	ENE	2.9	ENE	3.8	NE	4.4	NE	3.8	NE	3.8	ENE	2.9

SUMA	173	0	160	144	135	150	168	190.9	190.9	210	230.8	230.1	221	208	185.46
MEDIA	5.57		5.15	4.64	4.35	4.85	5.41	6.16	6.16	6.79	7.45	7.42	7.12	6.72	5.98

## Anexo C

### PARÁMETROS PARA EL ANALISIS DE LAS CARACTERISTICAS DE LOS MODELOS DE TURBINAS EÓLICAS

Contra No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
FABRICANTE	Wester	Wester	Wester	Wester	Wester	Wester	Gamesa Coloca	Gamesa Coloca	Gamesa Coloca	Gamesa Coloca	GE (Wind)	GE (Wind)	GE (Wind)	Gamesa	Gamesa	Gamesa	Gamesa	Gamesa
MODELO	V39 500	V47 660	V52 850	V66 1650	V66 1750	V69 1600	G52 850kW	G59 850kW	G80 2.0 MW	G83 2.0 MW	GE 900kW Series	GE 1.5 SL, 70.5m rotor	GE 1.5 SL, 77m rotor	e44	e48	e53	e70	e82
Capacidad Nominal (kW)	500	660	850	1.650	1.750	1.600	850	850	2.000	2.000	900	1.500	1.500	900	800	800	2.300	2.000
No. Turbina (2000 kW / Capacidad Nominal)	10,0	7,6	5,9	3,0	2,9	2,8	5,9	5,9	2,5	2,5	5,6	3,3	3,3	5,8	6,3	6,3	2,2	2,5
Producción Urbana con $V_{ref} = 5,50$ m/s (kW)	42,82	75,08	112,00	131,50	201,75	194,14	99,41	119,85	229,95	241,74	87,50	160,00	198,82	78,80	98,40	115,40	194,90	262,20
Producción Total con $V_{ref}$ (Usual Unit x No. Turbinas) (kW)	428,2	568,8	658,6	398,5	576,4	539,3	584,8	703,8	574,9	604,3	488,1	533,3	656,1	437,6	615,0	721,3	423,5	655,5
Velocidad de Arranque de la Turbina (m/s)	5,0	4,0	3,8	3,8	3,2	4,0	4,0	3,0	4,0	4,0	4,0	4,0	3,5	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Velocidad de Cese para Potencia Máxima (m/s)	17,0	17,0	19,2	17,0	15,2	13,8	16,0	16,0	17,0	18,0	15,0	13,5	14,5	15,8	13,5	13,0	15,0	13,0
Densidad de Potencia (Producción / Instalada)	0,088	0,114	0,132	0,080	0,115	0,108	0,117	0,141	0,115	0,121	0,097	0,107	0,131	0,088	0,123	0,144	0,085	0,131

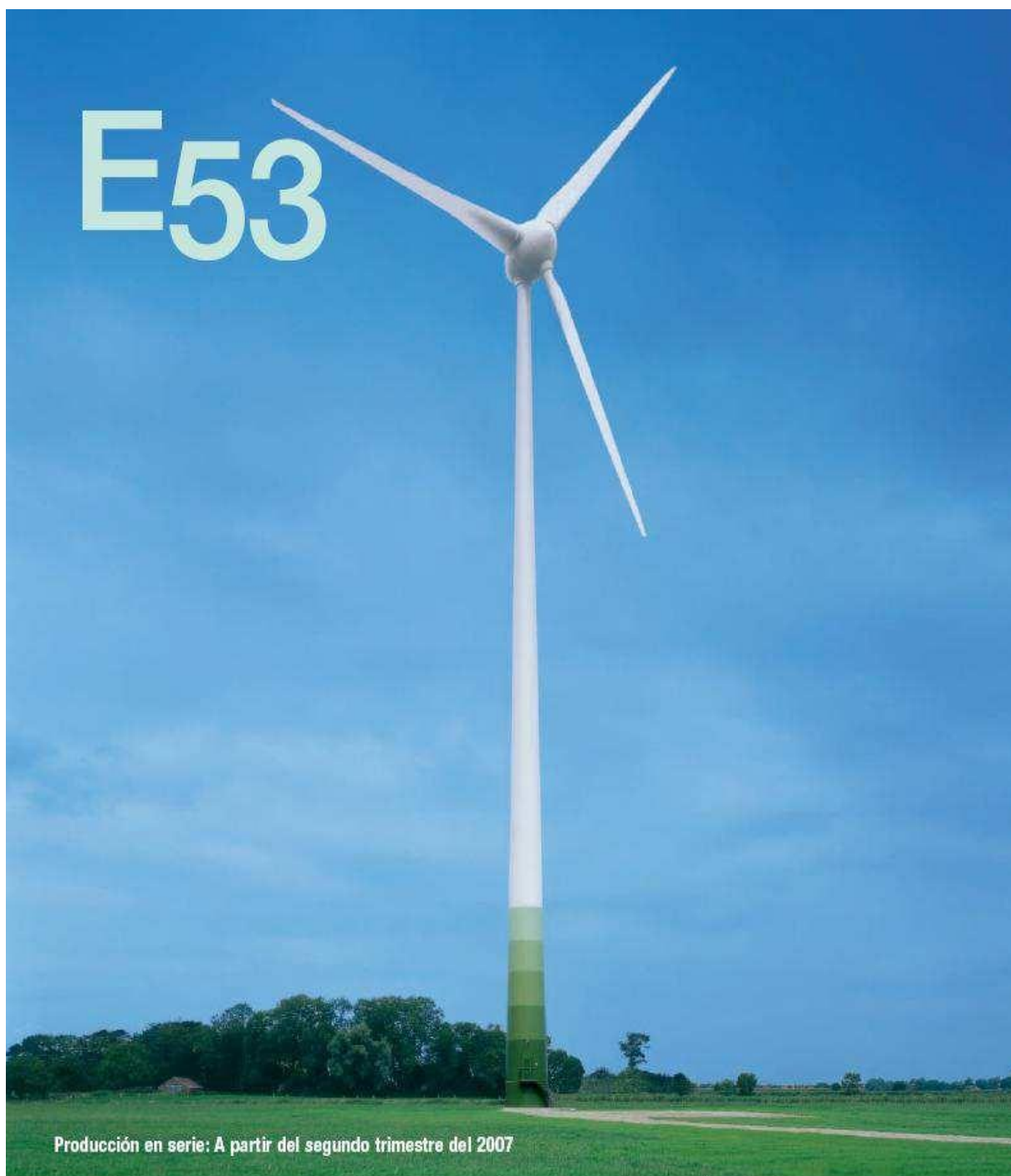
## Anexo D

### PARÁMETROS DE COMPARACIÓN DE LAS TURBINAS

COEFICIENTE	EXPLICACIÓN	INFLUENCIA
Capacidad Nominal [kW]	Según datos de Diseño de la Turbina	A mayor capacidad, mayor tamaño, peso y altura. Mayor costo de Instalación.
No. Turbinas (5000 kW / Capacidad Nominal)	Cantidad de turbinas requerida para cubrir el límite de 5 MW, determinado como máximo para la instalación.	A mayor número de turbinas, mayores serán los costos de instalación de las bases y de interconexión.
Producción Unitaria con $V_m = 5,60$ m/s [kW]	Producción de cada turbina a la velocidad media del viento para el emplazamiento.	A mayor producción unitaria de la Turbina a la $V_m$ , mayor será el ingreso económico producto de la venta de electricidad
Producción Total con $V_m$ (Prod. Unit x No. Turbinas) [kW]	Producto del número de turbinas por la Producción Unitaria.	A mayor cantidad total de producción, mayores ingresos económicos.
Velocidad de Arranque de la Turbina [m/s]	Mínima velocidad del viento a la que empieza a generar electricidad.	Mientras menor sea la velocidad de arranque de la turbina, mayor probabilidad de empleo de la misma
Velocidad de Diseño para Potencia Máxima [m/s]	Velocidad de diseño para alcanzar la producción nominal al 100%.	Mientras menor sea la velocidad para potencia máxima, mayor probabilidad de que alcance altos valores de producción de energía.
Densidad de Potencia (Producida / Instalada)	Relación existente entre la cantidad de energía producida por la capacidad nominal	A mayor factor de densidad de potencia, mayor eficiencia en la producción de energía.

## Anexo E

### Características del Aerogenerador ENERCON Modelo E-53



El aerogenerador ENERCON E-53, desarrollado para emplazamientos con velocidades de viento medias, garantiza los mejores valores de producción gracias a un mayor diámetro de rotor y un concepto de pala de rotor eficiente.

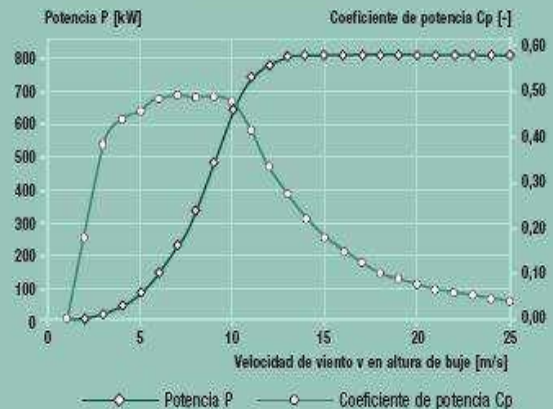
Aerogenerador Enercon modelo E-53

## Información Técnica sobre el Aerogenerador Enercon E-53

### DATOS TÉCNICOS

Potencia nominal:	800 kW
Diámetro del rotor:	52,9 m
Altura de buje:	73 m
Clase de viento (IEC):	IEC/NVN S ( $V_{ref} = 7,5$ m/s, $V_{cut} = 57$ m/s)
Concepto de aerogenerador:	Sin multiplicadora, velocidad variable, sistema de control del ángulo de paso (Pitch)
<b>Rotor</b>	
Tipo:	Rotor a barlovento con control del ángulo de paso activo
Sentido de rotación:	Agujas del reloj
Número de palas:	3
Área barrida:	2.198 m <sup>2</sup>
Composición de las palas:	Resina epoxy reforzada con fibra de vidrio y protección contra rayos integrada
Velocidad:	Variable, 12–29 rpm
Control del ángulo de paso (Pitch):	Un sistema independiente de control del ángulo de paso en cada una de las palas ENERCON con suministro de energía de emergencia
<b>Generador con sistema de transmisión</b>	
Buje:	Rigido
Rodamiento principal:	Rodamiento con una hilera de rodillos cónicos
Generador:	Generador sincrónico en anilla ENERCON con acoplamiento directo
Sistema de conexión a red:	Convertidor ENERCON
Sistemas de frenado:	- 3 sistemas independientes con con- trol del ángulo de paso con suministro de energía de emergencia - Freno mecánico de rotor - Bloqueo de rotor
Control de orientación:	Activo mediante motores de orienta- ción, amortiguamiento en función de cargas
Velocidad de corte:	28–34 m/s (con control de ráfagas ENERCON)
Sistema de control remoto:	ENERCON SCADA

### CURVA DE POTENCIA CALCULADA



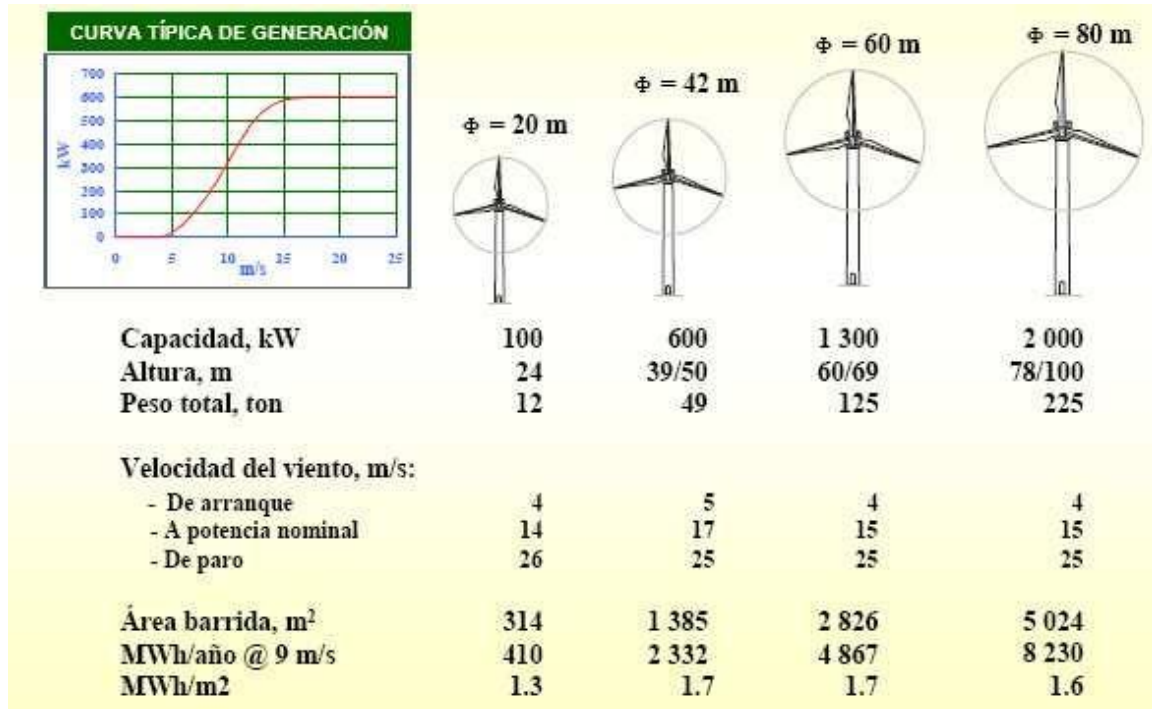
Viento [m/s]	Potencia P [kW]	Coefficiente de potencia Cp [-]
1	0,0	0,00
2	2,0	0,19
3	14,0	0,39
4	38,0	0,44
5	77,0	0,46
6	141,0	0,48
7	228,0	0,49
8	336,0	0,49
9	490,0	0,49
10	645,0	0,48
11	744,0	0,42
12	780,0	0,34
13	810,0	0,27
14	810,0	0,22
15	810,0	0,18
16	810,0	0,15
17	810,0	0,12
18	810,0	0,10
19	810,0	0,09
20	810,0	0,08
21	810,0	0,06
22	810,0	0,06
23	810,0	0,05
24	810,0	0,04
25	810,0	0,04

$\rho = 1,225 \text{ kg/m}^3$

## Anexo F

### Parámetros

Se presenta los parámetros principales de los aerogeneradores, junto con una breve descripción de los mismos



Parámetros de los Aerogeneradores.

- **Curva de potencia** Indica la potencia de salida dada la velocidad del viento.
- **Diámetro de rotor** Equivale a dos veces el tamaño de una de sus hélices.
- **Capacidad** Cantidad de energía a producir, usualmente en *kilowatts*.
- **Altura de instalación** Altura en metros donde se ubica el eje del rotor
- **Velocidad del viento** Velocidad mínima de *conexión o arranque* en la cual (Arranque): el aerogenerador comienza a funcionar
- **Vel. viento nominal** Velocidad para alcanzar la potencia nominal aerogenerador.
- **Vel. Viento paro** Velocidad de *corte o desconexión* (cut-out) en la cual el equipo se frena y se corta la producción eléctrica. A esta velocidad, el aerogenerador deja pasar el viento y evita así daños.

(Rivera, 2008)

### ***Potencia generada***

A continuación, se indica el procedimiento utilizado para calcular la potencia producida por un aerogenerador, aplicando varias fórmulas físicas (Escudero 127, 2004).

Se inicia con la fórmula de la energía cinética del viento, la cual está representada por:

$$E = \frac{1}{2} m v^2 \quad (\text{I})$$

- m: masa del aire (en kg.)
- v: velocidad del viento (en m/s)

Por su parte, la masa de una cantidad de aire se representa de la siguiente manera:

$$m = \Phi * V \quad (\text{II})$$

- $\Phi$ : densidad del aire (1.25 kg/m<sup>3</sup>)
- V: volumen del cilindro de barrido

Además, el volumen de este cilindro es:

$$V = A * L \quad (\text{III})$$

- A: superficie barrida (en m<sup>2</sup>)
- L: longitud del cilindro

La longitud lineal que recorre el viento es:

$$L = v * t \quad (\text{IV})$$

- v: velocidad del viento (en m/s)
- t: tiempo (en s)

Utilizando (II), (III) y (IV), y sustituyendo en (I), se obtiene lo siguiente:

$$E = \frac{1}{2} * \Phi * A * v^3 * t \quad (\text{V})$$



Además, para calcular la potencia del viento se utiliza la siguiente fórmula:

$$P = E / t \quad (VI)$$

Utilizando (V) y sustituyendo en (VI), resulta en la siguiente ecuación:

$$P = \frac{1}{2} * \Phi * A * v^3 \quad (VII)$$

Por otra parte, el área barrida transversalmente por el viento está determinada por:

$$A = \pi * D^2 / 4 \quad (VIII)$$

- D: diámetro (en m)

Al sustituir (VIII) en (VII), resulta en la ecuación de la potencia teórica del viento:

$$P = \pi / 8 * \Phi * D^2 * v^3 \quad (IX)$$

La potencia teórica producida por un aerogenerador depende principalmente de la superficie barrida por la hélice y de su longitud. Sin embargo, la potencia teórica sufre una serie de pérdidas (Escudero 128, 2004):

- Teorema de Betz 41% Por el viento que deja escapar el aerogenerador.
- Pérdidas mecánicas 6% Por componentes mecánicos móviles
- Pérdidas eléctricas 11% Por efectos de calor

Por medio de (IX), se obtiene la fórmula de la potencia real que se extrae del viento a través de un aerogenerador, la cual depende del diámetro y de la velocidad del viento:

$$P = C_p * \rho / 2 * \pi * D^2 / 4 * V^3 \quad (X)$$

- $C_p$ : coeficiente de potencia
- $\rho$ : densidad del aire
- D: diámetro de las hélices (en m)
- V: velocidad del viento (en m/s)

El valor del coeficiente de potencia varía en función de la calidad y diseño del aerogenerador, considerando que un aerogenerador de alta capacidad tiene un coeficiente de potencia de 0.25. Entonces, al disponer de los datos de la velocidad media de una zona, se aplica la fórmula de cálculo de potencia para estimar la producción de un aerogenerador (Rivera, 2008)

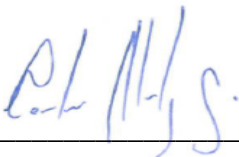
## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Carlos Leonid Méndez Guano**, con C.C: # **1204374761** autor del trabajo de titulación: **Diseño de un Parque Eólico en el perfil costero ecuatoriano ubicado en el Cantón Salinas – Chocolatera -Provincia De Santa Elena**, previo a la obtención del título de **Magister en Electricidad** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 18 de noviembre de 2022

f.  \_\_\_\_\_

Nombre: **Carlos Leonid Méndez Guano**

C.C: **1204374761**

## REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

### FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

<b>TEMA Y SUBTEMA:</b>	Diseño de un Parque Eólico en el perfil costero ecuatoriano ubicado en el Cantón Salinas – Chocolatera -Provincia De Santa Elena.		
<b>AUTOR(ES)</b>	Carlos Leonid Mendez Guano		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	MSc. Gustavo Mazzini Muñoz, MSc. Diana Bohórquez Heras / MSc. Celso Bohórquez Escobar		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Sistema de Posgrado		
<b>CARRERA:</b>	Maestría en Electricidad		
<b>TITULO OBTENIDO:</b>	Magister en Electricidad con mención en energías renovables y eficiencia energética		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	18 de noviembre del 2022	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	83
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	AEROGENERADORES, SISMICIDAD, PERFIL COSTERO ECUATORIANO		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	AEROGENERADORES, E-126, MEGAVATIOS, VELOCIDAD DE CORRIENTES DE VIENTO		
<b>RESUMEN/ABSTRACT:</b>	<p>En el presente trabajo se realiza un diseño de un parque eólico en el perfil costero del Ecuador, Cantón Salinas provincia de Santa Elena. El mismo que proveerá de energía eléctrica renovable, con la finalidad de poder reducir los costos económicos de generación de energía eléctrica. El cantón Salinas, conocido por tener una de las mejores Playas de las costas ecuatorianas, posee un punto geográfico, el segundo en Sudamérica con mayor salida territorial al mar del Océano Pacífico, el cual es llamado Chocolatera. Se pretende realizar un diseño de un sistema de generación eléctrica basado en el uso de aerogeneradores; los mismos que se plantean proyectar fuera de la costa, el cual generara un atractivo sector turístico y a la vez ayudara con el incremento de la tasa de generación de energía renovable en el país. A través del movimiento mecánico de las aspas que componen el aerogenerador, el cual se conoce como energía mecánica, el mismo que con la fuerza del viento produce la energía eléctrica que se requerirá para el análisis de este proyecto. En la actualidad el cantón Salinas de la provincia de Santa Elena, cuenta con el aprovisionamiento de energía eléctrica a través de las hidroeléctricas que funcionan en todo el Ecuador. Para esta investigación se plantea proyectar el diseño con aerogeneradores Modelo E-126 Eercon, con una generación de al menos 6 MW anuales. De acuerdo al mapa de velocidad del viento en el perfil costero a proyectar el sistema de generación eléctrica con aerogeneradores, se evidencia que la misma esta desde los 5Km/h hasta los 28 Km/h. En la actualidad el Cantón Salinas de la provincia de Santa Elena – Ecuador, cuenta con 49572 habitantes, de acuerdo a la página oficial de la agencia de regulación y control del Ecuador; el cantón Salinas tiene un consumo de energía eléctrica anual de 49'238,382.44 MWh año; las corrientes de vientos oscilan entre los 5 a 19 Km/h durante todo el año, hay meses en los cuales duran más de 24 días con velocidad de viento de 12Km/h, lo suficiente para el movimiento de las aspas de los generadores de corriente eléctrica renovable.</p>		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> +593-996388444	<b>E-mail:</b> <a href="mailto:carlos.mendez@cu.ucsg.edu.ec">carlos.mendez@cu.ucsg.edu.ec</a>	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::</b>	<b>Nombre:</b> MSc. Celso Bayardo Bohórquez Escobar		
	<b>Teléfono:</b> +593-995147293		
	<b>E-mail:</b> celso.bohorquez@cu.ucsg.edu.ec		
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>			
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>			
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>			
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>			