



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE EDUCACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

TEMA:

“IMPLEMENTACIÓN DE UN GENERADOR EÓLICO COMO SISTEMA ALTERNATIVO DE ENERGÍA RENOVABLE, EN LA CABAÑA EL SOL DEL SECTOR EL TABLÓN UBICADA EN LA COMUNIDAD NARANJITO PARROQUIA CARANQUI CANTÓN IBARRA, A PARTIR DEL AÑO 2012.”

Trabajo de Grado previo a la obtención del Título de Ingeniero en
Mantenimiento Eléctrico.

AUTORES: Mugmal Pupiales William Fredy

Vega Tulcanazo Javier Armando

DIRECTOR: Ing. Hernán Pérez

Ibarra, 2012

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

Ing. Hernán Pérez

CERTIFICA

Después de haber examinado el presente trabajo de investigación elaborado por los señores estudiantes, **MUGMAL PUPIALES WILLIAM FREDY Y VEGA TULCANAZO JAVIER ARMANDO** que han cumplido con las normas y las leyes de la Universidad Técnica del Norte, Facultad de Educación Ciencia y Tecnología, Escuela de Educación Técnica en la elaboración del presente Trabajo de Grado pudiendo estos realizar la defensa de la misma para la obtención del título de Ingenieros en Mantenimiento Eléctrico.



Ing. Hernán Pérez
Director de Tesis

Ibarra, 2012

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres quienes me supieron dar la mano para cumplir mis sueños, a todas aquellas personas como familiares y amigos quienes estuvieron en los momentos de tristeza y felicidad, siempre diciéndome palabras de apoyo moral, para lograr cumplir las metas trazadas en este largo camino y conseguir la profesión deseada.

Por el apoyo incondicional gracias.

FREDY

El presente trabajo está dedicado a mis padres que por su comprensión y ayuda en los momentos buenos y malos, me han guiado por el camino de la vida, hacia la superación profesional, por haberme inculcado valores y principios, para vencer los diferentes obstáculos que se presentan en el diario vivir.

Para mis amigos que en su debido momento me supieron ayudar, mediante palabras de aliento que me permitieron seguir un rumbo fijo hasta conseguir los objetivos propuestos para poder ejercer mi vocación.

Muchas gracias, estos momentos los recordare por siempre.

JAVI

AGRADECIMIENTO

Agradezco en especial a Dios por haberme dado la luz para guiar mi camino hacia una vida de éxitos.

Agradezco a mis Padres que han sido la base para mantenerme firme en alcanzar mis metas y logros, por su comprensión en momentos muy difíciles que dieron en este duro y largo trayecto de vida estudiantil, y como no dar una mención especial a mi tutor el Ingeniero Hernán Pérez que siempre me dio la ayuda necesaria para culminar mi carrera, para todos ellos mil gracias.

FREDY

Mi agradecimiento especial a Dios todo poderoso por darme la vida y derramar toda clase de bendiciones hacia mi familia, mostrándome la sabiduría, paz y fortaleza para alcanzar las metas propuestas.

Agradezco a mis padres, hermanas y amigos por brindarme su apoyo, amor y paciencia incondicional para culminar los estudios académicos.

A la Universidad Técnica del Norte y a todos los profesores quien con sus conocimientos supieron formarnos y lograron que alcancemos a culminar nuestra carrera universitaria.

Agradezco infinitamente la ayuda brindada por él, Ingeniero Hernán Pérez, quien con su experiencia y conocimientos nos ha guiado a lo largo de la realización de esta tesis, a la vez agradezco a los docentes de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico de manera especial al, Ingeniero Mauricio Vásquez, Ingeniero Hernán Pérez, Ingeniero Pablo Méndez.

JAVI

ÍNDICE DEL CONTENIDO

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR	¡Error! Marcador no definido.
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
ÍNDICE DEL CONTENIDO	V
ÍNDICE DE GRÁFICOS	X
ÍNDICE DE TABLAS	XII
ÍNDICE DE ECUACIONES	XIII
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XIV
RESUMEN.....	XV
SUMMARY.....	XVI
INTRODUCCIÓN.....	XVII
CAPÍTULO I.....	1
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
Antecedentes.....	1
Planteamiento del problema	3
Formulación del problema	4
Delimitación del problema.....	5
Espacial.....	5
Temporal.....	5
OBJETIVOS.....	5
Objetivo general.....	5
Objetivos específicos	5
Justificación	6
CAPÍTULO II.....	8
MARCO TEÓRICO	8
Energías renovables	8
Tipos de energías renovables.....	8

Energía eólica.....	9
Importancia de la energía eólica.....	10
El viento... ..	11
Origen del viento.....	12
Velocidad del Viento	14
Variaciones de la velocidad del viento con la altitud	14
Variaciones de la velocidad del viento con el tiempo.....	15
Variaciones instantáneas de dirección.....	16
Medición de la velocidad del viento	17
Calculo de la potencia del viento	19
Curva de potencia del viento	21
Aerogeneradores	22
Tipos de aerogeneradores.....	22
Aerogeneradores de eje horizontal.....	22
Aerogeneradores de eje vertical	23
Constitución de un aerogenerador.....	24
Torre de soporte de un aerogenerador	26
Funcionamiento de un aerogenerador	27
Estación eólica.....	28
Funcionamiento de un sistema eólico.....	29
Rotor.....	30
Sustentación y resistencia (arrastre).....	30
Características del rotor.....	31
Sistemas de control y seguridad.....	32
Tipos de sistemas de control y seguridad.....	33
Baterías... ..	34
Principios de operación.....	36
Características	36
Componentes electrónicos	38
Controlador de voltaje.....	38
Inversor de corriente	40

Balastro (dump load).....	40
Cables.....	41
Torre.....	43
Torre tubular con tensores.....	44
Torre estructural.....	45
Caja de engranajes.....	46
Instalación de un sistema eólico.....	47
Ensamblaje de la turbina eólica.....	47
Instalación de la torre.....	48
Instalación del sistema central de distribución.....	48
Instalación de un interruptor de frenado.....	49
Instalación del disipador de carga.....	50
Instalación del inversor de corriente.....	51
Instalación de las baterías.....	51
Tamaño de baterías.....	51
Selección del lugar para instalar las baterías.....	52
Selección de los cables.....	53
Marco legal.....	54
Disposiciones fundamentales.....	55
Glosario de términos.....	56
CAPÍTULO III.....	58
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	58
Tipo de investigación.....	58
Investigación de campo.....	58
Investigación bibliográfica y documental.....	59
Investigación tecnológica.....	59
Métodos... ..	59
Método inductivo.....	59
Método deductivo.....	60
Método analítico sintético.....	60

Método matemático estadístico	60
Técnicas e instrumentos	61
Esquema de la propuesta	61
CAPÍTULO IV.....	62
ANÁLISIS DE DATOS	62
Análisis e interpretación de resultados	62
Proveedores de sistemas eólicos a pequeña escala existentes en el Ecuador.	63
Medición del flujo de aire en el sector El Tablón de la comunidad Naranjito... ..	66
Medición del viento en un día (01 de junio 2012).....	66
Medición del viento en una semana (1ra. semana de junio).....	67
Análisis estadístico del comportamiento de la velocidad del viento.	68
Aplicación de la estadística descriptiva.....	69
Estimación de la energía eólica en el sector El Tablón.....	79
Metodología de evaluación de entrega de energía	79
Clasificación de datos de velocidad promedio	80
Evaluación de suministro de energía utilizando los datos proporcionados por el equipo Kestrel 4000 NV	80
Estimación de suministro de energía utilizando los datos del aerogenerador Exmork 1500W	83
Elección del sistema eólico a implementarse.	84
CAPÍTULO V.....	86
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	86
Conclusiones	86
Recomendaciones	87
CAPÍTULO VI.....	89
PROPUESTA TECNOLÓGICA.....	89

Tema:.....	89
Justificación	89
Fundamentación	89
Objetivos... ..	90
Objetivo general.....	90
Objetivos específicos	90
Ubicación sectorial y física.....	90
Desarrollo de la propuesta.....	92
Dimensionamiento de la demanda de energía eléctrica de la cabaña El Sol con aplicación de energía eólica.....	92
Demanda promedio de energía	94
Selección del inversor adecuado	95
Esquema del sistema eólico	96
Características físicas y técnicas de los equipos	97
Instalación del sistema eólico	102
Instalación del poste	103
Ensamblaje del acople galvanizado al poste de hormigón	103
Ensamblaje de la turbina eólica	104
Instalación del sistema de distribución.....	105
Instalación del sistema de control.....	105
Instalación del banco de baterías	106
Instalación del Inversor	106
Funcionamiento del sistema eólico instalado.....	107
Normas de seguridad.....	108
Mantenimiento de los aerogeneradores.....	109
Métodos de corrección de posibles fallas del sistema eólico	110
Impactos.. ..	112
Análisis del impacto ambiental.....	112
Efectos en el uso actual del terreno.....	112
Modificaciones al entorno	112
Entorno biológico y ambiental	113

Impacto social	113
Impacto de ruido	114
Impacto visual	114
Presupuesto del proyecto	115
Bibliografía	117
Fuentes de consulta del Internet.....	118
Anexos.....	119

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1 Irradiación del sol	9
Gráfico N° 2 Representación del patrón global de circulación de vientos	13
Gráfico N° 3 Mapa eólico de Sudamérica en relación a la velocidad (2006)	14
Gráfico N° 4 Perfiles de velocidad de viento, en función de las características topográficas del terreno	15
Gráfico N° 5 Anemometro de taza	18
Gráfico N° 6 Anemómetro digital.....	18
Gráfico N° 7 Curva potencia del viento en condiciones normales.....	21
Gráfico N° 8 Aerogeneradores de eje horizontal.....	23
Gráfico N° 9 Aerogeneradores de eje vertical.....	24
Gráfico N° 10 Partes de un aerogenerador de eje horizontal.....	25
Gráfico N° 11 Aerogenerador de eje horizontal con los componentes de cimentación.....	26
Gráfico N° 12 Esquema de funcionamiento de un aerogenerador	28
Gráfico N° 13 Estación eólica de pequeña potencia	29
Gráfico N° 14 Baterías	34
Gráfico N° 15 Reacción electroquímica	36
Gráfico N° 16 Controlador voltaje	39
Gráfico N° 17 Inversor.....	40
Gráfico N° 18 Balastro (resistor grande)	41

Gráfico N° 19 Torre de hierro tubular	43
Gráfico N° 20 Torre con tensores	45
Gráfico N° 21 Torre estructural	45
Gráfico N° 22 Esquema de una caja de engranajes para sistemas eólicos	46
Gráfico N° 23 Esquema de ensamblaje de una turbina eólica o aerogenerador	47
Gráfico N° 24 Consideraciones para instalar la torre	48
Gráfico N° 25 Instalación del SCD y el transformador	49
Gráfico N° 26 Conexión del interruptor de frenado al SCD	50
Gráfico N° 27 Conexión del disipador de carga al SCD	50
Gráfico N° 28 Conexión del inversor al SCD.....	51
Gráfico N° 29 Configuraciones serie / paralelo para 12 Voltios	52
Gráfico N° 30 Comportamiento de la velocidad del viento en 1 día (01/06/2012).....	67
Gráfico N° 31 Comportamiento de la velocidad del viento en la 1ra semana de junio.....	68
Gráfico N° 32. Distribución de la velocidad del viento de mes de junio ...	76
Gráfico N° 33 Cuadro de porcentajes de frecuencias	78
Gráfico N° 34 Distribución de velocidad del viento para el sector el tablón 115 días	80
Gráfico N° 35 Curva potencia del viento calculada	82
Gráfico N° 36 Curva de potencia de aerogenerador de 500W	83
Gráfico N° 37 Ubicación del sector El Tablón de la comunidad Naranjito	91
Gráfico N° 38 Cabaña El Sol.....	91
Gráfico N° 39 Esquema del Sistema Eólico	96
Gráfico N° 40 Característica física del aerogenerador	97
Gráfico N° 41 Poste de hormigón armado	98
Gráfico N° 42 Controlador híbrido de carga	99
Gráfico N° 43 Diagrama de funcionamiento del controlador	100
Gráfico N° 44 Diagrama de funcionamiento del inversor 1000VA.....	101

Gráfico N° 45 Onda sinusoidal pura rectificada por el inversor.....	102
Gráfico N° 46 Inversor Exmork 1000VA.....	102
Gráfico N° 47 Diagrama de instalación del controlador y disipador	105
Gráfico N° 48 Diagrama de instalación en paralelo	106
Gráfico N° 49 Diagrama de instalación del inversor.....	107

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1 Variación de la potencia eólica específica.....	20
Tabla N° 2 Densidad del aire a diferentes alturas sobre el nivel del mar .	20
Tabla N° 3 Eficiencia de máquinas de sustentación y arrastre	31
Tabla N° 4 Coeficiente de funcionamiento.....	32
Tabla N° 5 Tamaño mínimo de baterías	51
Tabla N° 6 Máxima distancia en metros para cables de cobre de diferente calibre	53
Tabla N° 7 Conversión de calibre AWG a calibre métrico.....	53
Tabla N° 8. 15 Precios preferentes Energía Renovable (ctvs. USD/KWh)	56
Tabla N° 9 Proveedores de sistemas eólicos a nivel nacional	64
Tabla N° 10 Equipos para sistemas eólicos de pequeña potencia	64
Tabla N° 11 Resumen estadístico del mes de junio.....	75
Tabla N° 12 resumen estadístico del mes de junio	75
Tabla N° 13 Resumen estadístico de los cuatro meses.....	77
Tabla N° 14 Resumen estadístico de los cuatro meses.....	78
Tabla N° 15 Distribución de frecuencias para el sector el tablón 115 días	80
Tabla N° 16 Potencia máxima calcula.....	81
Tabla N° 17 Características técnicas del aerogenerador Exmork 1500W	82
Tabla N° 18 Potencia específica del aerogenerador 1,5 Kw	82
Tabla N° 19 Estimación de suministro de energía con el equipo Exmork 1500W	84

Tabla N° 20 Consumidores de energía en (kWh/mes) de los artefactos más comunes.....	93
Tabla N° 21 Especificaciones técnicas de aerogenerador Exmork 500W	97
Tabla N° 22 Características de diseño del poste de concreto.....	97
Tabla N° 23 Especificaciones técnicas del controlador.....	98
Tabla N° 24 Especificaciones técnicas de la batería NARADA AGM 100Ah	100
Tabla N° 25 Especificaciones técnicas del inversor de 100VA.....	101
Tabla N° 26 Guía de soluciones del sistema eólico	110

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación N° 1. Cálculo de la potencia del viento.....	19
Ecuación N° 2. Potencia eólica	20
Ecuación N° 3. Potencia del eje del rotor.....	31
Ecuación N° 4. Ley de Ohm.....	42
Ecuación N° 5. Potencia eléctrica	42
Ecuación N° 6. Sección del cable	42
Ecuación N° 7. Constante de sistematización.....	70
Ecuación N° 8. Cálculo del número de intervalos	71
Ecuación N° 9. Tamaño de intervalo	72
Ecuación N° 10. Marca de clase	73
Ecuación N° 11. Media.....	73
Ecuación N° 12. Mediana.....	74
Ecuación N° 13. La Moda	74
Ecuación N° 14. Potencia máxima del viento.....	81
Ecuación N° 15. Potencia de consumo	94
Ecuación N° 16. Cálculo del número de baterías.....	95

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: Matriz de Coherencia Interna	119
ANEXO B. Frecuencia del viento en el mes de junio	120
ANEXO C. Frecuencia del viento en el mes de julio	122
ANEXO D: Frecuencia del viento en el mes de agosto.....	124
ANEXO E: Frecuencia del viento en el mes de septiembre.....	126
ANEXO F: Resumen estadístico del mes de julio	128
ANEXO G: Resumen estadístico del mes de julio	129
ANEXO H: Distribución de la velocidad del viento del mes de julio	129
ANEXO I: Resumen estadístico del mes de agosto.....	131
ANEXO J: Resumen estadístico del mes de agosto	131
ANEXO K: Distribución de la velocidad del viento en el mes de agosto	132
ANEXO L: Resumen estadístico del mes de septiembre.....	134
ANEXO M: Resumen estadístico del mes de septiembre.....	134
Anexo N: Distribución de la velocidad del viento del mes de septiembre	135
ANEXO O: Comunidad Naranjito	137
ANEXO P: Sector El Tablón	137
ANEXO Q: Cabaña El Sol.....	138
ANEXO R: Procesos.....	138

RESUMEN

El presente trabajo tiene como propósito implementar un generador eólico, como sistema alternativo de energía renovable, en la cabaña El Sol del sector El Tablón, ubicado en la comunidad Naranjito, parroquia Caranqui, cantón Ibarra y fortalecer los conocimientos para crear nuevas formas de generar electricidad sin contaminar el medio ambiente utilizando los recursos naturales. El Capítulo I describe las diferentes formas de generación eléctrica que tiene el país y la necesidad de crear nuevas alternativas de generar electricidad mediante energías renovables que ayude a contribuir en la preservación del ecosistema, con esto permite conocer el problema de la investigación. En el Capítulo II a través de la información recopilada de libros, revistas, páginas de internet y documentos proporcionados por empresas e instituciones relacionados con el tema de investigación, se establece las bases y fundamentos para el desarrollo del marco teórico. El Capítulo III se define los tipos de investigación, métodos y técnicas que contribuyeron al cumplimiento de los objetivos planteados en el proyecto. En el Capítulo IV mediante la instalación de un anemómetro se realizó el análisis del comportamiento del viento en el sector El Tablón y el dimensionamiento de la demanda energética que presenta la cabaña. En el Capítulo V se detalla las conclusiones y se expone las recomendaciones que se emplearan para dar solución al problema. El Capítulo VI presenta la propuesta tecnológica como alternativa de solución al problema planteado en el capítulo I, con las especificaciones técnicas de instalación de cada equipo implementado. Por último se detalla la bibliografía y anexos representados por datos estadísticos de la medición del viento y fotografías del desarrollo del proyecto.

ABSTRACT

The present work has as purpose implement a wind “eólico” generator, as alternative system of renewable energy, in the hut El Sol of the sector El Tablón, located in the Naranjito community Caranqui town canton Ibarra and strengthen the knowledge to create new ways to generate electricity without polluting the environment using natural resources. The Chapter I describes the various forms of power generation has the country and the necessity to create new alternatives to generate electricity through renewable energy that will help to contribute to the preservation of the ecosystem so, this lets you know the problem research. In Chapter II through getting information from books, magazines, internet pages and documents provided by companies and institutions related to the research theme so, establish the bases and fundamentals to development the theoretical research. Chapter III defines the types of research, methods and techniques that have contributed to the fulfillment of its aims in the project. In Chapter IV through the installation of an anemometer “anemometro” was made the analysis of the behavior from wind in the sector El Tablón and sizing of the energy claim that shows the hut. In Chapter V details the findings conclusions and the recommendations will be used to give solution to the problem. In the Chapter VI presents the technological proposal like an alternative solution to the problem raised in the chapter I, with the specific techniques for each equipment installation. Finally, details the bibliography and annexes represented by statistical data of the speed measurement wind and photos of the development of the project.

INTRODUCCIÓN

El suministro de energía eléctrica es uno de los principales servicios en el Ecuador, por esto la constitución en su parte Régimen del Buen Vivir, capítulo II, sección séptima Biosfera, ecología urbana y energías alternativas, en sus artículos 413 y 414 habla de que el estado promoverá la creación de nuevas tecnologías que generen energía de calidad, limpia y sin contaminación, ayudando a revertir los cambios climáticos que hoy día sufrimos. Además, la instalación para dar cumplimiento a lo antes mencionado deberá contar con los niveles de calidad exigidos, organización, estructura y procedimientos técnicos.

El presente trabajo contempla una aplicación de energías renovables como nuevas formas de producir electricidad con los flujos de aire constante en el sector El Tablón, de la comunidad Naranjito, con la finalidad de crear precedentes para futuras aplicaciones en gran escala en el sector, en la provincia y la región.

Este trabajo consta de seis capítulos, desarrollados de forma técnica que han permitido determinar la posibilidad de establecer nuevas alternativas energéticas, innovadoras y comprometidas con la preservación del ecosistema, además que a futuro será una alternativa de ingresos económicos para quienes tomen la iniciativa de invertir de este tipo de energías que ofrecen empleo y desarrollo en nuestro entorno.

La investigación define una serie de aspectos técnicos y científicos sobre la producción de la energía eólica y cuenta con un estudio técnico, financiero y nivel de impactos que garantiza la implementación del presente proyecto.

CAPÍTULO I

1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Antecedentes

El país tiene una topografía variada la cual se ve reflejada en sus diferentes regiones, esta permite que exista un alto potencial para la creación de las energías renovables de origen hídrico, eólico y solar. El alto costo y el incremento continuo del uso de combustibles para la generación de energía eléctrica y transporte producen un efecto nocivo que dañan al medio ambiente con la emisión de gases de efecto invernadero, creando la necesidad de fomentar nuevos sistemas de generación eléctrica que utilicen recursos renovables que produzcan energía limpia.

Tomando en cuenta que en nuestra provincia se han realizado estudios de factibilidad para futuros parques eólicos como por ejemplo en el sector de Salinas y en el último semestre el proyecto Atlas que se lo pretende realizar en la provincia del Carchi a través de la Universidad Técnica de Norte, nos indica las excelentes condiciones que se tiene para implementar un sistema eólico en la parte norte del país, ya que por la zona de emplazamiento concretamente en la comunidad Naranjito, existen las condiciones necesarias para la implementación de sistemas alternativos de generación eléctrica por medios renovables.

Previo a la obtención del título en Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico se realiza el presente proyecto de “Implementación de un aerogenerador como sistema alternativo de energía renovable en la cabaña El Sol del sector El Tablón, tomando en cuenta que la producción de energía en nuestro país está basada en los recursos renovables como

la energía hidráulica con un 42,37%, eólica 0,02%, solar 0,00%, turbo vapor 1,16% y la generación con los recursos no renovables con un porcentaje del 52,17%, observando que la generación hidráulica y la térmica se encuentran en mayor porcentaje, las mismas que por depender del clima que son factores aleatorios y de los combustibles que generan una gran cantidad de CO₂, fueron condiciones suficientes para que en el año 2009 se produzcan una serie de apagones que generaron grandes pérdidas para el país.

En espera que no ocurran nuevamente situaciones como las descritas anteriormente y viendo que la contaminación del planeta sigue teniendo un incremento acelerado, se ha decidido implementar un proyecto donde el impacto ambiental que se cause sea mínimo, con lo cual se logrará una concientización más profunda sobre los problemas ambientales que causa la generación térmica, ya que en el Ecuador las leyes garantizan la elaboración de proyectos de energía pura y limpia. Como un medio de subsistencia hoy en día se está aplicando los diferentes métodos de generación alternativa uno de ellos es la generación eólica, la cual tiene como elemento fundamental el viento, que es una fuente inagotable de energía por lo que el impacto ambiental que se causa es mínimo y con esto se pretende dejar un legado de bienestar hacia nuestros hijos con un mundo mejor manejando nuestros recursos de una manera responsable.

La energía eléctrica desde que se la descubrió ha sido utilizada en diferentes formas, así pues ha sido un ente de desarrollo del mundo con métodos de generación que hoy día nos muestra sus consecuencias, al momento no se cuenta con muchos sistemas de generación que utilicen una energía pura como fuente de producción, para esto se propone como un medio de desarrollo el sistema eólico como fuente de energía renovable ya que nuestro país se encuentra en las costas del océano

pacífico, atravesado por la línea ecuatorial y cordillera de los Andes lo que permite que la tierra se caliente más que en los polos produciendo depresiones que permiten obtener flujos continuos de aire y a esto se le agrega que la velocidad del viento varía con la altura.

La constitución en su parte Régimen del Buen Vivir, capítulo II, sección séptima Biosfera, ecología urbana y energías alternativas en sus artículos 413 y 414 habla de que el estado promoverá la creación de nuevas tecnologías que generen energía de calidad, limpia y sin contaminación, ayudando a revertir los cambios climáticos que hoy día sufrimos. Además, la instalación para dar cumplimiento a lo antes mencionado deberá contar con los niveles de calidad exigidos, organización, estructura y procedimientos técnicos. El proyecto contempla una aplicación en el sector El Tablón de la comunidad Naranjito, con la finalidad de crear precedentes para futuras aplicaciones en gran escala en el sector, en la provincia y la región.

Desde el punto de vista ambiental, la naturaleza merece nuestro respeto y cuidado, ya que en ella vivimos y debemos preservarla, con esto se quiere decir que se debe reducir los gases del efecto invernadero generados, por las grandes centrales de generación térmica, las cuales utilizan como fuente la combustión del diesel, el mismo que ha contaminado nuestro planeta desde hace varios años, con fin de contrarrestar esta contaminación se propone la generación eólica así como también como una fuente alternativa de producción eléctrica.

1.2. Planteamiento del problema

Este proyecto comprenderá el análisis minucioso sobre la disponibilidad de aire para diseñar un sistema adecuado y tomar en consideración sus variaciones, causas, efectos y demás factores que

ayuden a determinar la orientación óptima del generador eólico. De igual forma, se realizará el análisis de las normas de implementación de un generador que tienen por objeto establecer las disposiciones, criterios y requerimientos mínimos para asegurar que el proyecto sea factible, esta operará garantizando la seguridad de las personas y bienes como también la calidad del servicio.

La energía eléctrica es un medio indispensable para el progreso y desarrollo del país, ya que con ello se dinamiza el trabajo y la economía, en el sector El Tablón en la comunidad Naranjito, se pretende crear un centro turístico que cuente con los servicios básicos necesarios para albergar a turistas que visiten este sitio, existe por el momento una cabaña, esta servirá también como un atractivo para las diferentes personas que desean conocer el lugar en el que se pretende aprovechar y utilizar el flujo de aire constante de la zona para implementar un aerogenerador que alimente de energía eléctrica. El proyecto tiene como propósito crear un precedente que ayude a buscar nuevas formas de generación eléctrica que puedan ser implementadas, incluso en las zonas rurales donde no se puedan acceder al servicio de energía eléctrica convencional.

1.3. Formulación del problema

¿Cómo implementar un sistema de generación eléctrica eólica en la cabaña El Sol del sector El Tablón utilizando como recurso renovable los flujos de aire que produce el viento para dotarla de energía eléctrica?

1.4. Delimitación del problema

1.4.1. Espacial

La implementación del generador eólico como fuente alternativa de energía renovable, se lo realizó con la finalidad de ofrecer nuevas fuentes de producción de energía pura y limpia, generador que se ubica en el sector El Tablón de la comunidad Naranjito.

1.4.2. Temporal

En el proyecto se realizó una investigación teórica y práctica que se ejecutó entre los meses de junio a septiembre del 2012, incluyendo el tiempo estimado de medición de datos como flujos de viento para la ubicación del aerogenerador.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. Objetivo general

Implementación de un sistema alternativo de energía renovable, con la finalidad de generar electricidad mediante el uso de los recursos renovables.

1.5.2. Objetivos específicos

- ❖ Realizar el análisis del flujo de aire que corre por el sector de ubicación del aerogenerador.
- ❖ Determinar la carga o potencia requerida, para el sistema eléctrico de la cabaña.
- ❖ Especificar las características técnicas necesarias para la adquisición del aerogenerador.

- ❖ Realizar el análisis del costo beneficio de la generación eólica.

1.6. Justificación

El proyecto de fin de carrera, está dirigido hacia la búsqueda de mejores recursos que generen energía limpia sin contaminantes, así como también promover el uso de fuentes de generación con un menor costo de producción y distribución, y principalmente promover energías que causen el menor impacto ambiental a la naturaleza. El proyecto tiene aportes técnicos, investigativos, que sirven a proyectos similares que requieran de la información obtenida en la implementación del generador eólico. La energía de tipo eólica ha dado muy buenos resultados en países desarrollados pero que aún no se lo ha explotado en Ecuador, la generación a través de los recursos renovables son muy escasas debido a que las políticas de varios gobiernos no han emprendido proyectos con un sistema que genere energía limpia, para lo cual se propone una generación eólica con utilización del viento, puesto que este es un recurso que se encuentra disponible y es inagotable.

Por otra parte, el proyecto se lo ha planteado teniendo en cuenta los cambios climáticos que sufre el planeta y por ende el país, ya que en la actualidad se ha hablado mucho sobre el calentamiento global que es consecuencia de la mala utilización de los recursos, tanto orgánicos e inorgánicos, por parte del hombre, esto afecta en forma directa a la generación hidráulica ya que el caudal de los ríos en los últimos años han comenzado a disminuir generando menos potencia dando como consecuencia los apagones.

Para realizar esta investigación se consideró que es lo que se requiere investigar y cuál sería la posible solución, obteniendo como respuesta el estudio y propuesta tecnológica de un generador eólico en

las zonas que no cuentan con abastecimiento eléctrico, con las experiencias que se ha obtenido a lo largo de la carrera se ha podido visibilizar los inconvenientes que tiene la distribución eléctrica del sector, lo que deja en claro la necesidad de la implementación de nuevas formas de generación alternativa que tengan una mayor accesibilidad y tenga un menor costo de producción. Por último, profesionalmente se pondrá en manifiesto los conocimientos adquiridos durante la carrera y permitirá sentar las bases para otros estudios que surjan partiendo de la problemática antes mencionada en el proyecto su realización.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Energías renovables

(Bridgewater & Bridgewater, 2009) dice que “Las energías renovables son fuentes de energía no conectadas a la red eléctrica, usted puede vivir en una casa aislada con fuentes que extraiga la energía del viento, de la lluvia o del sol, sin utilizar derivados de petróleo, ni bombas de gas, ni agua.” (p. 12)

(Roldan Vilorio, 2009) se pronuncia: “La energía renovable es aquella que utilizamos y constantemente puede ser renovada, ejemplos como la fuerza del viento, la luz del sol (calor y luz), el agua de los ríos, etc.” (p. 3).

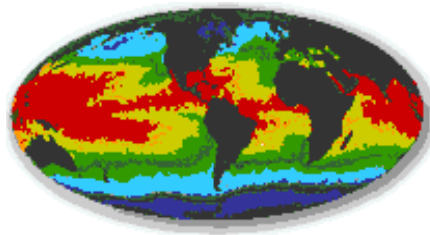
Se denomina energía renovable a la energía que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, ya sea por la inmensa cantidad de energía que contienen, o porque son capaces de regenerarse por medios naturales.

2.1.1. Tipos de energías renovables

En nuestro medio existen varios tipos de energías renovables que podrían ser utilizadas para el desarrollo tecnológico de la humanidad, entre los más destacados tenemos: Biomasa, Biogás, Hidroeléctrica, Eólica, Solar, Geotérmica y mareomotriz. Para el presente trabajo se analizará la energía eólica que proviene del viento.

Todas las fuentes de energía renovables (excepto la mareomotriz y la geotérmica), e incluso la energía de los combustibles fósiles, provienen, en último término, del sol. El sol irradia 174.423.000.000.000 [kWh] de energía por hora hacia la Tierra. En otras palabras, la Tierra recibe $1,74 \times 10^{17}$ [W] de potencia. Alrededor de 1% a 2% de la energía proveniente del sol es convertida en energía eólica. Esto supone una energía alrededor de 50 a 100 veces superior a la convertida en biomasa por todas las plantas de la tierra. Las regiones alrededor del ecuador, a 0° de latitud, son calentadas por el sol más que las zonas del resto del globo. Estas áreas calientes están indicadas en colores cálidos, rojo, naranja y amarillo, en esta imagen de rayos infrarrojos de la superficie del mar.

Gráfico N° 1 Irradiación del sol



Fuente: http://www.motiva.fi/myllarin_tuulivoima/windpower%20web/es/tour/wres/index.htm

El aire caliente es más ligero que el aire frío, por lo que subirá hasta alcanzar una altura aproximada de 10 km y se extenderá hacia el norte y hacia el sur. Si el globo no rotase, el aire simplemente llegaría al Polo Norte y al Polo Sur, para posteriormente descender y volver al ecuador.

2.1.2. Energía eólica

(Fernandez Salgado, 2009) dice que “La energía eólica es la energía que se extrae del viento, también se deriva de la energía solar, porque una parte de los movimientos del aire atmosférico se debe al calentamiento causado por el sol.” (p.4)

(Escudero Lopez, 2008) se pronuncia “La energía eólica se sostiene como la fuente energética que está expandiéndose a mayor velocidad a escala mundial, superando fuentes convencionales como el gas natural o la energía nuclear.” (p.109)

La energía eólica es la que se produce por la circulación de flujos de aire, que se produce por la acción de los rayos del sol que calientan la atmosfera terrestre, esta generación es limpia, inagotable y con grandes perspectivas de desarrollo.

La energía eólica ha sido aprovechada desde la antigüedad para mover los barcos impulsados por velas o hacer funcionar la maquinaria de molinos al mover sus aspas. En la actualidad, la energía eólica es utilizada principalmente para producir energía eléctrica mediante aerogeneradores.

2.1.2.1. Importancia de la energía eólica

(Orbegozo & Arivilca, 2010) se pronuncia “La energía eólica no contamina, es inagotable y frena el agotamiento de combustibles fósiles contribuyendo a evitar el cambio climático. Es una tecnología de aprovechamiento totalmente madura y puesta a punto.”

Es una de las fuentes más baratas, puede competir e rentabilidad con otras fuentes energéticas tradicionales como las centrales térmicas de carbón (considerado tradicionalmente como el combustible más barato), las centrales de combustible e incluso con la energía nuclear, si se consideran los costes de reparar los daños medioambientales.

El generar energía eléctrica sin que exista un proceso de combustión o una etapa de transformación térmica supone, desde el punto de vista

medioambiental, un procedimiento muy favorable por ser limpio, exento de problemas de contaminación, etc. Se suprimen radicalmente los impactos originados por los combustibles durante su extracción, transformación, transporte y combustión, lo que beneficia la atmósfera, el suelo, el agua, la fauna, la vegetación, etc.

Evita la contaminación que conlleva el transporte de los combustibles; gas, petróleo, gasoil, carbón. Reduce el intenso tráfico marítimo y terrestre cerca de las centrales. Suprime los riesgos de accidentes durante estos transportes: desastres con petroleros (traslados de residuos nucleares, etc.) No hace necesaria la instalación de líneas de abastecimiento: Canalizaciones a las refinerías o las centrales de gas.

La utilización de la energía eólica para la generación de electricidad presenta nula incidencia sobre las características fisicoquímicas del suelo o su erosión, ya que no se produce ningún contaminante que incida sobre este medio, ni tampoco vertidos o grandes movimientos de tierras.

Al contrario de lo que puede ocurrir con las energías convencionales, la energía eólica no produce ningún tipo de alteración sobre los acuíferos ni por consumo, ni por contaminación por residuos o vertidos. La generación de electricidad a partir del viento no produce gases tóxicos, ni contribuye al efecto invernadero, ni destruye la capa de ozono, tampoco crea lluvia ácida. No origina productos secundarios peligrosos ni residuos contaminantes.

2.1.3. El viento

(Juana Sardón) menciona que “El viento se genera por el calentamiento desigual que sufre la tierra. El calentamiento es más intenso cerca del ecuador y durante el día esto provoca que la zonas más

calientes se muevan sobre la superficie de la tierra en su movimiento de rotación.” (p.151)

(Escudero Lopez, 2008) dice que “El viento es la variante de estado del aire y aunque su movimiento es tridimensional, solo se considera la velocidad y dirección de la componente horizontal.” (p. 65)

El viento es el movimiento en masa del aire producida por la diferencia de temperatura en la atmósfera

La finalidad es tratar de manera superficial, aquel fenómeno tan perceptible pero que pasa tan desapercibido ante nosotros, el viento. Se abordará solamente algunas características del viento que serán útiles para la construcción del generador eólico; además se hará una referencia a las características del viento que se produce en la región Sierra.

2.1.4. Origen del viento

La atmósfera constituida esencialmente por oxígeno, nitrógeno y vapor de agua, se caracteriza por su presión, que varía con la altura. La radiación solar se absorbe de manera muy distinta en los polos que en la línea ecuatorial, a causa de la redondez de la tierra. Es pues la energía absorbida en el Ecuador mucho mayor a la de la absorbida en los polos. Estas variaciones de temperatura, provocan cambios en la densidad de las masas de aire, por lo que se desplazan en diferentes latitudes. Estas traslaciones se realizan desde las zonas en que la densidad del aire (presión atmosférica) es alta en dirección a las de baja presión atmosférica.

Se establece así, cierto equilibrio por transferencia de energía hacia las zonas de temperaturas extremas, que sin esto serían inhabitables. Existen otros desplazamientos que se ejercen perpendicularmente a la dirección del movimiento de las masas de aire, hacia la derecha en el

hemisferio norte, y hacia la izquierda en el hemisferio sur. Sin embargo, estas direcciones, están frecuentemente perturbadas por:

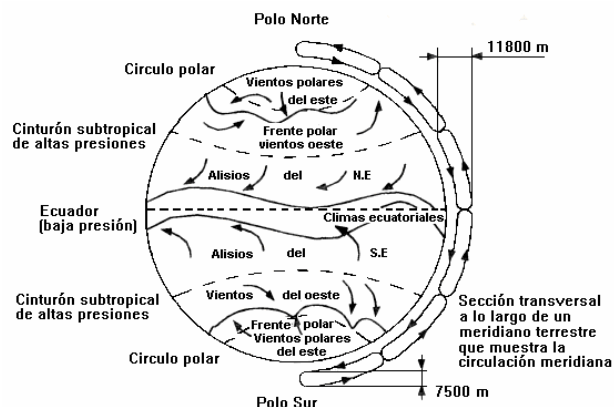
Las tormentas que desvían la dirección dominante, como se hace patente en registros.

Los obstáculos naturales, bosques, cañadas, depresiones, etc. Estos obstáculos modifican la circulación de las masas de aire en dirección y velocidad.

Las depresiones ciclónicas que pueden desplazarse en cualquier dirección, pero de hecho, tienen ciertas direcciones establecidas, superponiéndose, al sistema general de presión atmosférica.

El viento se caracteriza entonces, por dos grandes variables respecto al tiempo: la velocidad y la dirección. La velocidad incide más directamente que la dirección en el rendimiento de la estación.

Gráfico N° 2 Representación del patrón global de circulación de vientos



Fuente: http://www.si3ea.gov.co/si3ea/documentos/documentacion/energias_alternativas/material_difusion/manualE%F3licaweb.pdf

2.1.4.1. Velocidad del viento

La velocidad del viento es un dato muy importante para el diseño de un aerogenerador, ahora bien la velocidad del viento no es constante y varía a lo largo del tiempo, es por tanto importante medir la velocidad del viento en una determinada zona en el transcurso de un año o más para comprobar que velocidades del viento son las más frecuentes.

Gráfico N° 3 Mapa eólico de Sudamérica en relación a la velocidad (2006)



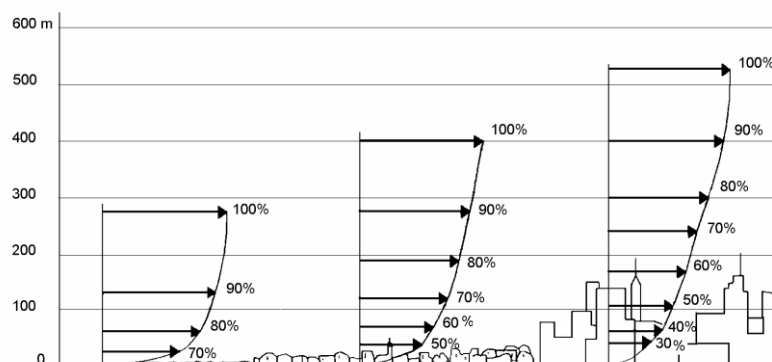
Fuente: www.español.weather.com

2.1.4.2. Variaciones de la velocidad del viento con la altitud

Las variaciones de la velocidad del viento están dadas, por las condiciones geográficas del terreno, en cual se mueven las masas de aire. La superficie terrestre ejerce una fuerza de rozamiento que se opone al movimiento del aire y cuyo efecto es retardar el flujo, por ende disminuir la velocidad del viento. Este efecto retardatorio de la velocidad de viento decrece en la medida que se incrementa la altura sobre la superficie del

terreno y de obstáculos en su recorrido. Así pues, a mayor altura sobre la superficie mayor velocidad de viento se podrá experimentar.

Gráfico Nº 4 Perfiles de velocidad de viento, en función de las características topográficas del terreno



Fuente: Pinilla, A. (1997). Manual de aplicación de la energía eólica. INEA.

2.1.4.3. Variaciones de la velocidad del viento con el tiempo

Las variaciones estacionales corresponden una dirección general del viento. Siendo esta variación un caso muy particular de acuerdo al lugar en que se estudie la posibilidad de implementar un aerogenerador, tomando en cuenta la latitud y longitud en que se encuentre por ejemplo en Norte América en:

- Verano: Los vientos tienen una dirección predominante de Este; Noreste; Norte.
- Otoño: Los vientos tienen una dirección predominante de Este; Norte.
- Invierno: Los vientos tienen una dirección predominante de Norte; Noroeste.
- Primavera: Los vientos tienen una dirección predominante de Norte.

Fenómenos existentes con el tiempo:

- Fenómenos diarios.- Se deben a los fenómenos térmicos producidos por la radiación solar. Las variaciones de temperatura con la altitud crean corrientes ascendentes. La velocidad media del viento es más débil por la noche, con pocas variaciones. Aumenta a partir de la salida del sol y alcanza su máximo entre las 12 pm y las 16 pm horas.
- Fenómenos mensuales.- Las variaciones mensuales dependen esencialmente del lugar geográfico y solo las estadísticas meteorológicas pueden predecir estas variaciones.
- Fenómenos anuales.- Las variaciones anuales son periódicas con buena precisión en los datos, de modo que de un año a otro, es posible hacer una buena evaluación de la energía eólica recuperable en un lugar determinado.

2.1.4.4. Variaciones instantáneas de dirección

Ráfagas.- Son difíciles de caracterizar; para tener una idea aproximada de estas variaciones, se necesitan registros meteorológicos de vientos periódicos, de hace muchos años atrás.

Por lo tanto, cuando se quiere utilizar la energía eólica, es importante tener en cuenta las ráfagas. Así, las variaciones bruscas de la velocidad del viento originan variaciones muy considerables de la energía aplicada al generador.

Un viento presentado en ráfagas, impondrá condiciones que se deberán tener en cuenta durante la utilización del generador y en el

cálculo de su soporte; casi todos los sistemas de regulación tienen generalmente una inercia muy superior a la duración de una ráfaga.

Turbulencias.- Son características propias de lugares con terreno accidentado que perturban las masas de aire. Estas variaciones instantáneas imponen esfuerzos muy severos a todos los aeromotores de eje horizontal.

Este como se ha visto anteriormente no es nuestro caso, aunque existen ciclones y anticiclones, que son dignos de tomar en cuenta al momento de probar el aeromotor. Los ciclones se producen cuando existe una corriente tropical al este de una corriente polar, por efecto de la rotación de la tierra, tenderán a separarse quedando entre ellas una zona de vacío que derivará en un sistema de bajas presiones, si las corrientes son muy potentes se forma un ciclón, de forma que el aire caliente se dirija al centro en sentido contrario a las manecillas del reloj.

El anticiclón procede de una corriente tropical al oeste de una polar en el que las presiones disminuyen del centro para afuera y las corrientes que salen lo hacen en sentido igual al de las manecillas del reloj.

2.1.5. Medición de la velocidad del viento

(Pinilla, 1997) indica que “Estimaciones del recurso eólico se basan en algunas estrategias útiles como son: Colección de información de manera empírica, anemómetros totalizadores, por factores de correlación, instalación de pequeños equipos eólicos o por adquisición de datos meteorológicos en tiempo real.” (p, 16)

También existen una variedad de instrumentos que miden la velocidad del viento y la dirección del mismo. El instrumento más común es el anemómetro de taza. La velocidad de la tasa es del orden de la

velocidad del viento. Mientras que el anemómetro está girando, se van generando pulsaciones eléctricas, las mismas que son contabilizadas.

El aparato sólo mide la velocidad del viento horizontalmente, pero es independiente de su dirección. Es importante que el anemómetro tenga un momento de inercia (sea de construcción liviana), pues un anemómetro pesado tenderá a sobreestimar la velocidad del viento.

Gráfico N° 5 Anemometro de taza



Fuente: www.proviento.com.pe/

También se caracteriza el anemómetro digital por su condición de facilidad de transporte y la recopilación de datos del viento a una memoria interna.

Gráfico N° 6 Anemómetro digital



Fuente: www.proviento.com.pe/

2.1.6. Cálculo de la potencia del viento

La potencia en el viento soplando con una velocidad V a través de un área A perpendicular a V , es:

$$P_{viento} = \frac{1}{2} \rho A V^3 \text{ (W:vatios)}$$

Ecuación Nº 1. Cálculo de la potencia del viento

Dónde:

P_{viento} : es la potencia en el viento en vatios

ρ : es la densidad del aire (aprox. 1.2 Kg/m³)

V : es la velocidad del viento en m/s

A : es el área perpendicular al viento en m²

Si la velocidad del viento se duplica, la potencia es ocho veces más grande. De 2 a 3 m/s de velocidad de viento, la potencia del viento es más de tres veces. De 4 a 5 m/s de velocidad de viento, la potencia es el doble.

En un día con borrasca la velocidad del viento puede variar de 1 a 10 m/s, implicando que la potencia en el viento cambia por un factor de $10^3 = 1000$. Un cambio de esta magnitud no ocurre diariamente, pero sí refleja las grandes variaciones que la potencia del viento puede alcanzar en diferentes lugares y escalas de tiempo.

Adicional a la velocidad del viento, la potencia eólica se ve además afectada por variaciones en la densidad del aire, sobre todo si se pretenden realizar instalaciones en zonas montañosas de gran elevación sobre el nivel del mar. Normalmente, la potencia eólica teórica se da como potencia eólica específica, esto es por unidad de área. Así que:

$$P_{viento} = \frac{1}{2} \rho V^3 \text{ (W/m}^2\text{)}$$

Ecuación N° 2. Potencia eólica

En la que P viento esta expresada en vatios por metro cuadrado. La potencia eólica específica, varia para diferentes valores de velocidad de viento, con la densidad del aire a condiciones estándar a la altura del nivel del mar (1.2 Kg/m3).

Tabla N° 1 Variación de la potencia eólica específica

<i>Velocidad del viento en m/s</i>	<i>Potencia Eólica Especifica en w/m2</i>
2	5
3	16
4	38
5	75
6	130
7	206
8	307
9	437
10	600
11	800
12	1040

Fuente: Pinilla, A. (1997). Manual de aplicación de la energía eólica. INEA.

La densidad del aire varía para diferentes alturas sobre el nivel del mar y temperatura. Para el cálculo de la potencia eólica a diferentes alturas sobre el nivel del mar, esta deberá ser corregida utilizando el verdadero valor de la densidad según esta tabla.

Tabla N° 2 Densidad del aire a diferentes alturas sobre el nivel del mar

<i>Altura sobre el nivel del mar (m)</i>	<i>Densidad del aire seco en Kg/m³</i>
--	--

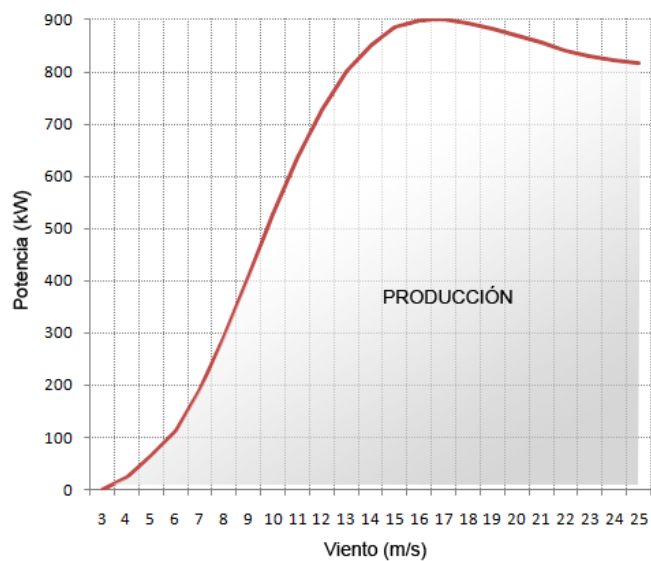
	20°C	0°C
0	1.204	1.292
500	1.134	1.217
1,000	1.068	1.146
1,500	1.005	1.078
2,000	0.945	1.014
2,500	0.887	0.952
3,000	0.833	0.894

Fuente: Pinilla, A. (1997). Manual de aplicación de la energía eólica. INEA.

2.1.7. Curva de potencia del viento

La curva de potencia de un aerogenerador es un gráfico que indica cuál será la potencia eléctrica disponible en el aerogenerador a diferentes velocidades del viento.

Gráfico N° 7 Curva potencia del viento en condiciones normales



Fuente: www.bladecleaning.com/problematika.htm

Las curvas de potencia se obtienen a partir de medidas realizadas en campo, donde un anemómetro es situado sobre un mástil relativamente cerca del aerogenerador (no sobre el mismo aerogenerador ni demasiado cerca de él, pues el rotor del aerogenerador puede crear

turbulencia, y hacer que la medida de la velocidad del viento sea poco fiable).

2.1.8. Aerogeneradores

(Escudero Lopez, 2008) Define que “El aerogenerador es una maquina capaz de transformar la energía eólica en cualquier otro tipo de energía, tanto mecánico como eléctrico.” (p. 119)

(Fernandez Salgado, 2009) dice que “Los aerogeneradores son dispositivos que convierten la energía cinética del viento en energía mecánica, de modo que aprovechan la energía del viento para producir electricidad.” (p. 273)

Un aerogenerador es un generador eléctrico movido por una turbina accionada por el viento (turbina eólica). En este caso, la energía eólica, en realidad la energía cinética del aire en movimiento, proporciona energía mecánica a un rotor hélice que, a través de un sistema de transmisión mecánico, hace girar el rotor de un generador, normalmente un alternador trifásico, que convierte la energía mecánica rotacional en energía eléctrica.

2.1.8.1. Tipos de aerogeneradores

a. Aerogeneradores de eje horizontal

La mayor parte de la tecnología actual se refiere a aerogeneradores de eje horizontal, que corresponde a las siglas de la denominación inglesa horizontal axis wind turbines (HAWT). La razón por la cual todos los aerogeneradores comerciales conectados a la red se construyen

actualmente con un rotor tipo hélice de eje horizontal, es que a potencia generada por estos es mayor que la generada por los de eje vertical.

Su movimiento de rotación se origina por la incidencia del viento sobre unas palas orientadas con un cierto ángulo con respecto a éste, la fuerza del viento se descompone en dos vectores, uno axial que tiende a empujar al aerogenerador y otro tangencial que es el que hace girar el aerogenerador.

Gráfico N° 8 Aerogeneradores de eje horizontal



Fuente: www.cursotaller.com

b. Aerogeneradores de eje vertical

Su movimiento de rotación se debe a que la fuerza del viento origina un par motor sobre el eje de giro, gracias a la disimetría del aparato, tiene ventajas como la ausencia de orientación y la posibilidad de instalarse en el suelo.

Gráfico N° 9 Aerogeneradores de eje vertical

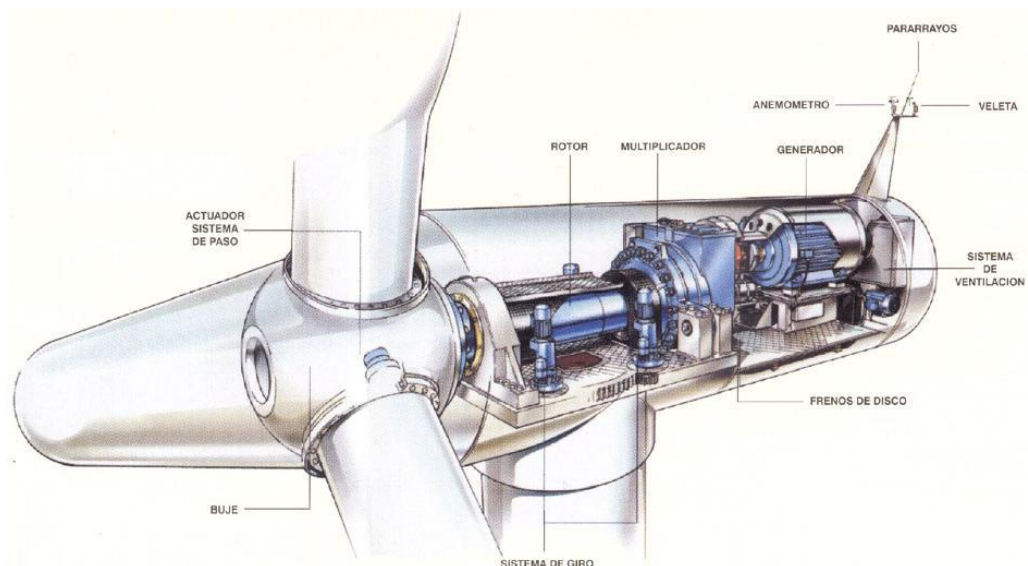


Fuente: www.energias.bienescomunes.org

2.1.8.2. Constitución de un aerogenerador

Un generador de dos palas o tres, provisto de un sistema de regulación, que confiera al rotor una velocidad de rotación estable a partir de cierta velocidad del viento, y un sistema de seguridad destinado a frenar la máquina en caso de tempestad, si el sistema de regulación es inoperante a altas velocidades. Las partes se describen a continuación:

Gráfico N° 10 Partes de un aerogenerador de eje horizontal



Fuente: www.energias.bienescomunes.org

- **Mástil.**- El mástil ayuda a colocar al rotor a una altura suficiente para sacar el máximo partido posible de los vientos.
- **Rotor.**-El rotor está compuesto por las palas y el morro del aerogenerador. El rotor es arrastrado por el viento. El rotor está unido a la góndola por medio de un buje.
- **Góndola.**- La góndola, montada en la parte más alta del mástil, contiene los componentes neumáticos, mecánicos, eléctricos y electrónicos.
En cuanto a su acoplamiento se tiene:
- **Mecanismo de giro.**- Que permita a la máquina estar siempre orientada en la dirección del viento, cualquiera que sea esta. La energía producida en la parte móvil, se transmite por medio de un dispositivo colector asociado al mecanismo de rotación.

- Cárter o Armazón.-Que envuelva y proteja a todas las piezas del conjunto de los factores climáticos.
- Cola.- En el caso de que la máquina funcione de cara al viento, para obtener una orientación según los movimientos de la masa de aire.

2.1.8.3. Torre de soporte de un aerogenerador

Es importante su construcción por varias razones, la cual es mecánicamente sencilla., su altura. El generador debe estar situado por encima de las perturbaciones causadas por el terreno. La instalación de la torre no deberá tener una gran altura debido a la zona geográfica de la provincia de Imbabura.

Gráfico N° 11 Aerogenerador de eje horizontal con los componentes de cimentación



Fuente: www.alumnatbiogeo.blogspot.com/2009/03/componentes-de-un-aerogenerador.html

Cualquier máquina giratoria es siempre asiento de vibraciones, es por tanto esencial que, la frecuencia de oscilación propia de la torre sea muy diferente a la frecuencia de las vibraciones (fundamentales y armónicas), engendradas por el generador eólico

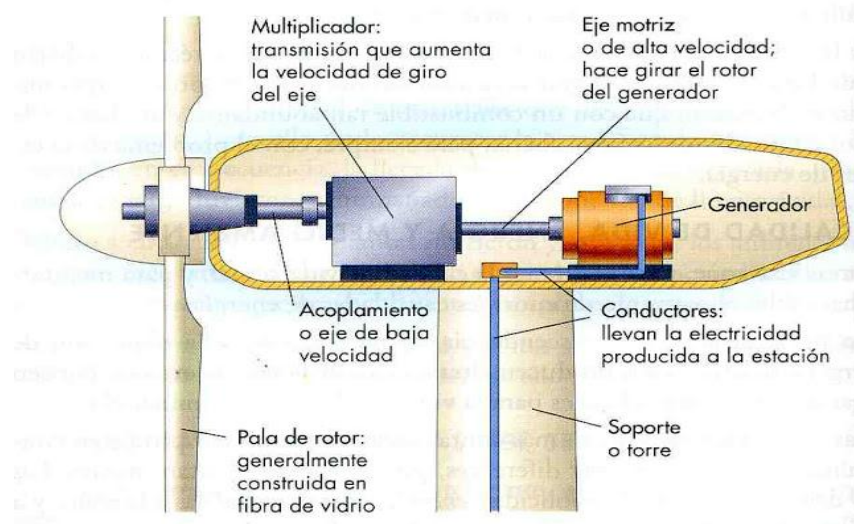
- **Mantenimiento.-** El acceso a la torre debe ser fácil para su buen mantenimiento. En este caso la torre abatible es la que mejores bondades presenta.
- **Robustez.-** La torre deberá resistir las sobrecargas producidas, como son: esfuerzos ocasionados por funcionamiento anormal, ráfagas de viento, y turbulencias.
- **Forma.-** Preferiblemente no angular, para evitar esfuerzos innecesarios en la misma torre mejorando así el flujo de corrientes de aire.

2.1.8.4. Funcionamiento de un aerogenerador

Los aerogeneradores transforman la fuerza del viento que consideramos energía cinética en energía eléctrica. Los primeros aerogeneradores o molinos de viento tenía un campo de utilidad más en zonas aisladas pero actualmente los aerogeneradores agrupados forman centrales eólicas que satisfacen las demandas energéticas de un pueblo o más acoplados a una red de distribución.

- El aerogenerador funciona únicamente receptando el flujo de aire necesario para poner en movimiento a la turbina
- El movimiento de giro que transmite el acoplamiento o eje de baja velocidad pone en funcionamiento al multiplicador que recibe una velocidad inicial baja para multiplicar su velocidad.
- El eje motriz con una velocidad inicial multiplicada actúa hacia el rotor del generador eléctrico incorporado la cual produce la energía eléctrica
- Los conductores transmiten la energía eléctrica generada hacia un sistema de captación

Gráfico N° 12 Esquema de funcionamiento de un aerogenerador

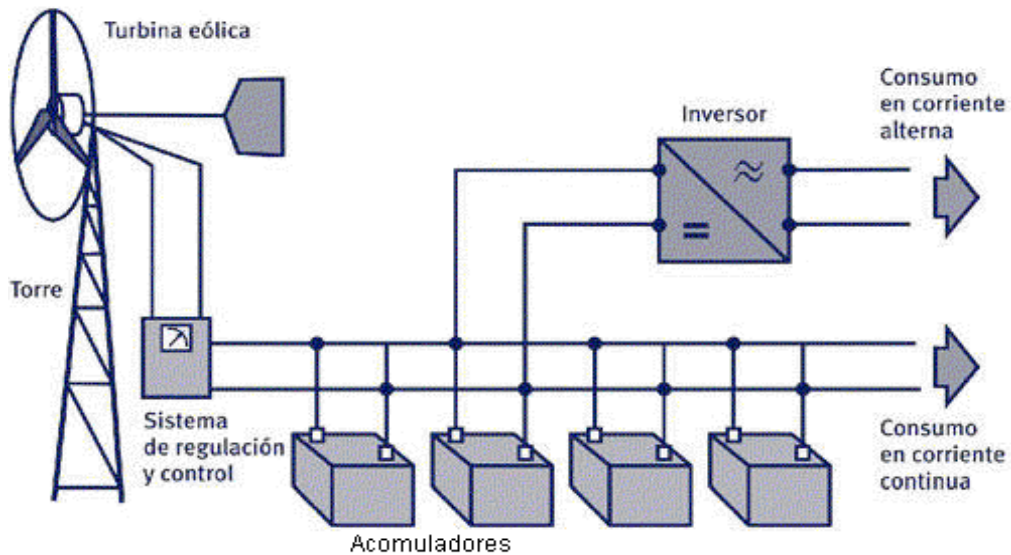


Fuente: www.10cosasdetecnologia.blogspot.com

2.1.8.5. Estación eólica

Una estación eólica es la que agrupa a todos los elementos como: Turbina eólica con su torre, sistemas de regulación y control, acumuladores de energía, sistema inversor y como producto final el consumo de corrientes.

Gráfico N° 13 Estación eólica de pequeña potencia



Fuente: www.cubasolar.cu/biblioteca/Energia/Energia52/HTML/articulo03.htm

2.1.9. Funcionamiento de un sistema eólico

En una estación eólica cada elemento implementado cumple funciones fundamentales para el desarrollo de la producción de energía eléctrica en forma general podemos mencionar los siguientes:

- Turbina de viento (aerogenerador): cumple con la función de generar electricidad.
- Unidad de control: se encarga de mantener el voltaje correcto, protección contra sobrecarga y descarga de baterías. Posible frenado del rotor.
- Baterías: elementos encargados del almacenamiento de energía para períodos sin viento.
- Internamente existen dispositivos para DC de 12 o 24 V.

Otros componentes podrían ser:

- Dump load (balastro): se encarga de tomar la electricidad si la batería está llena y la producción es mayor que el consumo.
- Inversor convierte la corriente directa de (12 o 24 V) CD a (110 o 220 V) (corriente alterna).
- Dispositivos para AC de 220 V.

2.1.9.1. Rotor

Es la parte giratoria de una máquina eléctrica o de una turbina. La función del rotor es la de extraer energía del viento de la manera más eficiente, mientras mantiene las fuerzas del rotor mismo y las de todo el aerogenerador en mínimo.

Los rotores más comunes son:

- a.- Savonius de eje vertical
- b.- Tipo hélice de eje horizontal
- c.- Darrieus de eje vertical

El rotor de tipo de hélice de eje horizontal es el más utilizado

a. Sustentación y resistencia (arrastre)

Si un objeto es puesto en un flujo de aire (viento), experimentará dos fuerzas: la de subida y la de arrastre (resistencia).

Arrastre es la fuerza en la dirección del flujo de aire, y la sustentación es la fuerza perpendicular al flujo del viento.

Tabla Nº 3 Eficiencia de máquinas de sustentación y arrastre

TIPO DE PROPULSIÓN	SUSTENTACIÓN	ARRASTRE
Eficiencia máxima (teórica)	16/27 = 59%	30%
Máxima eficiencia (práctica)	50%	15%

Fuente: Ing. Orbegozo, C., & Ing. Arivilca, R. (2010). Energía eólica "Manual técnico de pequeñas instalaciones". Green Energy.

b. Características del rotor

La característica más importante del rotor es la curva de potencia/velocidad del viento o Curva P-V. Esta curva nos da la potencia extraída del viento como una función de la velocidad del rotor. Las curvas están dadas por la fórmula:

$$P = C_p \frac{\rho}{2} A V^3$$

Ecuación Nº 3. Potencia del eje del rotor

Dónde:

A: área barrida por el rotor = ρR^2 [m²]

C_p: coeficiente de funcionamiento (o de potencia) [-]

P: potencia del eje del rotor [W]

V: velocidad del viento [m/s]

ρ: densidad del aire [kg/m³]

La cantidad de potencia que es extraída del viento depende de qué tan rápido gira el rotor. Si el rotor está quieto, no está produciendo nada y la potencia es cero. Si el rotor está girando muy rápido, la potencia es también cero. Entre estos dos valores está la velocidad óptima que da una potencia máxima a cierta velocidad de viento.

Teóricamente, el coeficiente C_p nunca puede ser mayor que $16/27 = 0.59$. En la práctica valores máximos razonables son:

Tabla N° 4 Coeficiente de funcionamiento

TIPO DE TURBINA	NORMAL	MÁXIMO
Bombas de agua	0.25	0.35
Cargadores de viento	0.35	0.40
Aerogeneradores grandes	0.45	0.50

Fuente: Ing. Orbegozo, C., & Ing. Arivilca, R. (2010). Energía eólica "Manual técnico de pequeñas instalaciones". Green Energy.

En la práctica casi todas las eficiencias de los sistemas serán mucho más bajas aún, debido a las pérdidas en el generador y porque a velocidades altas de viento, uno no desea toda la potencia que se pueda obtener.

2.1.9.2. Sistemas de control y seguridad

La función de estos sistemas es fijar límites en la potencia y en las fuerzas sobre la turbina. La potencia del viento se eleva con el cubo de su velocidad. Suponga que deseamos operar el rotor a su máximo $C_p = 0.4$ en todos los casos, entonces la potencia (para un rotor con una unidad de área barrida) sería de:

- A 4 m/s: $P = 16 \text{ W}$
- A 8 m/s: $P = 125 \text{ W}$
- A 12m/s: $P = 423 \text{ W}$

De otro lado, si queremos obtener la potencia máxima del viento a velocidades de viento menores: el rotor debe mantenerse perpendicular al

viento de una manera u otra, por ejemplo con una cola. Frecuentemente este mecanismo es combinado con el mecanismo de seguridad.

a. Tipos de sistemas de control y seguridad

- **Ningún sistema de seguridad**

Hay algunos aerogeneradores que no tienen sistemas de control/seguridad de potencia. En particular para aerogeneradores pequeños (donde el costo de materiales es relativamente bajo) puede resultar ser una opción simplemente hacer la turbina tan pesada que pueda soportar cualquier carga de viento.

- **Sistema de rotor excéntrico**

Tan pronto el aerogenerador se hace más grande, algo debe hacerse para limitar la potencia. Una estrategia común es darle al rotor una excentricidad pequeña. La cola se conecta al cabezal con una bisagra. El viento hará girar el rotor fuera de su dirección si las velocidades se elevan; al mismo tiempo la cola mantendrá la dirección del viento. Si se coloca un resorte entre el cabezal y la cola se crea un equilibrio de momentos.

- **Sistema de control del paso del álabe**

En lugar de mover el rotor también es posible girar los álabes. A velocidades de viento altas, el álabe cambia de ángulo para 'dejar pasar' el aire.

Básicamente esta idea no tiene nada de malo, pero en aerogeneradores pequeños los mecanismos de inclinación son generalmente muy costosos y poco confiables. No es tan difícil ver por

qué: debido a que los álabes deben girar, se requiere de algún tipo de soporte. Los soportes no funcionan bien cuando no están girando porque no se puede garantizar una buena lubricación. Por tanto tienden a atascarse, especialmente dado que es bastante difícil realmente sellar los soportes del ambiente.

2.1.9.3. Baterías

(Hermosa, 2009) dice que “Batería es la asociación de varios generadores, pilas o acumuladores, con el fin de tener mayor potencia eléctrica.” (p. 228)

(Bridgewater & Bridgewater, 2009) menciona que “Batería es un dispositivo que permite almacenar la electricidad con el fin de consumirla mas adelante.” (p. 182)

Gráfico N° 14 Baterías



Fuente: www.americanbattery.com.

Es poco satisfactorio que no haya una buena manera de almacenar electricidad que es extraída del viento, a excepción de algunos casos (como el bombeo de agua). Con la electricidad la única manera es usando una batería. Lamentablemente, éste es un componente con propiedades que dejan mucho que desear.

- Una batería tiene corta vida. Mientras que un molino o panel solar pueden usarse por 10 – 20 años, la vida de una batería es

generalmente 1,000 – 2,000 ciclos de carga/descarga. Si no hay ciclos de carga/descarga cada día, la batería dura aproximadamente 3 – 5 años.

- Una batería es pesada. Mucho peso (plomo) se requiere para almacenar poca electricidad. Generalmente se requieren 4 – 6 kilos para almacenar 1 kWh. Y sólo la mitad de la capacidad 'oficial' puede usarse si no se quiere estropear la batería muy rápidamente.
- Una batería tiene baja eficiencia. Sólo alrededor del 80% de lo que entra a la batería puede recuperarse. Ambas, la eficiencia de entrada y salida, son de alrededor del 90%.
- Existen muchas sustancias tóxicas y peligrosas en la batería: Como el plomo, ácido sulfúrico, o, alternativamente, el cadmio. Si hay un corto circuito, la batería se recalienta y puede escaparse ácido sulfúrico.
- Una batería requiere de mantenimiento: Regularmente casi todas las baterías deben recargarse con agua destilada.
- La cantidad de energía en una batería es difícil de determinar. La única manera de averiguar cuánta energía hay en una batería, es determinando la densidad del ácido que es un procedimiento bastante inexacto.

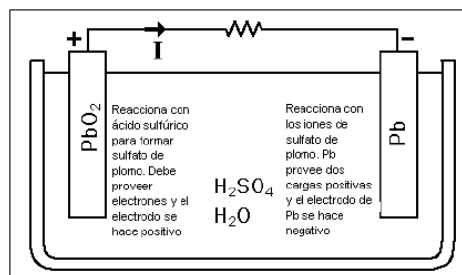
A pesar de todas estas desventajas las baterías son la única manera práctica de almacenar y transportar electricidad (si no hay red), por lo tanto estamos sujetas a ellas.

a. Principios de operación

Cualquier batería está hecha de un número de células conectadas en serie, por lo que sus voltajes suman un valor estándar, como 12 ó 24 V.

Una célula consta de dos electrodos (barras o planchas) con alguna sustancia química sobre ellos (por ejemplo, ácido sulfúrico). Entre los electrodos hay separadores. Durante la descarga hay una reacción química que genera electricidad, durante la carga esta reacción es invertida.

Gráfico N° 15 Reacción electroquímica



Fuente: Ing. Orbegozo, C., & Ing. Arivilca, R. (2010). Energía eólica "Manual técnico de pequeñas instalaciones". Green Energy.

b. Características

Las baterías son una ciencia en sí mismas, y algunas personas han dedicado sus vidas al estudio de las baterías. Algunas expresiones utilizadas con relación a las baterías son explicadas a continuación para que pueda discutir con un vendedor de baterías o comentar al respecto en sus reuniones.

La primera cosa que se debe saber acerca de las baterías es su capacidad. La capacidad de una batería es la cantidad de energía que se

le puede dar o recibir de ella. La unidad de carga es el amperio hora (Ah). Una batería con 80 Ah de capacidad puede (teóricamente) producir 8A durante 10 horas o 20 A durante 4 horas y así sucesivamente. Si es una batería es de 12 V, esto significa que la cantidad de energía es $12 \times 10 \times 8 = 960 \text{ Wh} = 0.96 \text{ kWh}$.

El estado de carga es la cantidad de energía aún disponible en la batería. Si el estado de carga es de 30% en la batería arriba mencionada, entonces $0.3 \times 0.96 \text{ kWh} = 0.29 \text{ kWh}$ están aún disponibles antes de que la batería se vacíe. En la práctica la máxima capacidad nunca puede utilizarse. Para la mayoría de las baterías es fatal vaciarlas completamente. En realidad las baterías de los carros no deben descargarse por más del 20 – 30 % (para que siempre haya un 70 – 80 % sobrante), y aún para baterías mejores las llamadas descargas profundas acortan su tiempo de vida.

La capacidad depende también del grado de descarga. A un grado bajo de descarga, puede usarse más energía de la batería que bajo un grado de descarga alto. El grado de descarga está designado como C; C/10 ó C10 significa que el grado de descarga es el grado que causa descarga completa en 10 horas.

Una secuencia de carga y descarga se llama ciclo. Un ciclo profundo significa que mucha energía ha sido liberada (digamos 70%). Un ciclo superficial significa lo opuesto.

La vida de la batería está definida como el número de ciclos después del cual la capacidad total cargada es sólo el 80% de lo que era al principio.

La auto descarga significa que la energía se pierde dentro de la batería, aún si no se le aplica carga alguna. La auto descarga es bastante rápida. Uno no debe sorprenderse si un porcentaje de la carga se pierde en un día.

La sobrecarga puede ocurrir cuando todo el material en la batería ha sido convertido a la forma de carga, la batería está "llena". Si la carga continúa pueden suceder diferentes reacciones químicas que producen oxígeno e hidrógeno. Esto se llama "gasificar". La gasificación lenta no es problema, es aún algo bueno ya que el líquido en la batería es mezclado. Algunos diferentes tipos de baterías son:

- Batería sellada que es completamente cerrada. No hay riesgo de contacto con el otro y no requiere de reposición de agua.
- Batería seca (gelled battery), donde el líquido es convertido en una especie de gelatina, impidiendo que fluya.
- Batería ventilada que tiene una especie de tapa especial que puede abrirse por seguridad.
- Stand by (también en flotación) significa que la batería se mantiene cargada todo el tiempo. Sólo se utiliza en emergencias.

2.1.9.4. Componentes electrónicos

a. Controlador de voltaje

Bridgewater & Bridgewater Gill (2009) menciona que “El controlador monitoriza la tensión del conjunto de baterías y envía potencia de la turbina a las baterías para recargarlas o, si las baterías están completamente cargadas, vuelca la potencia de la turbina en una secundaria.” (p. 73)

Un controlador de voltaje o regulador es necesario para evitar la sobrecarga y descarga profunda de las baterías. El tipo más sencillo de controlador simplemente revisa si el voltaje sobre los terminales de la batería no está muy alto. Básicamente es un transistor de circuito sencillo. Si el voltaje límite es alcanzado, la carga se desconectará hasta que el voltaje de la batería haya descendido hasta un cierto límite, o la carga pueda continuar a una proporción muy pequeña sólo para compensar la autodescarga. Como el voltaje es temperatura dependiente, los controladores de voltaje suelen tener dispositivos para compensar temperatura.

Gráfico N° 16 Controlador voltaje



Fuente: [www.proviento .com](http://www.proviento.com)

Los modelos más sofisticados también revisan si la batería no se ha descargado demasiado. Esto puede indicarse (por ejemplo con una luz) o la carga puede desconectarse.

Los controladores de estado sólido deben preferirse sobre los controladores con conmutadores de relay "antiguos" porque ofrecen mayor confiabilidad. A menos que sea un experto en electrónica, no es recomendable construir controladores usted mismo. Mejores son los que puede comprar.

b. Inversor de corriente

Bridgewater & Bridgewater Gill (2009) considera que “La función de un inversor es convertir la potencia continua de baja tensión entregada por la batería en una potencia alterna de alta tensión.” (p.184)

Un inversor es un dispositivo que convierte la corriente continua (CC) a corriente alterna (CA), se utilizan para artefactos que requieren CA (algunos artefactos o bombas de agua) o para hacer conexiones a una red CA.

Gráfico N° 17 Inversor



Fuente: www.proviento.com

c. Balastro (dump load)

Un balastro se utiliza cuando la batería está llena y el viento sigue soplando. Como no es aconsejable tener el rotor funcionando sin carga, la energía debe ser enviada a algún lugar. Un balastro es simplemente un resistor (o transistor de potencia) que puede concebirse como un calentador eléctrico. En algunos casos es posible hacer corto circuito en el generador (lo que actuará como un freno).

Gráfico N° 18 Balastro (resistor grande)



Fuente: Ing. Orbegozo, C., & Ing. Arivilca, R. (2010). *Energía eólica "Manual técnico de pequeñas instalaciones"*. Green Energy.

d. Cables

Además de la confiabilidad el único criterio para escoger cables es la caída de voltaje. Debido a que los sistemas eólicos a pequeña escala operan típicamente a bajos voltajes (12 ó 24V) los cables grandes se requieren para evitar grandes pérdidas de energía y caídas en el voltaje (si el voltaje cae mucho, los dispositivos no funcionarán más).

Incidentalmente, una mala conexión eléctrica en un sistema de bajo voltaje tiene el mismo efecto que el cable que es demasiado delgado: es una resistencia grande. Por tanto es una buena política revisar todas las conexiones meticulosamente.

Como regla general, una cantidad razonable de caída de voltaje es del orden del 5% del dispositivo de una batería. La caída del voltaje se calcula fácilmente con la Ley de Ohm:

$$\Delta U = I R = I \frac{\rho L}{A}$$

Ecuación N° 4. Ley de Ohm

Empleando la potencia eléctrica:

$$P = U I$$

Ecuación N° 5. Potencia eléctrica

Se halla:

$$\Delta U = \frac{P \rho L}{U A}$$

Dónde:

A: sección de cable [mm²]

I: corriente [A]

L: largo de cable (suma desde y hasta el dispositivo) [m]

P: potencia del dispositivo [W]

U: voltaje del sistema [V]

ΔU : caída de voltaje [V]

ρ : resistencia específica del cobre = 0.018 [Ωm]

Para hallar el tamaño de cable A (sección de cable), la fórmula puede reescribirse a:

$$A \geq \frac{\rho I L}{\Delta U} = \frac{\rho P L}{U \Delta U}$$

Ecuación N° 6. Sección del cable

De las fórmulas, puede verse que un sistema de 24 V es mejor que uno de 12 V porque hay menos caída de voltaje con los mismos cables y por lo tanto menor pérdida de energía.

2.1.9.5. Torre

La torre cumple con la función de llevar al rotor a una altura donde haya viento suficiente, es decir, por encima de los obstáculos cercanos. Se utilizan comúnmente tres tipos de torre:

- 1.- Torre tubular de acero
- 2.- Torre tubular de acero con tensores
- 3.- Torre estructural (con perfiles de acero)

❖ Tipos de torre

a) Torre tubular

Una torre tubular consiste de tubos de acero, conectados rígidamente a la base, generalmente construida de un bloque de concreto.

Gráfico N° 19 Torre de hierro tubular



Fuente: www.illinoiswindandsolar.com

»Ventajas

- La construcción es fácil de fabricar
- Prevención contra corrosión y pintura toman poco tiempo
- Los cables pueden colocarse dentro de la torre
- La torre puede construirse por partes que pueden unirse en el lugar elegido.

»Desventajas

- Si el mismo tamaño de tubo es utilizado para toda la torre, el stress de doblez (fatiga) más alto se da cerca a la base. Este stress determina el tamaño de la torre, haciendo el resto de la misma innecesariamente pesada. Por lo tanto, las torres para aerogeneradores grandes se hacen siempre de forma cónica, tienen menor diámetro a medida que suben
- La carga de viento en la torre es alta
- Subir por la torre puede ser difícil
- Los tubos pueden ser costosos

b) Torre tubular con tensores

Si la torre tubular está sujeta por tensores (tres o más) ya no tendrá que ser tan pesada porque los tensores toman fuerza. Sin embargo usar tirante requiere de bloques de concreto extra y más espacio. También los tensores generalmente deben revisarse para asegurarse de que no se hayan aflojado.

Gráfico Nº 20 Torre con tensores



Fuente: www.cecua.es

c) Torre estructural

Una torre estructural consiste en perfiles de hierro o de palos tubulares conectados. Puede ser triangular o cuadrada.

Gráfico Nº 21 Torre estructural



Fuente: www.smallwindenergy.ca

»Ventajas

- Es fácil de fabricar

- Se requiere de pocos materiales (porque la torre puede tener la forma deseada)
- Puede ensamblarse en el lugar y es fácil de transportar
- Las cargas de viento en la torre pueden ser menores
- La torre puede escalarse fácilmente

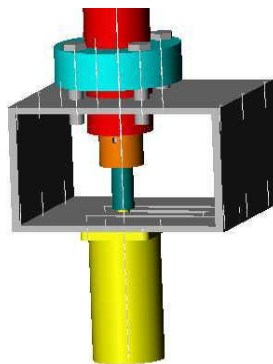
»Desventajas

- La construcción es una labor intensa, tanto para fabricarla como para ensamblarla
- Prevención de corrosión y pintado toman tiempo
- Se requiere de inspección continua de cerradura
- Los cables no pueden colocarse dentro.

2.1.9.6. Caja de engranajes

Una caja de engranajes es un componente muy delicado, y es difícil de fabricar. Es mejor evitarlas en cargadores de viento. Las cajas de engranajes se usan en aerogeneradores grandes, en esos casos siempre son fabricadas por firmas especializadas.

Gráfico N° 22 Esquema de una caja de engranajes para sistemas eólicos



Fuente: www.me.dal.ca

2.1.10. Instalación de un sistema eólico

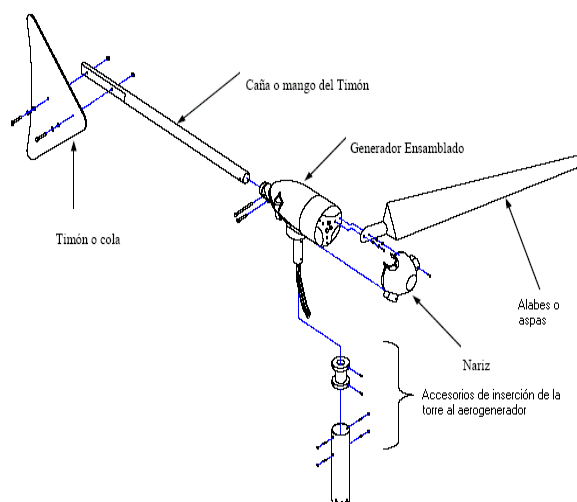
Como ejemplo de instalación, se ha tomado como modelo la instalación de un sistema eólico Whisper de 500 W de potencia. Previo a la instalación, se debe verificar lo siguiente:

- Todos los componentes del sistema, el aerogenerador y el inversor deben estar al mismo voltaje del banco de baterías.
- El voltaje de las baterías y la distancia, determinarán el calibre de los cables.
- En el subcapítulo “Guía de solución de problemas y reparaciones” se indica cómo cambiar el voltaje estándar al voltaje deseado.

2.1.10.1. Ensamblaje de la turbina eólica

Cada proveedor posee una técnica para el ensamblaje de su turbina eólica. Sin embargo, muchos pasos se asemejan entre ellos.

Gráfico Nº 23 Esquema de ensamblaje de una turbina eólica o aerogenerador

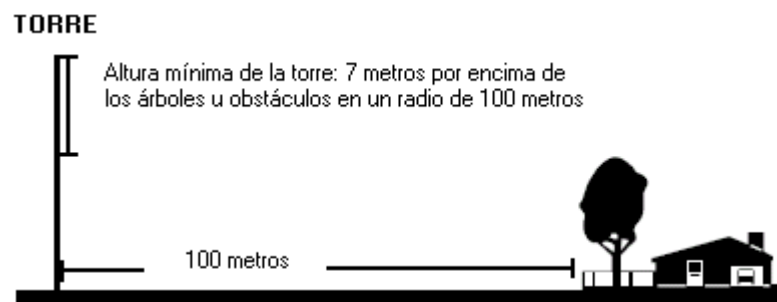


Fuente: www.manualdelusuario,whisper500.com

2.1.10.2. Instalación de la torre

La altura mínima de la torre debe ser de 7 metros por encima de los árboles u obstáculos en un radio de 100 m. La carga de empuje lateral en el extremo de la torre debe corresponder al modelo del aerogenerador (valor dado por el proveedor). El punto más alto del terreno o lugar de instalación, es generalmente el mejor; recuerde que la distancia del aerogenerador al banco de baterías y su voltaje, determinan el calibre adecuado de los cables. Una torre autoportante ocupa menos área de terreno que una torre soportada con cables (riendas, obenques, tirantes), pero es más costosa. Un diseño de torre pivotada permite una instalación sencilla y un mantenimiento fácil en tierra, eliminando la necesidad de escalar.

Gráfico N° 24 Consideraciones para instalar la torre



Fuente: www.manualdelusuario,whisper500.com

2.1.10.3. Instalación del Sistema Central de Distribución

Instale el regulador de carga y el fusible del inversor (sí se usa) al polo positivo de las baterías. En la siguiente figura se detalla esta instalación.

El regulador deberá estar sobre una superficie resistente al calor. Localícelo a 3 m. máximo del banco de baterías. Conecte el regulador CC+ y el CC- a las baterías, usando los cables del calibre correspondiente (CC = corriente continua).

Gráfico N° 25 Instalación del SCD y el transformador

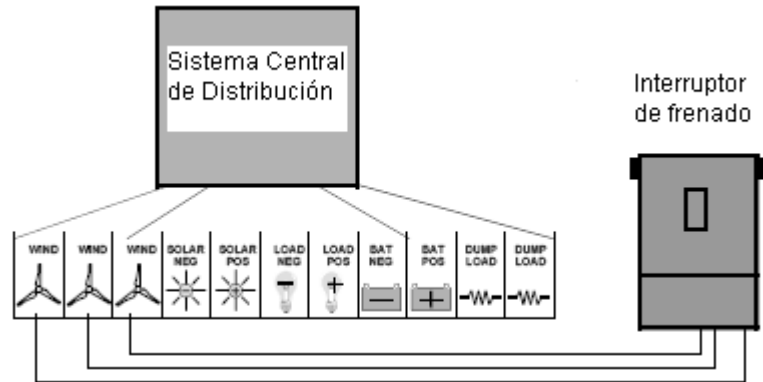


Fuente: www.manualdelusuario,whisper500.com

2.1.10.4. Instalación de un interruptor de frenado

Se utiliza instalado al lado del regulador, solamente en aerogeneradores de más de 3000 W de potencia pico (a bajo voltaje: 12, 24, 48 V) o cerca del transformador de un aerogenerador de más de 3000 W de potencia pico (a alto voltaje: 240 V). Se utiliza el cable propuesto por el proveedor, conectando el interruptor a los terminales de WIND (aerogenerador) en el sistema central de distribución (denominado EZ200 en la siguiente figura)

Gráfico N° 26 Conexión del interruptor de frenado al SCD



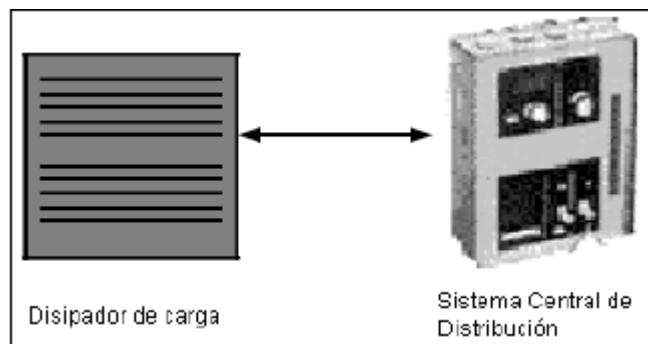
Fuente: www.manualdelusuario,whisper500.com

2.1.10.5. Instalación del disipador de carga

Instale la caja de resistencias (disipadores de carga) sobre una superficie resistente al calor. El disipador de carga produce calor cuando las baterías están cargadas.

Este componente se ubica al lado del Sistema Central de Distribución o donde se necesite calor. Vea el Cuadro N° 10 para calibre de cables para aumentar la distancia entre el disipador de carga y el regulador.

Gráfico N° 27 Conexión del disipador de carga al SCD

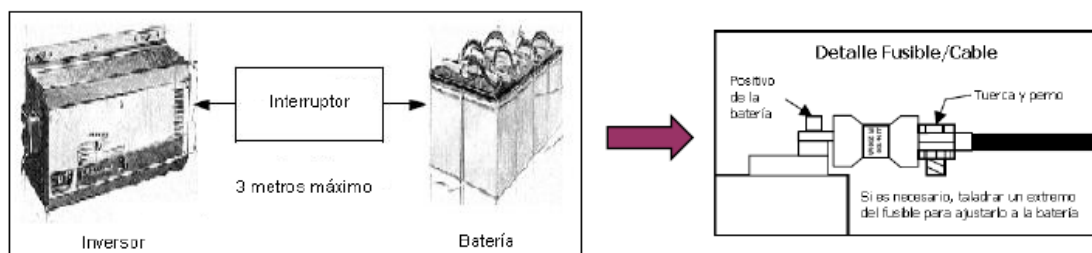


Fuente: www.manualdelusuario,whisper500.com

2.1.10.6. Instalación del inversor de corriente

Se debe instalar sobre una pared o estantería. Instale un interruptor entre el inversor y el polo positivo de las baterías. Use los cables que se incluyen en el cuadro siga las instrucciones del fabricante del inversor.

Gráfico N° 28 Conexión del inversor al SCD



Fuente: www.manualdelusuario,whisper500.com

2.1.10.7. Instalación de las baterías

a. Tamaño de baterías

Los sistemas de fábrica contienen el banco de baterías sugerido. En la tabla siguiente se presente una serie de aerogeneradores y el tamaño mínimo de baterías requerido.

Tabla N° 5 Tamaño mínimo de baterías

Potencia del aerogenerador (W)	450	900	950 – 1000	3000
Voltaje del banco de baterías	12	24	24	48
Mínimo Amperios-hora (estimado para 20 horas)	200 (2 baterías)	200 (4 baterías)	400 (8 baterías)	400 (16 baterías)
Mínimo Kilowatt-hora (Volt x Amp x horas / 1000)	2	4	8	16

Fuente: Ing. Orbegozo, C., & Ing. Arivilca, R. (2010). *Energía eólica "Manual técnico de pequeñas instalaciones"*. Green Energy.

b. Selección del lugar para instalar las baterías

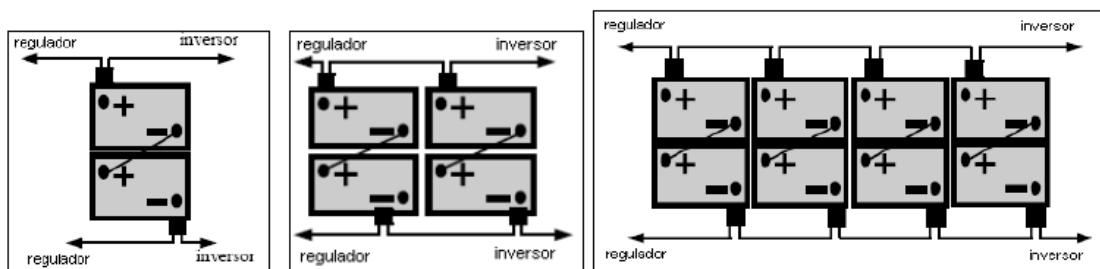
Ubique las baterías en un lugar fresco, seco y deshabitado. Ponga a funcionar la energía AC desde el inversor hasta la casa o sitio de consumo. Si las baterías están en un lugar habitado, este debe ser cerrado y tener suficiente ventilación.

Siga los códigos de seguridad de cada país. Observe los siguientes diagramas para la instalación, según las configuraciones del sistema en serie / paralelo.

Determine la configuración en serie/paralelo y construya un estante, o monte las baterías sobre un mueble resistente, en madera tratada. Deje 5 cm. alrededor para ventilación.

Deje 60 cm. de separación vertical para el acceso a los terminales y revisión del agua destilada.

Gráfico N° 29 Configuraciones serie / paralelo para 12 Voltios



Fuente: Ing. Orbegozo, C., & Ing. Arivilca, R. (2010). *Energía eólica "Manual técnico de pequeñas instalaciones"*. Green Energy.

c. Selección de los cables

Para la selección de los conductores de deben seguir las instrucciones del proveedor para el cableado de las baterías al inversor.

Proteja todas las conexiones con grasa o protector de corrosión, disponibles en cualquier ferretería o tienda de repuestos automotrices.

Los siguientes cuadros se usan para determinar el calibre de cable requerido, según la distancia, (en una dirección) para conectar los componentes CC.

Tabla Nº 6 Máxima distancia en metros para cables de cobre de diferente calibre

Voltaje de batería	12	12	12	12	24-36	24-36	24-36	48-72	48-72	120	120	240	240
Amperios	400	200	100	50	200	100	50	100	50	50	25	25	10
Tamaño del cable	EN METROS												
AWG													
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	90	180	450
8	-	-	-	6	-	-	11	-	22	60	120	230	600
6	-	-	3.5	7	-	7	14	14	30	75	150	290	750
4	-	-	4.5	9	-	9	18	18	36	90	180	360	900
3	-	-	6	11	-	11	22	22	45	120	230	450	1200
2	-	3.5	7	14	7	14	30	30	60	150	290	600	1500
1	-	4.5	9	18	9	18	36	36	75	180	360	750	1800
0	-	6	11	22	11	22	45	45	90	230	450	900	2300
2/0	-	7	14	30	14	30	60	60	120	290	600	1200	3000
3/0	-	9	18	36	18	36	75	75	150	360	750	1500	3600
4/0	6	11	22	45	22	45	90	90	180	450	900	2000	4500

Fuente: Ing. Orbeagozo, C., & Ing. Arivilca, R. (2010). *Energía eólica "Manual técnico de pequeñas instalaciones"*. Green Energy.

Tabla Nº 7 Conversión de calibre AWG a calibre métrico

Calibre AWG	14	12	10	8	6	4	3	2	1	0	2/0	3/0	4/0
Diám. pulg.	0.0641	0.081	0.102	0.129	0.162	0.204	0.229	0.258	0.289	0.325	0.365	0.41	0.46
Diám. m ²	1.628	2.057	2.591	3.277	4.115	5.182	5.817	6.553	7.341	8.255	9.271	10.41	11.68

Fuente: Ing. Orbeagozo, C., & Ing. Arivilca, R. (2010). *Energía eólica "Manual técnico de pequeñas instalaciones"*. Green Energy.

2.2. Marco legal

Ecuador ha tenido, importantes cambios a nivel legislativo y regulatorio, como fue, en 2008, la aprobación de una nueva Constitución. A través de este texto, el Estado se compromete a promover la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua.”

La Constitución Política de la República del Ecuador, siendo la normativa más importante del país nos manifiesta en su artículo 14 que: “Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kausay*”.

La normativa relativa a la electrificación rural vienen marcada fundamentalmente por la Ley del Régimen del Sector Eléctrico (LRSE), en la que se especifica que el Estado promoverá los proyectos de desarrollo de electrificación rural y urbano - marginal, y las obras de electrificación destinadas a la provisión de agua potable. Además se establece el Fondo de Electrificación Rural y Urbano - Marginal (FERUM).

El proyecto, se sujeta a las disposiciones que el estado Ecuatoriano se ve comprometido con sus disposiciones partiendo desde la constitución quien es la matriz de las leyes que rigen actualmente al nuestro país, encontrando aquí que nuestro país está comprometido con el buen vivir de sus habitantes y además con la preservación del medio ambiente esto nos da la vialidad de encontrar nuevas tendencias innovadoras de generación eléctrica.

2.2.1. Disposiciones fundamentales

En el Capítulo I; de la Ley del Régimen del Sector Eléctrico, ART. 1.- Deber del Estado dice: "El suministro de energía eléctrica es un servicio de utilidad pública de interés nacional"; por lo tanto, es deber del Estado satisfacer directa o indirectamente las necesidades de energía eléctrica del país, mediante el aprovechamiento óptimo de recursos naturales, de conformidad con el Plan Nacional de Electrificación.

Por otra parte, el CONELEC en la regulación N° 004/11, pone a consideración que, el artículo 63 de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico, establece que el Estado fomentará el desarrollo y uso de los recursos energéticos no convencionales a través de los organismos públicos, la banca de desarrollo, las universidades y las instituciones privadas;

Que, la seguridad energética para el abastecimiento de la electricidad debe considerar la diversificación y participación de las energías renovables no convencionales, a efectos de disminuir la vulnerabilidad y dependencia de generación eléctrica a base de combustibles fósiles;

Citando lo más importante que justifica el tema de investigación, lo cual sustenta el cálculo del costo beneficio del mismo, encontrando una tarifa de remuneración a reconocerse por la energía medida en el punto de entrega, expresados en centavos de dólar de los Estados Unidos de Norteamérica, por kWh.

Se realiza en relación a la Regulación aprobada por el Directorio del CONELEC, en sesión de 12 de enero de 2012.

Tabla N° 8. 15 Precios preferentes Energía Renovable (ctvs. USD/KWh)

Centrales	Territorio continental	Territorio insular de Galápagos
Eólicas	9.13	10.04
Fotovoltaicas	40.03	44.03
Solar termoeléctrica	31.02	34.12
Corrientes marinas	44.77	49.25
Biomasa y biogás < 5 mw	11.05	12.16
Biomasa y biogás > 5 mw	9.60	10.56
Geotérmicas	13.21	14.53

Fuente: www.conelec.gob.ec

2.3. Glosario de términos

Debido a la gran diversidad de especialidades técnicas que utilizan el presente proyecto, es necesario comenzar con una lista de definiciones que ayudarán a comprender mejor los términos técnicos utilizados.

- **Energía.-** Es la capacidad de realizar un trabajo. La energía eléctrica consumida será la cantidad de potencia consumida en un determinado periodo de tiempo, el trabajo realizado se mide en kilovatios hora (kWh)
- **Área (barrido) del rotor:** El área que cubre al girar el rotor del aerogenerador, calculada con la fórmula $A = \pi R^2$, donde R es el radio del rotor.
- **C.C.:** Corriente Continua
- **C.A.:** Corriente Alterna
- **SCD:** Sistema central de distribución

- **CONELEC:** Consejo Nacional de Electricidad.
- **Densidad de aire:** La cantidad de masa contenida en una unidad de volumen.
- **Emplazamiento:** Lugar en donde se va a instalar un aerogenerador.
- **Góndola:** El cuerpo de una turbina eólica tipo-hélice, conteniendo la caja de engranajes, el generador, el núcleo del rodete, y otras partes.
- **Ley de Betz:** Esta ley dice que sólo puede convertirse menos de $16/27$ (59 %) de la energía cinética en energía mecánica usando un aerogenerador.
- **Potencia nominal:** Por ejemplo, si un aerogenerador tiene una potencia nominal (la que figura en la placa) de 1000 kW, indica que producirá 1000 kilovatios-hora (kWh) por hora de funcionamiento, cuando trabaje a rendimiento máximo.
- **Ráfaga:** Momentos de viento en los cuales cambia rápidamente la velocidad y la dirección predominante. En áreas cuya superficie es muy accidentada y tras obstáculos como edificios, también se producen este tipo de turbulencias, con flujos de aire muy irregulares, con remolinos y vórtices en los alrededores
- **Turbulencia:** Los cambios en la dirección y velocidad del viento, frecuentemente ocasionados por obstáculos.

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

Uno de los aspectos indispensables en la aplicación del proyecto es la investigación, ya que en ella se encuentran aspectos tanto técnicos como teóricos que sirven para encontrar una solución a los diversos problemas que se encuentran.

En el proyecto tecnológico se utilizó la investigación documental, de campo así como la como la tecnológica ya que en ellas se encuentra información necesaria para respaldar el trabajo así como la ejecución de la misma.

3.1.1. Investigación de campo

Este tipo de investigación se puede decir que es un método en el cual para obtener información se requiere ir al lugar de los hechos, en donde se podrá constatar de forma visible el problema y poder plantear una solución o también poder conseguir información.

En el proyecto la investigación de campo se realizó en el sector El Tablón de la comunidad Naranjito, en donde se determinaron todos aspectos necesarios para la colocación del aerogenerador, así como la potencia que se puede generar con el viento y los factores como factibilidad para emplazamiento del generador.

3.1.2. Investigación bibliográfica y documental

La investigación bibliográfica y documental es la que se encuentra plasmada en los documentos bibliográficos las cuales permitieron recoger información para luego ser analizadas y aplicadas. Este tipo que se investigó en archivos, libros, enciclopedias, manuscritos, internet y cualquier otra clase de material escrito donde se encuentre aspectos del tema de investigación.

3.1.3. Investigación tecnológica

Es el conocimiento organizado y formalizado de diferentes técnicas o el conjunto de conocimientos que ayudaron para la creación de bienes nuevos, esta nos permite ahorrar esfuerzos y optimizar recursos.

Esta investigación está dirigida a crear un servicio utilizando la información y el recurso financiero para poder implementar este trabajo y hacerlo realidad, por esta rama de la investigación es que hoy el mundo cuenta con grandes avances científicos que la humanidad ha sido fiel testigo del desarrollo que ésta investigación va generando como la implementación de energías renovables.

3.2. Métodos

3.2.1. Método inductivo

Este método nos dice que, es el procedimiento a través del cual el investigador recoge datos sin partir de supuestos ciertos para después por analogía y en base al indicio propuesto, clasificar, analizar e interpretar esos datos y obtener conclusiones generales.

El proyecto parte de una información básica dando un enfoque a la importancia y beneficios de una generación eólica partiendo de la observación del caso específico para su previo análisis y sacar conclusiones en un ámbito general.

3.2.2. Método deductivo

El método deductivo sigue un proceso sintético – analítico,...se presenta conceptos, principios, definiciones, leyes o normas generales, de las cuales se extraen conclusiones o consecuencia en las cuales se aplican; o se examinan casos particulares sobre la base de las afirmaciones generales presentadas”. El método deductivo se aplicó partiendo de toda la información que se recopiló del diseño, diagnóstico, dándonos como resultado el planteamiento de soluciones a cada caso del sistema eólico.

3.2.3. Método analítico sintético

Este método ayudó para desmembrar un todo, en los elementos para luego observar su naturaleza, es decir que permitió analizar cada uno de los componentes del sistema de generación eólico para tener una idea general y luego sacar conclusiones.

3.2.4. Método matemático estadístico

Entre los datos estadísticos parte de los datos recopilados del flujo de aire que corre en el lugar, de esta manera se determinó la carga y potencia nominal que requiere la instalación y determinar todos los aspectos que con lleva la estructura de una estación eólica. Los conocimientos adquiridos durante todo el período académico, como

también utilizando los conocimientos investigativos y demás instrumentos ayudaron a encaminar al desarrollo del proyecto.

3.3. Técnicas e instrumentos

De las diversas técnicas e instrumentos de investigación, en el proyecto se ayudó con la técnica de observación, la cual consiste en observar fenómenos, situaciones, hechos, casos, acciones y objetos con el fin de obtener información explícita para la investigación.

3.4. Esquema de la propuesta



Elaborado por: Autores

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS DE DATOS

4.1. Análisis e interpretación de resultados

Todos los datos recopilados durante los meses del cronograma fueron necesarios e importantes para la elaboración de este proyecto, y dar el uso adecuado, según los requerimientos que se presentaron en el problema y dar las propuestas para la solución del mismo.

De acuerdo al planteamiento del capítulo I, el análisis que se realizó para la elaboración del presente trabajo fue diverso; se tomó en cuenta los datos recopilados de la medición del flujo de aire que circula en el sector El Tablón de la comunidad Naranjito mediante el equipo de medición Kestrel 4000NV, a una altura de 9,5 metros de la superficie de tierra y a 3052 metros sobre el nivel mar para posteriormente ser analizados cuidadosamente y tener una clara idea de elección del sistema a utilizarse para la implementación del sistema eólico en la cabaña El Sol.

Para una adecuada adquisición de equipos de generación eólica se examinó los datos recopilados de los principales proveedores de equipos de generación eólica en el Ecuador.

Mediante el uso de los datos proporcionado por EMELNORTE SA donde se representan los equipos o artefactos de mayor consumo de energía en un hogar se realizó el análisis para del diseño y dimensionamiento de la carga que debería alimentar este sistema eólico aplicado a una cabaña.

4.1. Proveedores de sistemas eólicos a pequeña escala existentes en el Ecuador.

Este análisis tiene un alcance de carácter nacional, propone a los ciudadanos una tecnología de abastecimiento por medios limpios y renovables y busca satisfacer las necesidades de energía del país.

Dentro de una economía globalizada, la competitividad de un país es uno de los parámetros más importantes que debemos tratar de mejorar. Esta puede realizarse a través de la reducción de los costos y consumos energéticos, lo cual permitirá prolongar la duración de nuestras reservas energéticas y preservar el ambiente.

Se ha considerado necesario que la ciudadanía en general cuente con una alternativa en momentos de escasez. El proyecto que se presenta cumple con este fin: informa, provee y satisface la demanda; unifica conceptos entre demanda y oferta y sugiere técnicas de uso eficientes de energía.

Consideramos que el proyecto descrito ha demostrado una posibilidad real de lograr en forma sostenible una opción técnica y limpia de generación eléctrica eólica, razón por la cual el gobierno debe especialmente considerarlo como una alternativa en planes de vivienda y desarrollo.

En nuestro país se tiene muchas empresas comprometidas a brindarnos de la mejor tecnología en sistemas de energía renovable, así como también tenemos varios sistemas representativos instalados alrededor de nuestro país. En las empresas de mayor renombre a nivel nacional nos presentan una variedad de sistemas eólicos, en cuanto a marcas, modelos, tipos y la capacidad de generación.

Entre las empresas más representativas de nuestro país tenemos.

Tabla Nº 9 Proveedores de sistemas eólicos a nivel nacional

Empresa	Lugar	Proveedores en:
Proviento	Quito-Ecuador	EXMORK
RENOVAENERGIA S.A.	Quito-Ecuador	Lakota y Long- Bow
Enerpro	Quito-Ecuador	Air-X

Fuente: Los Autores

Existen dos clases de aerogeneradores de acuerdo a su rango de Potencia (kW), denominada como: pequeña potencia de 0.1 – 10 kW; mediana potencia de 11 – 1000kW; y gran potencia más de 1000kW

Los equipos eólicos de pequeña potencia vienen representados con las características específicas y dependiendo de su capacidad de generación los elementos que complementan al sistema eólico y entre ellos se puede señalar los siguientes:

Tabla Nº 10 Equipos para sistemas eólicos de pequeña potencia

Aerogeneradores				
Descripción	Capacidad de generación			
Potencia nominal	500W	1500W	2000W	3000W o más
Diámetro del Hélice	2,5m	3,2m	3,6m	4m
Velocidad de arranque	2,5m/s	3,0m/s	4,0m/s	4,0m/s
Velocidad potencia nominal	9m/s	9m/s	10m/s	12m/s
Rotación potencia nom.	450 rpm	380 rpm	400 rpm	350 rpm
Curva de potencia	(W);(m/s)	(W);(m/s)	(W);(m/s)	(W);(m/s)
Controladores				
Modelo	Potencia			
SunSaver SS	12 V o 24V/ 20A			
Controlador "PMW"	12V/125A			
SunLight S	12V/10A y 20A			
ProStar PS-15 o PS-30	12V o 24V			

Solar Home SH	12 V / 6A o 10A
Baterías	
Modelo	Potencia
MILLENIUM Bateria de 85Ah/12V	12 VDC;/85 Ah C10h (89Ah C20)
MILLENIUM Bateria de 115Ah/12V	12 VDC/115 Ah C10h (121Ah C20)
Bateria SLA	12V/150AH
UN200-12	12V/ 200AH
Inversores	
Sensor	Potencia
Inversor 4KVA	48V ; 4000VA; 110VAC/ 60Hz
Inversor 2KVA	24VDC o 48VDC ; 2000VA ;110VAC/ 60Hz
Inversor 1KVA	12VDC o 24VDC; 1000VA; 110VAC/ 60Hz
Inversor 500VA	12VDC; 500VA; 110VAC/ 60Hz
Inversor de inyección a la red	220VAC/ 110VAC, 60Hz; Entrada solar: 1320Wp # strings 2
SUNNYBOY SB-1200	Salida a la red: 1200WAC
Con transformador	Voltaje entrada: 100-320 VDC
Torres	
Modelo	Descripción
Torre venteadada/12m/acero galvanizado:	Construcción de una torre venteadada de 12m, por tubos de acero galvanizado de 6m, tensores de acero galvanizado de 4mm en 3 niveles, base y ginpole
Torre tubular 14,6m	Sistema de montaje, por elevación desde el suelo superior de la torre; Resistente a ráfagas; 3 acoplamientos por compresión; Base con adaptadores para cableado; Tensor 6,35mm
Torre tubular 7,6m	Sistema de montaje, por elevación desde el suelo superior de la torre; Resistente a ráfagas; 3 acoplamientos por compresión; Base con adaptadores para cableado; Tensor 6,35mm
Hormigón Armado 9m	Resistencia en kg (350/500); Empotramiento 1,40m
Hormigón Armado 11m	Resistencia en kg (350/500); Empotramiento 1.60m
Hormigón Armado 11,50m	Resistencia en kg(4000/500); Empotramiento 1.65m
Hormigón Armado 9m	Resistencia en kg (500); Empotramiento 1,70m

Fuente: Los Autores

4.2. Medición del flujo de aire en el sector El Tablón de la comunidad Naranjito.

Análisis de los datos y las curvas del comportamiento del viento realizado en los meses de junio a septiembre 2012. Estos datos son generadas por el software del anemómetro “Kestrel 4000NV” y vienen dadas en términos de velocidad vs horas, día, mes.

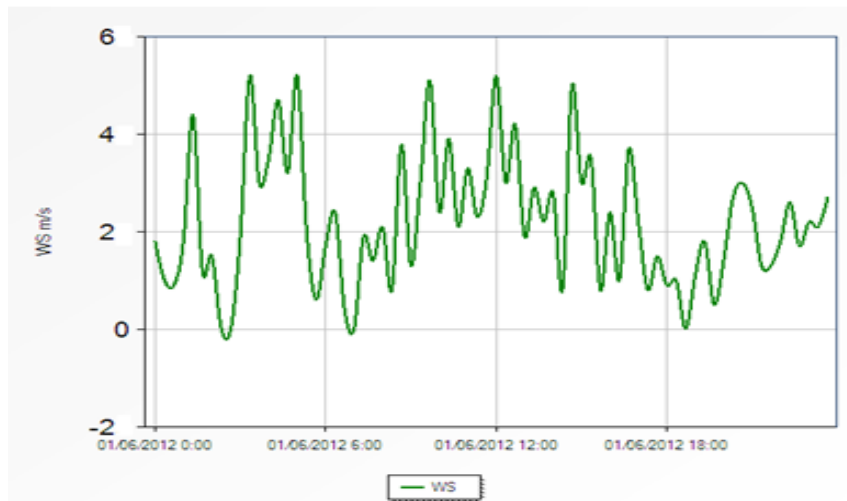
4.2.1. Medición del viento en un día (01 de junio 2012)

Tabla 14 Frecuencia del viento 1 día (01/06/2012)

HORA	01/06/2012	HORA	01/06/2012
0:00	1,8	12:00	5,2
0:20	1	12:20	3
0:40	0,9	12:40	4,2
1:00	1,8	13:00	1,9
1:20	4,4	13:20	2,9
1:40	1,2	13:40	2,2
2:00	1,5	14:00	2,8
2:20	0	14:20	0,8
2:40	0	14:40	5
3:00	1,9	15:00	3
3:20	5,2	15:20	3,5
3:40	3	15:40	0,8
4:00	3,5	16:00	2,4
4:20	4,7	16:20	1
4:40	3,2	16:40	3,7
5:00	5,2	17:00	2,2
5:20	2	17:20	0,8
5:40	0,6	17:40	1,5
6:00	1,7	18:00	0,9
6:20	2,4	18:20	1
6:40	0,4	18:40	0
7:00	0	19:00	1,1
7:20	1,9	19:20	1,8
7:40	1,4	19:40	0,5
8:00	2,1	20:00	1,4
8:20	0,8	20:20	2,7
8:40	3,8	20:40	3
9:00	1,3	21:00	2,5
9:20	3	21:20	1,3
9:40	5,1	21:40	1,3
10:00	2,4	22:00	1,8
10:20	3,9	22:20	2,6
10:40	2,1	22:40	1,7
11:00	3,3	23:00	2,2
11:20	2,3	23:20	2,1
11:40	3,1	23:40	2,7

Fuente: Los Autores

sGráfico N° 30 Comportamiento de la velocidad del viento en 1 día (01/06/2012)



Fuente: Los Autores

4.2.2. Medición del viento en una semana (1ra. semana de junio)

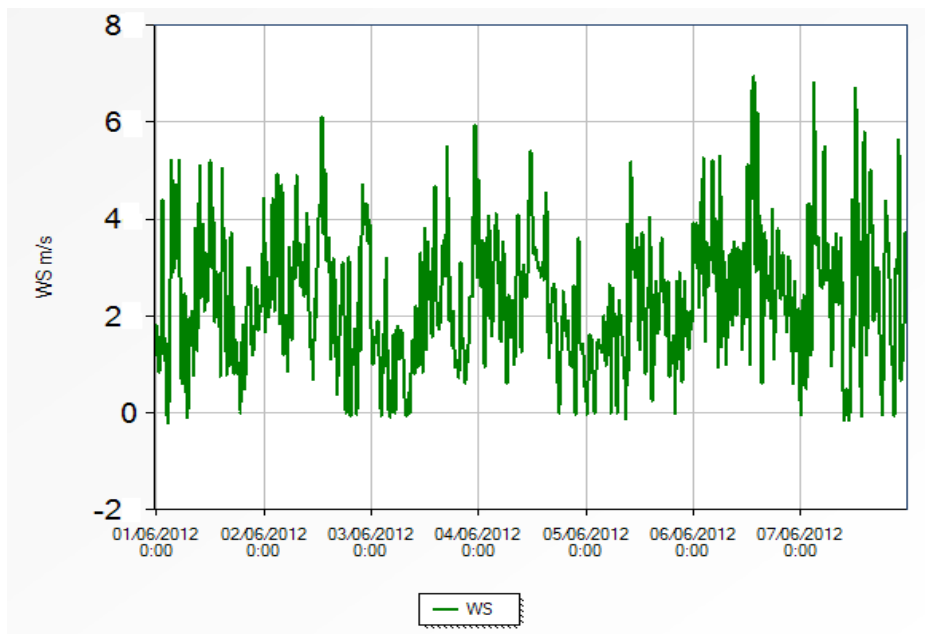
Tabla N° 15 Frecuencia del viento en la 1ra semana de junio

HORA	1	2	3	4	5	6	7	HORA	1	2	3	4	5	6	7
0:00	1,8	4,4	1,8	4,8	0,5	3,9	0	12:00	5,2	3,5	3,8	4,2	1,3	4,6	1,4
0:20	1	1,7	1	3,3	0	3,1	0,7	12:20	3	4,1	1,3	3,3	2,7	4,8	6,7
0:40	0,9	3,1	1,4	2,6	1,4	3,9	2,4	12:40	4,2	4,4	3,5	3,4	3,7	1	2,9
1:00	1,8	2	1,5	3,5	1,6	3,4	1,6	13:00	1,9	6,1	2,5	3,2	1,9	5,9	4,3
1:20	4,4	2,4	1,9	1	1,4	2,2	0,6	13:20	2,9	3,7	2,5	3	0,8	6,7	1,6
1:40	1,2	3,1	1,6	1,9	0,6	4,3	4,2	13:40	2,2	5	1,6	3	2,1	6,6	0
2:00	1,5	4,4	0,4	3,5	0	3,8	3,3	14:00	2,8	3,2	3,8	2,8	2,3	2,9	4
2:20	0	2,1	0	4	1	5,2	1,2	14:20	0,8	3,5	4,6	3,1	4	6,2	5,7
2:40	0	3,9	1,6	2,2	1,5	1,5	2,6	14:40	5	3,4	2,2	2,8	0,6	3	1,4
3:00	1,9	4,9	1	1,6	1,4	3,5	6,8	15:00	3	1,1	1,8	3,8	0,5	4	2,1
3:20	5,2	2,8	3,2	2,8	1,3	2,6	3,8	15:20	3,5	2,9	1,8	2,6	2	0,7	4
3:40	3	1,9	0,7	3	1,3	3,2	3,5	15:40	0,8	3,1	2,5	2	2,7	1,6	5
4:00	3,5	4,7	0	4,1	2	3,5	3,6	16:00	2,4	2,1	3,4	0,8	1,7	3,7	3,8
4:20	4,7	1,4	0	3,4	1,2	5,2	2,7	16:20	1	0,4	3,5	0	1,9	2,4	1,9
4:40	3,2	1,6	0,7	2,3	1	2,9	2,7	16:40	3,7	1,2	2,9	1,1	2,8	2,8	3
5:00	5,2	2	1,6	1,5	1,6	4	2,8	17:00	2,2	1,8	5,5	1,6	3,6	2,7	2,1
5:20	2	0,9	0	3,4	2,6	2,9	5,5	17:20	0,8	2,4	2	2,5	2,6	2	3
5:40	0,6	3,4	1,6	3,2	0	1	2,8	17:40	1,5	3,1	2,8	1,9	2,2	4,2	2
6:00	1,7	2	1,7	1,8	2,5	5,3	3,5	18:00	0,9	1,8	1,4	0	1,6	1,2	0,8
6:20	2,4	1,6	1,1	0,6	1,8	1,4	3	18:20	1	0	2,1	1,1	2,7	1,9	0
6:40	0,4	3,5	1,7	2,4	1,9	3,3	2,1	18:40	0	1,2	1	1,6	0,8	2,7	2
7:00	0	2,8	1,4	1,6	0	2,4	1	19:00	1,1	3,2	1,1	2,5	1,3	3,8	4,3
7:20	1,9	4,9	0,7	1,7	2,2	1	3,4	19:20	1,8	0	0,9	1,9	1,4	2,6	3,7
7:40	1,4	3,1	0	2,3	2	2,1	2,3	19:40	0,5	0,9	0,9	1,6	1,5	2,4	3,4
8:00	2,1	3,5	0	1	1,6	3	3,7	20:00	1,4	1,1	3,1	1,9	0	3,3	2,5
8:20	0,8	2,6	0,4	2,1	1,2	3,2	2,4	20:20	2,7	1,7	1,6	1,1	2,7	2,5	1,2
8:40	3,8	3,1	0	3,9	0,8	1,8	2,4	20:40	3	0	1,4	1	1,1	2,1	0,9
9:00	1,3	2,4	1	3,8	0	3,5	3,6	21:00	2,5	0,8	0,6	1,1	2,9	1,7	0
9:20	3	3,3	1,5	2	3,9	2,9	1,8	21:20	1,3	3,4	1,3	2,6	1	3,2	3
9:40	5,1	4,1	0,8	1,3	0,9	2	0	21:40	1,3	1,3	1,1	0	0,8	2,6	3
10:00	2,4	2,5	2,2	3	5,1	3,4	0	22:00	1,8	4,6	2,3	1,3	2,7	2	5,6
10:20	3,9	1,4	1	2,5	3,5	2,6	0,5	22:20	2,6	3,9	2,4	3,6	1,6	0,6	0,9
10:40	2,1	1,5	1,4	2,4	3,3	3,3	0	22:40	1,7	4,1	2,7	1,6	2,1	2,7	1,4
11:00	3,3	0,7	3,3	3	2,8	1,3	0	23:00	2,2	4,3	5,4	1,3	1,3	1,3	1,2
11:20	2,3	2,3	1,2	4,4	3,6	3,5	1,8	23:20	2,1	3,5	5,7	1,4	2,1	1,9	3,6

11:40	3,1	2	1,1	5,4	3,2	2	4,4	23:40	2,7	3,9	2,8	0,6	1,8	2	3,3
-------	-----	---	-----	-----	-----	---	-----	-------	-----	-----	-----	-----	-----	---	-----

Fuente: Los autores

to de la velocidad del viento en la 1ra semana de junio



Fuente: Los Autores

4.3. Análisis estadístico del comportamiento de la velocidad del viento.

Dentro de las consideraciones que se propuso está el análisis de la estadística descriptiva con los datos de la muestra tomada donde se analiza lo que ocurre con el comportamiento del viento registrado por el anemómetro “kestrel 4000NV”.

Del análisis de dichos datos se determinó específicamente que velocidad del viento existe en la zona. Para dicho análisis se empleó herramientas de uso estadístico para tener una mejor comprensión del comportamiento del viento. Estas herramientas son de uso frecuente en este tipo de análisis por la fidelidad que presentan en dichos menesteres. Herramientas estadísticas tales como la media de los meses, su varianza, y demás datos estadísticos de cada mes. Dispersión

sirvió para ver como varían los datos de cada mes muestreado por el anemómetro.

4.3.1. Aplicación de la estadística descriptiva

Para la aplicación del proyecto se realizó las medidas de diferentes variables como, la velocidad del viento, temperatura, presión, altura de las que se obtienen una serie de datos, las cuales mediante la utilización de la estadística se da explicación a los fenómenos registrados con cálculos y gráficos que indican las medidas que generalizan a los datos.

- Datos estadísticos.- Es la cantidad de datos o información recorrida de un suceso o fenómeno. Para el caso del proyecto se toma como la población a los datos obtenidos en las mediciones hechas del viento a partir del mes de junio.
- Variable.- Es la cantidad medible de cualquier suceso o acción que experimente un cambio, a la cual se le puede asignar un valor cualquiera de un conjunto determinado de datos.

a.- Muestra

- Probabilístico o aleatorios: Tipo de muestreo que se obtiene mediante sorteo de los individuos que la forman teniendo así, cada individuo la misma posibilidad de pertenecer a la muestra, permitiendo calcular el posible error de la muestra.
- No probabilística: Tipo de muestreo en el que no es posible estimar la probabilidad de que cada individuo o elemento estará incluido en

la muestra, además no permite el cálculo del posible error de la muestra.

- El muestreo aleatorio simple: Es el tipo de muestreo en el cual todos y cada uno de los elementos de la población se elige de tal forma que tengan la misma posibilidad de ser seleccionados y pertenecer a la muestra.
- El muestreo Sistemático: Se utiliza cuando el universo es de gran tamaño o ha de extenderse en el tiempo y requiere de una selección aleatoria inicial de observaciones seguida de otra selección de observaciones, obtenida mediante una constante denominada constante de sistematización.

En el caso de las medidas generadas por el viento se toma todos los datos estadísticos o el número total de mediciones hechas para tener una mayor precisión en los cálculos.

$$Cs = N/n$$

Ecuación N° 7. Constante de sistematización

Donde

N: es el tamaño de la población

n: el tamaño de la muestra.

Cs: Constante de sistematización

b.- Distribución de frecuencias

Es el conjunto de datos que se encuentran dentro de un determinado número de intervalos o subgrupos, y su ordenamiento

es igual a la cantidad de observaciones hechas de cada dato generado.

- Frecuencia Absoluta: Es el número de veces que se repite ese dato, también se presenta la frecuencia absoluta de un intervalo que se refiere al número de datos que pertenecen a ese intervalo la frecuencia absoluta será f .
- Frecuencia Absoluta Acumulada: Hasta un dato específico, es la suma de las frecuencias absolutas de todos los datos anteriores, incluyendo también la del dato mismo del cual se desea su frecuencia acumulada.

De un intervalo es la suma de las frecuencias absolutas de todos los intervalos de clase anteriores, incluyendo la frecuencia del intervalo mismo del cual se desea su Frecuencia acumulada. La última frecuencia absoluta acumulada deberá ser igual al número total de datos. La frecuencia absoluta acumulada será F_a .

c.- Número de intervalos

Es el número necesario de intervalos que se sugiere para toda la muestra, pero esto depende también del criterio que maneje la persona para el uso de los datos.

Se la obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$K = 1 + 3.3 \log n$$

Ecuación Nº 8. Cálculo del número de intervalos

Dónde:

K=Es el número de intervalos

N=Numero de datos

Log= logaritmo en base 10

d.- Rango

Se denomina rango al número de unidades de que tienen variación y se obtiene de la resta del valor máximo con el valor mínimo que escoge de todos los datos.

Se la denomina con la letra R.

e.- Tamaño del intervalo

Es la anchura que tendrá cada intervalo, según sea la necesidad se podrá modificar el intervalo siempre y cuando no modifique la curva específica. Se la obtiene de la diferencia entre el rango y el número de intervalo. Se la representa con la letra Ac.

$$Ac = \frac{R}{K}$$

Ecuación N° 9. Tamaño de intervalo

Dónde:

Ac= tamaño de intervalo

R= rango

K= tamaño de intervalo

d.- Elaboración de intervalos

Para esto se necesita conocer el dato menor, luego el siguiente será la suma del valor mínimo más la anchura del intervalo y se continuara de las misma forma para los siguientes intervalos.

- Límite inferior.- Es el valor menor de cada intervalo, se denota por L_i ; Es el número mayor de cada intervalo, se denota por L_s .
- Marca de clase.- Es el valor medio que se encuentra entre los limites inferior y superior. Se la representa como MC.

$$MC = \frac{L_i + L_s}{2}$$

Ecuación N° 10. Marca de clase

Dónde:

MC= marca de clase

L_i = límite inferior

L_s = límite superior

- Media.- Es el promedio que se obtiene de la suma de todos los datos obtenidos divididos para el mismo número.

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n}$$

Ecuación N° 11. Media

Dónde:

Σ =sumatoria

X= todos los datos

N= número de datos

- Mediana.- Es el valor que se encuentra dentro o en el centro del grupo de datos.

$$X = \frac{\sum X}{N}$$

Ecuación N° 12. Mediana

Dónde:

—
 $\sum X$ = Sumatoria de las medianas.
N= número de datos

- Moda.- Es el valor que más frecuencia o repetición, se tiene en el grupo de datos.

$$\bar{x} = \hat{L}_i + \left(\frac{\frac{\sum n}{2} - \sum f_a \text{ anteriores}}{f_{\text{mediana}}} \right) \cdot A$$

Ecuación N° 13. La Moda

\hat{L}_i =límite inferior

$\sum n$ =sumatoria de datos absolutas

$\sum f_a$ =sumatorias de las frecuencias antes de la mediana

F = frecuencia de la mediana

A =amplitud del intervalo

4.4.1.1. Análisis estadístico del mes de Junio

Tabla Nº 11 Resumen estadístico del mes de junio

población	2160
X min	0
X max	9
media	2
mediana	2
Moda	0
Desviación estándar	1,5
varianza	2,4
numero intervalo	47
rango	9
tamaño de intervalo	0,5
nuevo rango	9

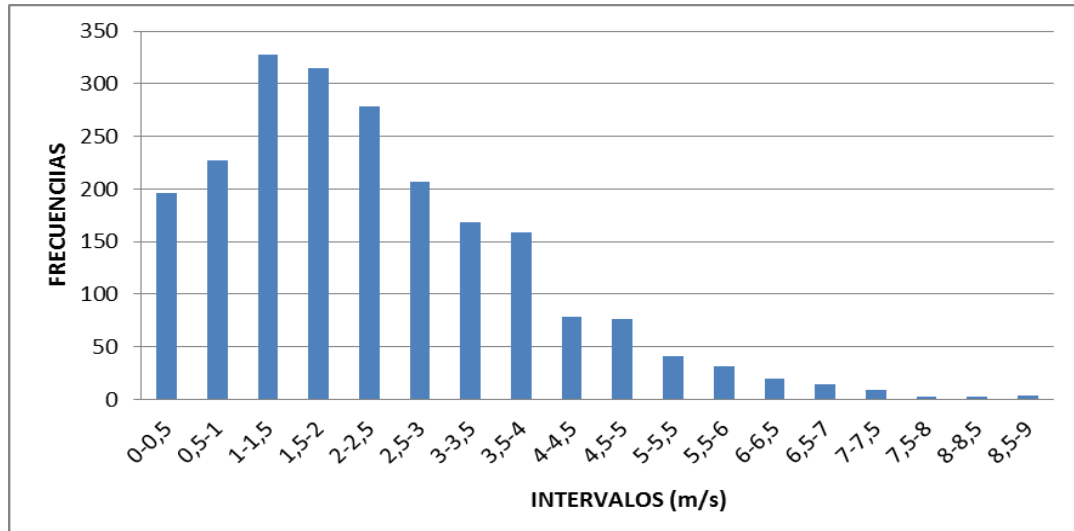
Fuente: Los Autores

Tabla Nº 12 Resumen estadístico del mes de junio

Li	Ls	Mcl	fi	F
0	0,5	0,3	196	196
0,5	1	0,8	227	423
1	1,5	1,3	328	751
1,5	2	1,8	315	1066
2	2,5	2,3	279	1345
2,5	3	2,8	207	1552
3	3,5	3,3	168	1720
3,5	4	3,8	159	1879
4	4,5	4,3	79	1958
4,5	5	4,8	76	2034
5	5,5	5,3	41	2075
5,5	6	5,8	32	2107
6	6,5	6,3	20	2127
6,5	7	6,8	14	2141
7	7,5	7,3	9	2150
7,5	8	7,8	3	2153
8	8,5	8,3	3	2156
8,5	9	8,8	4	2160
			2160	

Fuente: Los autores

Gráfico N° 32. Distribución de la velocidad del viento de mes de junio



Fuente: Los autores

La media es de 2 m/s dicha medida representa el valor promedio del mes.

La mediana es de 2 m/s ésta representa la tendencia central que da el valor medio de los datos ordenados de menor a mayor y sirve por que junto a la media proporciona una idea clara no solo del valor promedio sino también del valor central de los datos que se tiene, es por eso que al tener valores tan cercanos se tiene que la media se aproxima a la mediana.

La varianza que es una medida de dispersión y da a conocer el promedio de las distancia de los datos con respecto a la media, este parámetro estadístico sirve de importancia para observar de una manera general para este mes cómo varían los datos con respecto a un valor promedio como la media.

La desviación estándar que es una medida de dispersión que da a conocer en términos de la muestra que tan disperso están los datos unos

de otros, este parámetro estadístico favorece el saber cómo varía la magnitud del viento en este y los otros meses.

En lo que respecta a la varianza este parámetro de dispersión muestra cómo varían las medidas con respecto a la media mientras que la dispersión estándar informa en términos de la muestra cómo varían entre ellos. En el mes de junio se ve que la velocidad que más se repite es la velocidad de 0 m/s, esto dice que de los datos registrados con el parámetro estadístico de moda el valor que más presencia en este mes es la velocidad de 0 m/s.

En el cuadro estadístico se ve un mínimo y un máximo, este mínimo y máximo de 0 m/s y 9 m/s respectivamente y describe la magnitud de la muestra. Se ve además que la mayor agrupación de datos está en el intervalo de 1 m/s a 1.5 m/s. Mientras que a partir del grupo de 1.5 m/s a 9 m/s la agrupación de datos disminuye de forma considerable. Dentro del grupo anteriormente mencionado se ve que la moda es justificada por el hecho de que en este grupo la mayoría de las observaciones son cero y esa es la velocidad que predomina en este intervalo.

4.4. Análisis general de los registros del viento

Tabla N° 13 Resumen estadístico de los cuatro meses.

Población	8280
Media	3
Mediana	2,1
Moda	0
Desviación estándar	1,93
Varianza	3,71
Rango	14,4
Mínimo	0
Máximo	14,4
Numero de intervalo	91

Tamaño de intervalo	1
Nuevo rango	14,4

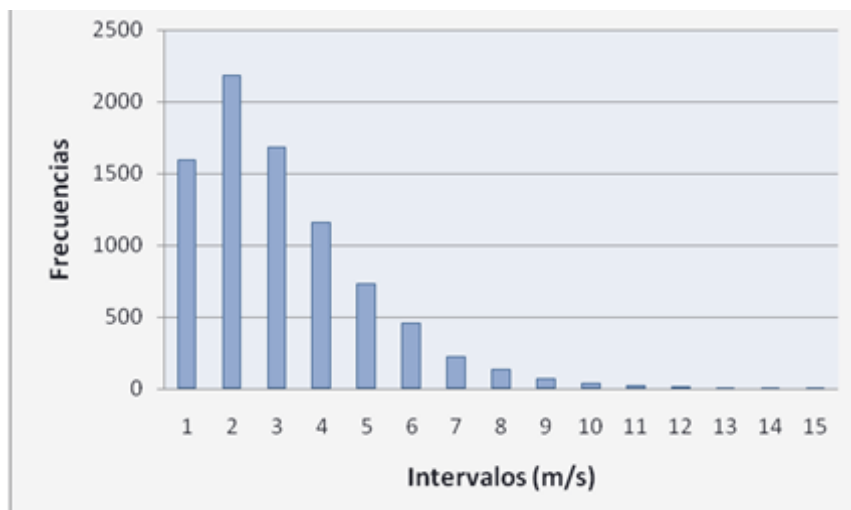
Fuente: Los autores

Tabla N° 14 Resumen estadístico de los cuatro meses

Li	Ls	Mcl	Fi	F
0	1	0,5	1597	1597
1	2	1,5	2181	3778
2	3	2,5	1681	5459
3	4	3,5	1155	6614
4	5	4,5	728	7342
5	6	5,5	455	7797
6	7	6,5	218	8015
7	8	7,5	134	8149
8	9	8,5	68	8217
9	10	9,5	30	8247
10	11	11	19	8266
11	12	12	9	8275
12	13	13	2	8277
13	14	14	1	8278
14	15	15	2	8280
			8280	

Fuente: Los autores

Gráfico N° 33 Cuadro de porcentajes de frecuencias



Fuente: Los autores

Durante los cuatro meses que se registran los datos, se puede observar que el 55,7% de los datos se encuentran Dentro de los intervalos de los valores de 0m/s a 2,5m/s lo que significa que estas cifras no son de gran utilidad para el generador debido a que el arranque es a partir de los 2,5m/s. En la misma grafica observamos que existe otro grupo donde los flujos inician desde 2,5m/s hasta los 14,4m/s determinado un porcentaje 44,3 % concluyendo que la velocidad necesaria para generar está en el segundo grupo.

Entre los valores estadísticos obtenidos durante los cuatro meses se tiene que la velocidad mínima es 0m/s y la velocidad máxima 14,4m/s, el rango que se obtiene de restar el valor min del valor Max, da un rango de 14,4m/s, la varianza es de 3,71, la desviación estándar 1,93.

La media de todos los datos es de 3m/s y la mediana de los datos ordenados es 2,1m/s con varianza general de 3,71 en toda la muestra.

4.5. Estimación de la energía eólica en el sector El Tablón

Como la información de los datos del viento es confiable, se determinó que es viable para una implementación de sistema eólico de pequeña potencia y estos datos se empleó para ser analizada adecuadamente y combinar con las características de generación de un equipo; pudiéndose estimar, entonces, la cantidad de energía que puede suministrar el equipo eólico en el sector.

4.5.1. Metodología de evaluación de entrega de energía

La evaluación del potencial eólico se determinó con el análisis de información tomada en el sector El Tablón durante un periodo continuo de 115 días (2760 horas) entre los meses de junio y septiembre del 2012.

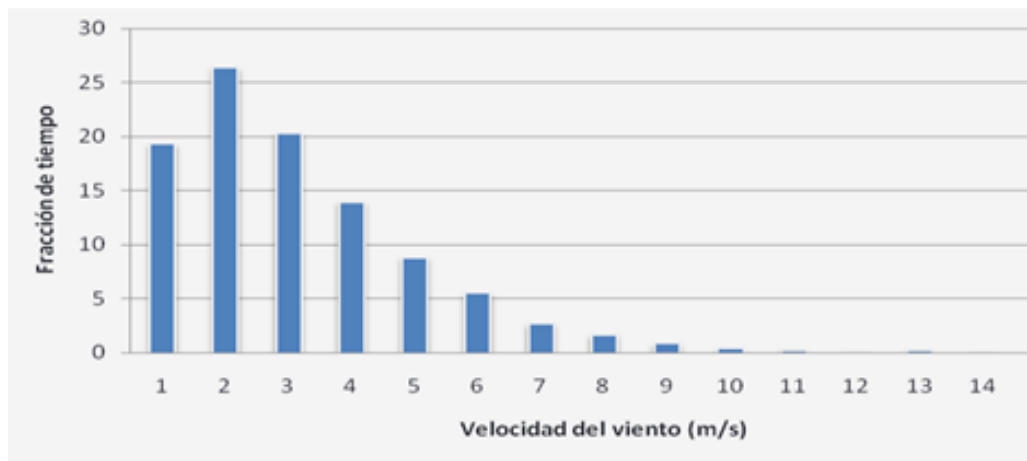
4.5.1.1. Clasificación de datos de velocidad promedio

La clasificación de los datos de velocidad promedio horaria se realizó por secciones. Esto es, dividir todo el rango de variación de la velocidad de viento en secciones de 1 m/s. Esta clasificación se conoce como la distribución de frecuencias de viento.

Tabla Nº 15 Distribución de frecuencias para el sector el tablón 115 días

Intervalo (m/s)	115 días (2760 horas)	Porcentaje en tiempo
0 1	532	19,29%
1 2	727	26,34%
2 3	560	20,30%
3 4	385	13,95%
4 5	243	8,79%
5 6	152	5,50%
6 7	73	2,63%
7 8	45	1,62%
8 9	23	0,82%
9 10	10	0,36%
10 11	6	0,23%
11 12	3	0,11%
12 13	0,67	0,20%
13 14	0,33	0,01%
14 15	0,67	0,02%

Gráfico Nº 3 Fuente: Autores iento para el sector el tablón 115 días



Fuente: Los Autores

4.5.1.2. Evaluación de suministro de energía utilizando los datos proporcionados por el equipo Kestrel 4000 NV

Para este análisis fue necesario calcular la curva de la potencia máxima del viento en el sector el Tablón aplicando la siguiente regla:

$$P_{\max}(V) = C_{p,\max} \left(\frac{\rho}{2}\right) \left(\frac{\pi}{4}\right) D^2 V^3$$

Ecuación N° 14. Potencia máxima del viento

Dónde:

CPmax: coeficiente de potencia máximo, razonable para turbinas pequeñas: CPmax= 0.40

D: diámetro del rotor [m] = 3,2m

Pmax: potencia máxima [W]

V: velocidad de viento [m/s] = 0 a 14 (m/s)

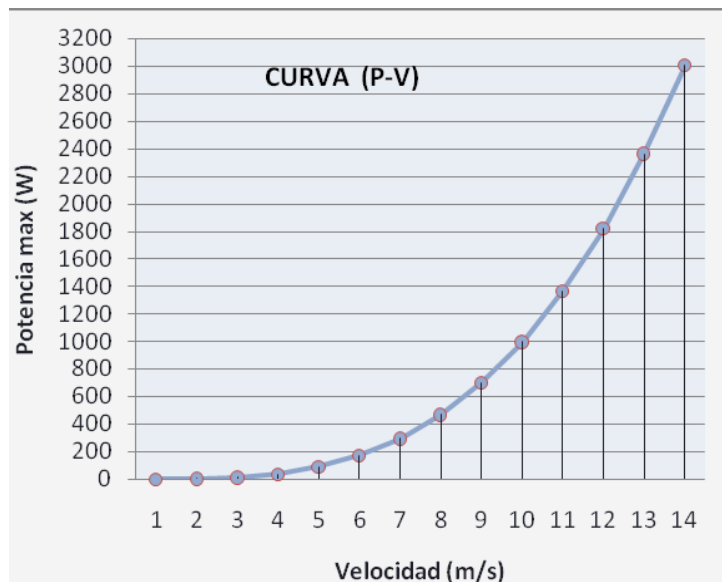
ρ : densidad del aire en el sector [kg/m³] = 0,85kg/m³

Tabla N° 16 Potencia máxima calcula

Pmax (W) calculada	
V(m/s)	P max(W)
0	0
1	0,97
2	7,73
3	26,1
4	61,87
5	120,8
6	208,8
7	331,6
8	494,9
9	704,7
10	966,7
11	1287
12	1670
13	2124
14	2653

Fuente: Los Autores

Gráfico N° 35 Curva potencia del viento calculada



Fuente: Los Autores

La curva de la potencia máxima calculada en el sector (CURVA P-V) es favorable y en función de las características del aerogenerador Exmork 1500W proporcionado por el fabricante permite continuar y determinar el suministro de energía

Tabla N° 17 Características técnicas del aerogenerador Exmork 1500W

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL AEROGENERADOR Exmork 1,5kW	
Potencia nominal	1500W
Diámetro del Hélice	3,2m
Velocidad de arranque	2,5m/s
Velocidad potencia nominal	9m/s
Rotación potencia nominal	380 rpm

Fuente: El Fabricante

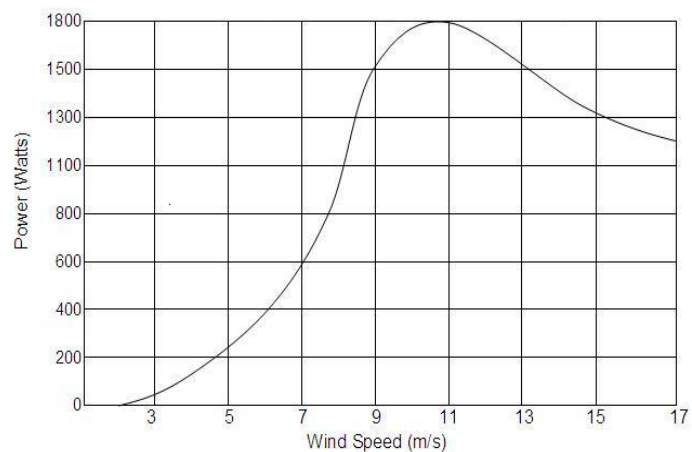
Tabla N° 18 Potencia específica del aerogenerador 1,5 Kw

Potencia aerogenerador 1500 W	
V(m/s)	P(W)
0	0

1	0
2	0,1
3	50
4	120
5	240
6	390
7	570
8	970
9	1510
10	1790
11	1800
12	1650
13	1500
14	1400
15	1300
16	1250
17	1200

Fuente: El Fabricante

Gráfico Nº 36 Curva de potencia de aerogenerador de 500W



Fuente: El Fabricante

4.5.2. Estimación de suministro de energía utilizando los datos del aerogenerador Exmork 1500W

Con la información de distribución de viento y de la curva de potencia del aerogenerador fue posible estimar la producción de energía en el período de análisis, tal y como se ilustra en la tabla siguiente.

Tabla Nº 19 Estimación de suministro de energía con el equipo Exmork 1500W

Intervalos	115 días	Potencia Instantánea	Energía Producida
(m/s)	2760 horas	kW	kWh
0- 1	532	0	0
01-feb	727	0	0
02-mar	560	0,0001	0,056
03-abr	385	0,05	19,25
04-may	243	0,12	29,16
05-jun	152	0,24	36,48
06-jul	73	0,39	28,47
07-ago	45	0,57	25,65
08-sep	23	0,97	22,31
09-oct	10	1,51	15,1
10 – 11	6	1,79	10,74
11 – 12	3	1,8	5,4
dic-13	0,67	1,65	1,1055
13- 14	0,33	1,5	0,495
14- 15	0,67	1,4	0,938
		TOTAL	195,15

Fuente: Los Autores

El estimativo de energía producida por el equipo Exmork para el período de análisis de 2760 horas, se realiza multiplicando el nivel de potencia del generador y el número de horas de viento en cada intervalo, la energía total producida es entonces la suma de la distribución de energía, lo cual resulta ser 195,15 kWh para el período de 115 días.

Este nivel de energía corresponde a una capacidad de generación diaria promedio de 1,70 kWh/día y esto equivale a 1700 Wh/día, permitiendo un suministro de energía eléctrica para una cabaña con un consumo básico.

4.6. Elección del sistema eólico a implementarse.

La elección de un sistema adecuado para la generación eléctrica y satisfacer las necesidad que presenta la cabaña se manifestó después de haber realizado el análisis respectivo y procesamiento de datos para la elaboración del trabajo, se procedió a la elección de un sistema eólico que permita acoplar un sistema de generación fotovoltaica, sintetizando de acuerdo a los tipos de requerimientos que mejor le convenga a la edificación y a la población en general, quedando establecido por análisis, recopilación de información y procesamiento de datos como la del flujo de aire en el sector, y el anemómetro que aún se encuentra recopilando datos de viento y temperatura lo que instituyó que la mejor opción que se adapta a nuestro proyecto es la generación eólica con almacenamiento de la energía en acumuladores, ya que la mayor demanda energética se tiene en el horario nocturno.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- La utilización de energía eólica tiene sus ventajas, en lo ambiental se puede citar que no contaminan, no consumen combustibles, no generan residuos y algo que es muy importante la energía eólica en el sector es inagotable.
- Con la ayuda de los datos registrados en los meses de junio a septiembre del 2012 por el anemómetro Kestrel 4000NV, se obtuvo datos con mayor exactitud y confiabilidad, llegando a la conclusión de que el sector El Tablón presta condiciones favorables ya que existen vientos generadores con velocidad de 3m/s a 14m/s y ofrece vías favorables para la implementación de sistemas alternativos de generación eléctrica como la energía eólica.
- La oferta de energía que produce el sistema eólico está en el rango para el abastecimiento de energía que requiere la cabaña y estos sistemas de generación eléctrica eólica no presentan mucha dificultad en la instalación, y a pesar de que su inversión inicial es elevada, se ve recompensada ya que el promedio de vida útil del sistema con un apropiado mantenimiento supera los 30 años.

- En el Ecuador existen varias zonas rurales que gozan de los recursos renovables en ellos existen campamentos o cabañas para el alojamiento a turistas, donde las empresas eléctricas de distribución no llegan con el servicio y los sistemas de generación eólica son una alternativa para tener un suministro eléctrico.
- El sistema eólico implementado en la cabaña El Sol ayudará a que los visitantes disfruten y hagan uso adecuado de la energía producida y además adquieran conocimientos de las energías renovables

5.2. Recomendaciones

- Considerando las características técnicas de los equipos, y las condiciones meteorológicas de nuestro medio, en especial en la comunidad Naranjito, es necesario continuar con las mediciones del viento, temperatura y más parámetros que ofrece el anemómetro instalado en el sector El Tablón para futuros proyectos similares.
- Impartir los fundamentos de los sistemas eólicos, para futuras implementaciones en la comunidad y en nuestro país, aportando a un sistema ecológico que en la actualidad mundial es una de las necesidades fundamentales que se deben aplicar, para el bienestar de todos los seres vivos.
- Concientizar a la sociedad en general que la implementación de sistemas eólicos, son fuentes alternativas que dan soluciones integras con beneficios particulares y sociales que deberían ser aprovechados y utilizados responsablemente.

- Para la cabaña se recomienda utilizar otras alternativas de generación eléctrica como la generación fotovoltaica fácil de acoplar al sistema eólico implementado de manera que la demanda energética sea suministrada.
- Para el ahorro de energía se recomienda utilizar equipos o artefactos de nuevas tecnologías y amigables con el medio ambiente ya que disminuirá la demanda de energía para la cabaña.
- Buscar medios para fabricar el equipo con tecnología nacional de manera que esto abarate los costos de inversión y el precio se reduzca de los precios internacionales.

CAPÍTULO VI

6. PROPUESTA TECNOLÓGICA

6.1. Tema:

IMPLEMENTACIÓN DE UN GENERADOR EÓLICO COMO SISTEMA ALTERNATIVO DE ENERGÍA RENOVABLE, EN LA CABAÑA EL SOL DEL SECTOR EL TABLÓN UBICADA EN LA COMUNIDAD NARANJITO PARROQUIA CARANQUI CANTÓN IBARRA, A PARTIR DEL AÑO 2012.

6.2. Justificación

En el mundo existen diversos tipos de energías renovables y el proyecto de tesis promueve la aplicación de la energía eólica como fuente generador de energía limpia sin contaminantes y una de las energías que causa menor impacto ambiental a la naturaleza.

El proyecto tiene aportes técnicos, investigativos, que servirán para futuros proyectos similares que requieran de la información obtenida en la implementación del sistema eólico ubicada en la cabaña El Sol. .

6.3. Fundamentación

El trabajo realizado pone en conocimiento una forma de aprovechar los recursos naturales que existen en nuestro entorno y fomentar las ideas de imponer nuevas tecnologías dando un realce de concientización y comprometernos en ser parte del cambio que el mundo lo tiene como un reto apoyándonos en estos tipos de generación eléctrica que son mucho

amigables con el ambiente y que a futuro serán quienes replacen a los sistemas tradicionales de generación. Las características y la tecnología del sistema eólico instalado brindarán un servicio de suministro de energía eficiente debido a que sus componentes son de marcas conocidas y recomendadas.

6.4. Objetivos

6.4.1. Objetivo general

- Implementar un sistema de generación eléctrica mediante el uso recursos renovables para abastecer de energía eléctrica a la cabaña El Sol

6.4.2. Objetivos específicos

- Dimensionar la demanda de energía eléctrica utilizando los datos recopilados del viento para implementar un adecuado sistema eólico en la cabaña El Sol.
- Implementar el sistema eólico requerido haciendo uso del manual de instalación del aerogenerador para asegurar la producción de energía eléctrica.

6.5. Ubicación sectorial y física

La comunidad Naranjito se encuentra ubicada a 10 km al sur de la ciudad de Ibarra y a 25 minutos en transporte terrestre.

Gráfico N° 37 Ubicación del sector El Tablón de la comunidad Naranjito



Fuente: Los Autores

La Implementación del sistema de generación eólico se lo realizó en la cabaña El Sol de 31 m² de construcción ubicado el sector El Tablón de la comunidad Naranjito

Gráfico N° 38 Cabaña El Sol



Fuente: Los Autores

6.6. Desarrollo de la propuesta

Con relación al resultado de los datos recopilados de todos los meses que se realizó la medición del viento en el sector y los análisis respectivos de estos se implementó un aerogenerador Exmork de 500W tomando en cuenta las conclusiones y recomendaciones para el diseño del sistema eólico.

6.6.1. Dimensionamiento de la demanda de energía eléctrica de la cabaña El Sol con aplicación de energía eólica

Para diseñar el sistema eólico primero se determinó cuáles son las demandas de una cabaña. Con esto estimamos la máxima potencia que será utilizada, así como también la finalidad de su uso. Se tomó en cuenta las variaciones diarias y mensuales, el margen de reserva para dar fiabilidad al sistema y el incremento de la demanda futura, cuando se estime el tamaño del sistema necesario. El sistema eólico puede ser acoplado a cualquier artefacto eléctrico y utilizando la tabla proporcionada por EMELNORTE SA.

Donde muestra las potencias de los electrodomésticos más comunes y sus consumos mensuales. Esta tabla fue de utilidad para estimar rápidamente los requerimientos energéticos de una pequeña instalación, con miras a dimensionar los sistemas de generación y baterías.

Tabla Nº 20 Consumidores de energía en (kWh/mes) de los artefactos más comunes

EQUIPO	Potencia (Wattios)	Consumo Mensual (KWH/MES)							
		1 Hora/Dia	2 Hora/Dia	3 Hora/Dia	4 Hora/Dia	5 Hora/Dia	6 Hora/Dia	7 Hora/Dia	8 Hora/Dia
Cocina pequeña	2000	60	120	180	240	300	360	420	480
Horno pequeño	1300	39	78	117	156	195	234	273	312
Computadora	500	15	30	45	60	75	90	105	120
Termostato pequeño	1500	45	90	135	180	225	270	315	360
Horno microondas	900	27	54	81	108	135	162	189	216
Olla arrocera	600	18	36	54	72	90	108	126	144
Foco 60 W	60	2	4	6	8	9	11	13	15
Foco 100W	100	3	6	9	12	15	18	21	24
Florescente 40W	40	1,2	2,4	3,6	4,8	6	7,2	8,4	9,6
Florescente 75 W	75	2,3	4,6	6,9	9,2	11,5	13,4	16,1	18,4
Foco ahorro de energia	15	0,4	0,9	1,3	1,8	2,2	2,7	3,1	3,6
Foco ahorro de energia	20	0,6	1,2	1,8	2,4	3	3,6	4,2	4,8
Televisor 14"	100	3	6	9	12	15	18	21	24
Radio	60	2,5	5	7,5	10	12,5	15	17,5	20
Secador de pelo	800	24	48	72	96	120	144	168	196
Plancha	1000	30	60	90	120	150	180	210	240
Lavadora de ropa	600	18	36	54	72	90	108	126	144
Refrigerador 1 puerta	250	60 kwh/mes (utilizando todo el dia)							
Refrigerador 2 puertas	500	90 kwh/mes (utilizando todo el dia)							
Ducha eléctrica	3000	30 kwh/mes (utilizando 20 minutos/diarios)							

Fuente: Empresa Eléctrica Regional Norte (EMELNORTE SA.)

Para diseñar la demanda de energía eléctrica de la cabaña se tomó en cuenta las recomendaciones y permitió determinar cuáles son los equipos o artefactos recomendables para utilizar dentro de la instalación y son los siguientes:

- 4 Lámparas LED de alta eficiencia Tipo SP70
- 1 Televisor
- 1 Radio grabadora
- 1 Video casetera o DVD
- 1 Refrigerador pequeño

6.6.1.1. Demanda promedio de energía

Tabla N° 21 Cálculo de la demanda de energía

Artefacto	Potencia en KW/h	Número de Artefactos	Utilización Horas	Utilización Días mes	Acciones
Focos fluorescentes (8 de 15W c/u)	0.12	<input type="text" value="4"/>	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="30"/>	<input type="button" value="Remove"/>
Tv color (13-17 pulg)	0.05	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="8"/>	<input type="text" value="30"/>	<input type="button" value="Remove"/>
Radio grabadora	0.04	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="30"/>	<input type="button" value="Remove"/>
Videocassetera o DVD	0.025	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="4"/>	<input type="button" value="Remove"/>
Refrigerador (11-12 pies cúbicos)	0.25	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="8"/>	<input type="text" value="30"/>	<input type="button" value="Remove"/>
Consumo Total:		<input type="text" value="0"/>			

Consumo mensual: 150.2 Kw

Fuente: Página web CONELEC

El requerimiento de energía calculada se la realizó en la página web de EMELNORTE sección cálculo de tarifas eléctricas generando un consumo de 150,2 kWh mensuales que representa a un promedio de 5000 Wh al día y esto equivale a una potencia de consumo promedio de:

$$P(W) = \frac{\text{Consumo de energía}}{1 \text{ día}}$$

Ecuación N° 15. Potencia de consumo

$$P = \frac{5000Wh}{24h} = 208,36W$$

6.6.1.2. Dimensionamiento de banco de baterías

Para este análisis se empleó la tabla 5 en la cual establece que para un aerogenerador de 500W se utilizara dos baterías de 12voltios con una

capacidad de 100Ah, esta es la corriente máxima como la potencia es igual al voltaje por la corriente tenemos entonces:

$$P = V \times I ; (12 \text{ V}) \times (100 \text{ A}) = 1200 \text{ W o } 1,2\text{kW}$$

$$\text{Energía de la batería} = \text{Potencia} \times \text{tiempo} = (1200 \text{ W} \times 0,8 \times 1\text{h}) = 960\text{Wh}.$$

$$\text{Número de baterías} = \frac{\text{Demanda total de energía}}{\text{Energía de la batería}}$$

Ecuación Nº 16. Cálculo del número de baterías

$$\text{Número de baterías} = \frac{815\text{Wh}}{960\text{Wh}} = 0,85$$

Para un adecuado almacenamiento y respaldo de energía se utilizó 2 baterías.

6.6.1.4. Selección del inversor adecuado

Para un promedio 1kWh por día de energía se requiere un inversor de 1000W esto está en el rango de máxima potencia que entrega el aerogenerador.

Entonces tiene 1kW, 12Voltios, y 83,33 amperios de corriente. El aerogenerador genera corriente alterna en diferentes frecuencias y diferentes amplitudes porque la magnitud del viento es variable. Para generar Corriente alterna útil debe ser de amplitud constante y frecuencia constante. Por esta razón se considera lo siguiente:

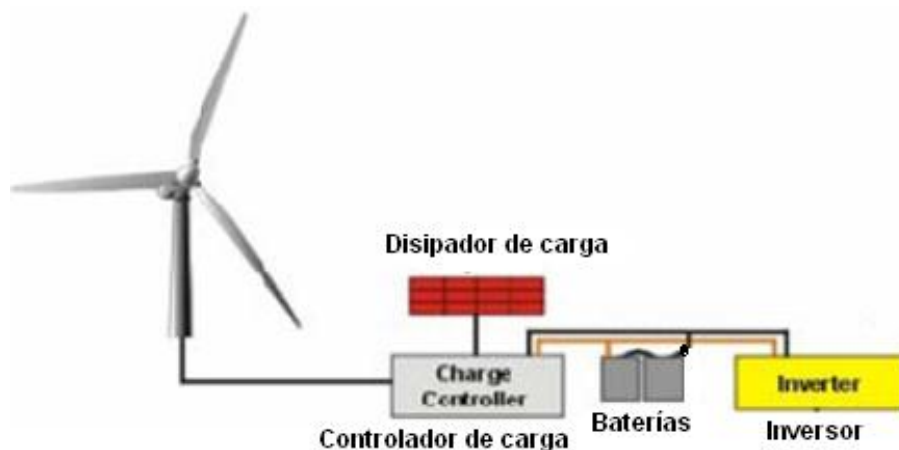
- La energía que sale del generador eólico pasa por un rectificador y se obtiene a la salida de este una onda rectificada de 12 voltios que se utiliza para cargar las baterías de 12 voltios (2 en paralelo de 12 voltios).
- De la batería de 12 voltios puede ir a un consumo o equipo de este voltaje en DC.

6.6.2. Esquema del sistema eólico

El sistema eólico instalado para la cabaña El Sol está formado por:

- 1 Aerogenerador Exmork de 500W
- 1 Poste de hormigón armado de 11mx350kg
- 1 Controlador híbrido de carga 500W con su disipador
- 2 Baterías NARADA AGM100Ah
- 1 Inversor Exmork 1000VA

Gráfico N° 39 Esquema del Sistema Eólico



Fuente: Los Autores

6.6.3. Características físicas y técnicas de los equipos

Tabla N° 21 Especificaciones técnicas de aerogenerador Exmork 500W

Aerogenerador Exmork 500W	
Diámetro del Hélice	2,7m
Material	3 aspas fibra de vidrio; Cuerpo de aluminio; veleta acero
Potencia nominal	500W
Potencia máxima	700W
Velocidad nominal	8m/s
Velocidad de arranque	2,5m/s
Velocidad de trabajo	3-25m/s
Rotación potencia nominal	450 rpm
Tipo de generador	Trifásico, imán permanente
Método de carga	Tensión constante
Tiempo de vida	15 años
Peso	46kg

Fuente: El Fabricante

Gráfico N° 40 Característica física del aerogenerador



Fuente: El Fabricante

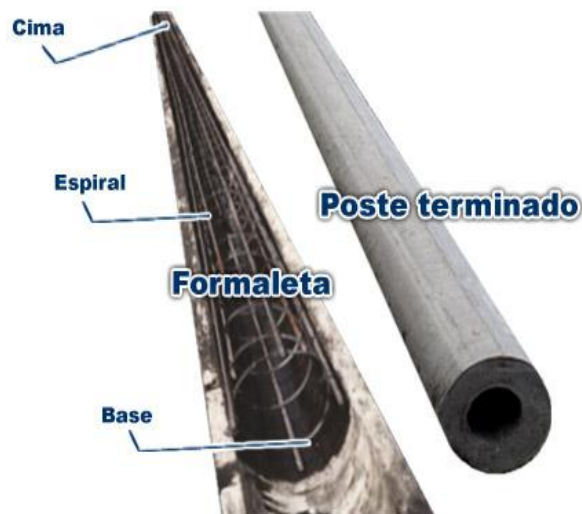
Tabla N° 22 Características de diseño del poste de concreto Fuente: El fabricante

Poste de hormigón armado						
Long	Resistencia	Peso	Diámetro exterior	Conicidad	Espesor de pared	Factor de seguridad

(m)	(kg)	(kg)	Punta (cm)	Base (cm)	(cm/m)		
11	350	904	14	36	2	6	2

Fuente: El Fabricante

Gráfico N° 41 Poste de hormigón armado



Fuente: El fabricante

Tabla N° 23 Especificaciones técnicas del controlador

Controlador híbrido de carga	
Aerogenerador	500W
Solar	200W
Batería	12V
Modo operativo	Ininterrumpido
Función	Cargar y Controlar
Ambiente operativo	Temperatura 10-40°C, humedad
PWM Disipador de voltaje de carga (v)	>13.8V
Frenado de voltaje de la turbina de viento (v)	14.5V± 1
Recuperación de carga de voltaje (v)	13V± 1
Corte de poder de la batería (v)	10V± 1
Suministro cable de la batería (mm ²)	> 12mm ²
Suministro cable de la carga del disipador	> 12mm ²
Fusible (A)	125A

Fuente: El fabricante

Todos los controladores tienen dos indicadores grandes análogos o digitales para el voltaje y amperaje del sistema. Seis focos LED indican adicionalmente el estado de operación:

- Generación eólica
- Generación solar
- Sobre voltaje
- Voltaje baja
- Fusible
- Polaridad inversa

Gráfico N° 42 Controlador híbrido de carga



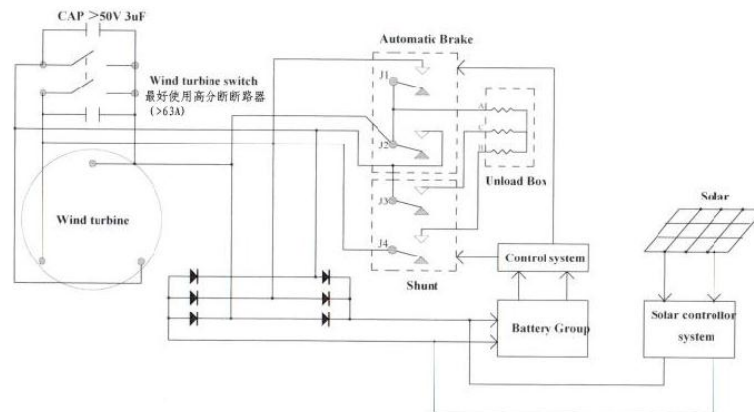
Fuente: El fabricante

Cada controlador de carga viene conjuntamente con su disipador de energía. Este disipador es parte del sistema de seguridad de freno: El aerogenerador frena normalmente utilizando la energía eléctrica.

Como “freno de mano” cada controlador dispone de un interruptor que se titula “Manual Brake”. A través de este interruptor se cortocircuitan

los polos del aerogenerador. De tal forma el generador altamente eficiente está casi atracado por la energía de inducción que imposibilita que puede girar. Y este controlador viene con una entrada para energía solar.

Gráfico N° 43 Diagrama de funcionamiento del controlador



Fuente: El fabricante

Tabla N° 24 Especificaciones técnicas de la batería NARADA AGM 100Ah

Baterías NARADA 100Ah/12V				
Modelo				
Código	Caja	Cubierta		
31AGM100	31	1		
Dimensiones				
Largo (mm)		Ancho (mm)	Alto (mm)	
330		170	245	
Capacidades eléctricas				
20 horas (amp)	10 horas (amp)	5 horas (amp)	1 hora (amp)	
105	100	83	44	
- Rejilla de plomo-calcio alta calidad				
-Placas positivas con 23% de mayor grosor que las placas de arranque				
-Pasta de alta densidad diseñada para soportar grandes esfuerzos				
-Placas ensobradas con separadores de polietileno de alta porosidad				

-430cc de capacidad de reserva de electrolito por celda
-Caja y cubierta de polipropileno de alta resistencia a los golpes y temperaturas
-Cubierta de válvula regulada con supresor de llama parar mayor seguridad
-Terminales de perno de acero inoxidable de 3/8"

Fuente: El fabricante

Tabla N° 25 Especificaciones técnicas del inversor de 1000VA

Inversor Exmork 1000VA	
Potencia de salida	1KVA
Factor de potencia	0,9
Eficiencia optima	85%
Frecuencia de salida	60Hz ± 0,5%
Salida de onda del inversor	Onda sinusoidal pura
Entrada de tensión directa	12DCV
Voltaje de salida del inversor	110VAC ± 0,5%

Fuente: El fabricante

Gráfico N° 44 Diagrama de funcionamiento del inversor 1000VA

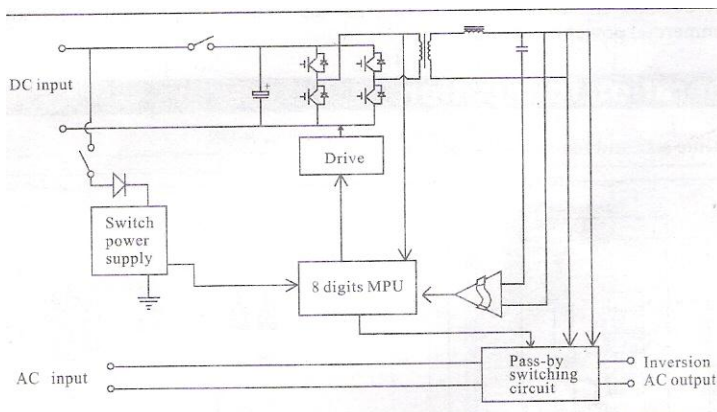
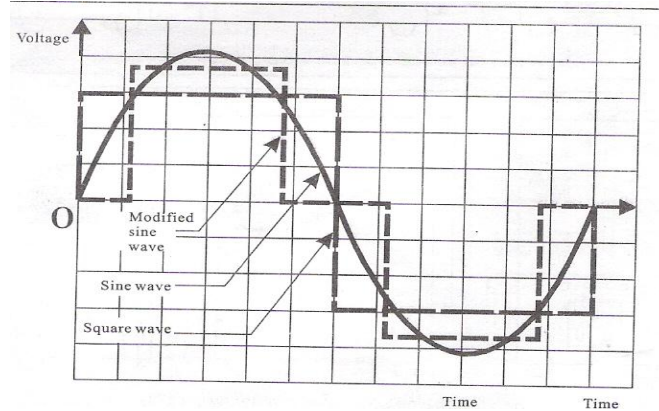


Gráfico N° 45 Onda sinusoidal pura rectificada por el inversor



Fuente: El fabricante

Gráfico N° 46 Inversor Exmork 1000VA



- Cuatro indicadores de LED
 - 1.- Voltaje de batería baja/alta
 - 2.-Cargando la batería/Batería llena
 - 3.-Sobrepotencia/Recalentamiento
 - 4.-Operación inversor
- Tres indicadores análogos en el panel
 - 1.- Voltaje DC de la batería
 - 2.-Voltaje AC de salida
 - 3.-Corriente DC de descarga/recarga
- Funciones de protección
 - Temperatura máxima
 - Sobre carga
 - Cortocircuitos
- Dos tomacorrientes polarizados de 110V

Fuente: El fabricante

6.6.4. Instalación del sistema eólico

La instalación del sistema eólico para la cabaña El Sol se realizó considerando las especificaciones técnicas del fabricante y con la guía del manual de cada equipo a instalar.

6.6.4.1. Instalación del poste

La longitud del poste es de 11 metros y según las especificaciones técnicas del fabricante la altura del empotramiento es de 1,60m y para el montaje del poste se procedió de la siguiente manera:

- Selección del sitio de instalación.
- Preparación del lugar de emplazamiento libre de posibles obstáculos a fin de obtener la velocidad del viento relativamente alta.
- Calificación de la calidad del suelo de ubicación del poste
- La distancia entre el generador y las baterías es de 13m, cuanto más corta es la distancia, menos pérdida de energía se produce durante la transmisión. Mientras que en las circunstancias de mayor distancia, es mejor utilizar cable mucho más gruesa estándar para la transmisión.
- Perforación del terreno o excavación con una dimensión de (0,80 x 0,80 m) x 1,60m
- El transporte se realizó en una plataforma transportadora de postes
- El montaje y nivelación del poste se realizó por medio de la grúa acoplada a la plataforma transportadora de postes.
- El relleno y la compactación se realizó con tierra y piedra.

6.6.4.2. Ensamblaje del acople galvanizado al poste de hormigón

Debido a que se utilizó un poste de hormigón fue necesario diseñar un acople galvanizado para poste compuesta de un tubo galvanizado de 0,80m x 3" con tres abrazaderas galvanizadas para postes de baja tensión y soldadas en tres partes en secuencia de 0,20m de la base.

Para el ensamblaje del acople galvanizado al poste de hormigón y el aerogenerador en conjunto se preparó una estructura armada compuesta de 5 pares de módulos metálicos y tablas para andamios.

6.6.4.3. Ensamblaje de la turbina eólica

El ensamblaje se realizó con los pasos siguientes:

- Debido a que la corriente del generador es de 40A para lo cual se establece un conductor de calibre 8AWG que se especifica pro el fabricante por esto se insertó el cable eléctrico número 3x8AWG en la torre a partir de la parte inferior hasta la parte superior del poste.
- El montaje del cuerpo del generador de viento principal se realizó con la ayuda de cuerdas resistentes para elevar a la parte superior de la torre.
- Se conectó los 3 cables eléctricos desde la torre a la turbina mediante terminales a prueba de agua y se insertó la torre en el barril de la manga con los respectivos tornillos, arandelas y tuercas.
- Montaje de la varilla de cola y fijar el cuerpo del rotor por un rodillo de acero inoxidable pin. La Rollo Pin podría sacar un perno M8
- La fijación de la veleta de la cola de M10 con los tornillos, arandelas y tuercas correspondientes.
- Antes de salir de fábrica, cada conjunto de hojas ha sido ensamblados y equilibrado. Y para montar el rotor, se revisó las marcas de las partes, y aseguró de que estén de acuerdo con sus posiciones anteriores (AA, BB, CC) y se procedió a ensamblar las turbinas.
- La turbina ensamblada se llevó a la parte superior de la torre y se realizó el montaje.
- Se instaló el cono de la nariz al cubo del rotor utilizando los tornillos y arandelas planas.

- Se realizó la revisión de todas las piezas para confirmar que todas las conexiones, las tuercas y los tornillos estén totalmente equipadas.

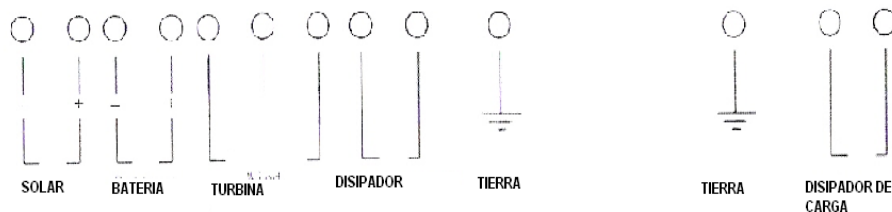
6.6.4.4. Instalación del sistema de distribución

Para la instalación del sistema de distribución se construyó una caja de seguridad de (1x 0,90x1) m ubicada a 2m al exterior de la cabaña dimensionada para un controlador con su disipador, un inversor y con capacidad para 6 baterías

6.6.4.5. Instalación del sistema de control

El sistema de control está compuesta de un controlador híbrido de carga con su respectivo disipador de carga y se instaló con la guía del manual de operación. Se realizó las conexiones de los tres cables que bajan del generador a los conectores que indica en el panel del controlador y también se conectó 2 cables hacia el disipador de carga. También está compuesta por el sistema de puesta a tierra y se instaló una varilla cooperwell con su conector para la protección del sistema y la disipación de carga

Gráfico N° 47 Diagrama de instalación del controlador y disipador

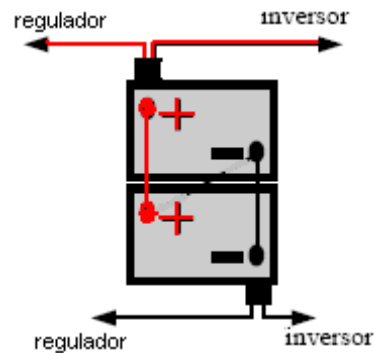


Fuente: El Fabricante

6.6.4.6. Instalación del banco de baterías

El banco de baterías se instaló dentro del sistema de distribución y las dos baterías de 100Ah se conectó en paralelo con su respectiva polaridad (+ y -) y luego al controlador según indica el manual de instrucciones; así como también al inversor.

Gráfico N° 48 Diagrama de instalación en paralelo

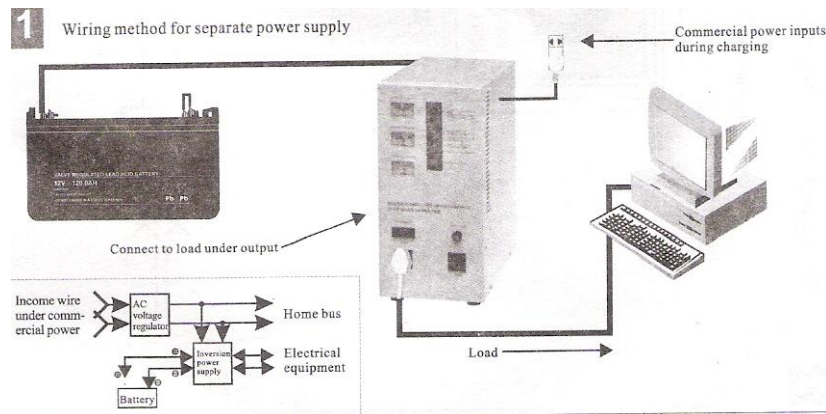


Fuente: Los Autores

6.6.4.7. Instalación del inversor

El inversor Exmork 1000VA se ubicó dentro del sistema de distribución conectado por las dos baterías con su respectiva polaridad quedando en disponibilidad de funcionamiento para el suministro en corriente alterna por los dos tomacorrientes acoplados al inversor.

Gráfico N° 49 Diagrama de instalación del inversor



Fuente: El Fabricante

6.6.5. Funcionamiento del sistema eólico instalado

Las grandes palas (aspas) de la hélice convierten la energía del viento en energía rotativa. El generador con imanes permanentes conectado al eje principal convierte esta energía en electricidad trifásica con un voltaje que varía entre 12VAC hasta 480VAC.

La energía trifásica se rectifica en un controlador de carga que viene conjunto con el aerogenerador. La energía de corriente continua ahora es apta para recargar un banco de baterías de ciclo profundo. El método de la recarga es de voltaje continuo con adaptación de la corriente, lo que es la forma recomendada para baterías de plomo ácido. La capacidad del banco de batería es de 2000Ah.

Cuando el banco de batería está cargado y ya no puede acumular más energía el controlador de carga automáticamente envía la energía eléctrica a un disipador de energía (Dump Load), que es principalmente una resistencia que se calienta. Esto es importante para “frenar” el aerogenerador pues es un sistema de freno eléctrico. El disipador de energía igual viene conjunto con el aerogenerador.

En el controlador instalado existe la posibilidad de ingresar la energía de un sistema fotovoltaico. Así en forma muy sencilla se puede realizar un proyecto híbrido mixto de generación solar/eólico.

Cuando haya vientos muy fuertes el aerogenerador vira su hélice afuera del viento. Esto debido a su diseño especial no simétrico de la colocación de la cola del aerogenerador.

Para utilizar la energía acumulada normalmente se utiliza un inversor/conversor que convierte la energía de corriente continua a energía eléctrica alterna de 110VAC.

6.6.6. Normas de seguridad

- No permita que el generador de viento este girando o funcionando a una velocidad muy alta sin antes conectar al controlador de carga.
- Ver la torre regularmente, si hay signos de aflojamiento, debería ser apretada en forma inmediata, para evitar cualquier daño a la turbina de viento.
- Cuando la velocidad de rotación del rotor es alta, la gente no debe permanecer bajo la turbina de viento.
- En caso de vibraciones o se convierte en ruido durante la operación, se debe interrumpir el aerogenerador y comprobar las razones.
- La fuente de alimentación del generador de viento debe ser independiente y no usado con otras líneas de suministro de energía. La alimentación de CC es seguro y económico para la iluminación; para aparatos eléctricos domésticos, la fuente de alimentación de CA debe ser usado desde inversor.
- Cuando conecte la electricidad desde el generador de viento, las líneas de la batería debe ser conectado por primera vez al

controlador de carga y descarga, a continuación, conecte los tres cables desde el generador hasta el controlador y convertidor. Al desconectar la línea eléctrica desde el generador de viento, los tres cables deben desconectarse primero del controlador y del inversor, a continuación, desconecte los dos cables de las baterías al controlador.

- El interruptor del controlador y del inversor debe tener en la posición "on o abierto" en el funcionamiento normal. Sólo cuando las baterías están completamente cargadas o para proteger la turbina de vientos muy altas, el interruptor puede estar en la posición "off o cerrado".
- Las baterías deben almacenarse en un lugar bien ventilado para asegurar que cualquiera de los gases de carga y descarga pueden escapar.

6.6.7. Mantenimiento de los aerogeneradores

El aerogenerador tiene una sola parte móvil, la turbina. Esto es básicamente el eje del motor con las aspas para recoger el viento. Estos artículos son muy fiables y necesita una simple inspección una vez al año. Después de 3 años la turbina necesita una reforma como estos:

- Examinar la superficie de las aspas con cuidado.
- Revisar todos los tornillos.
- Comprobar el estado de lubricación del generador y mantenerlo en buen estado.

Este procedimiento es una revisión general en el período de la garantía. Y esta comprobación no tiene mucho costo. Los modelos grandes pueden necesitar equipos de grúa en la comprobación.

Principalmente comprobar las partes dañables, tales como el cojinete, pernos, pasador de la cola, y reemplazar si es necesario.

Si la turbina eólica está funcionando bajo la circunstancia siguiente para largo tiempo, algunas piezas se dañan con facilidad:

- Zona costera. Las piezas fuera de la superficie, tales como, la torre, se pueden cauterizar.
- Zona de alta temperatura. El cable puede dañarse mucho más rápido.
- Zona de baja temperatura. El cable también puede envejecer rápidamente. El hielo se adjuntará fácilmente en las aspas y causar el desequilibrio.

6.6.8. Métodos de corrección de posibles fallas del sistema eólico

El aerogenerador está diseñado y fabricado con un alto estándar de funcionamiento para minimizar el mantenimiento, si la instalación y el funcionamiento son correctos, la ruptura de generación no debería ocurrir en condiciones normales. En caso de avería en la siguiente tabla se presenta las posibles soluciones:

Tabla Nº 26 Guía de soluciones del sistema eólico

Posibles Fallas	Motivo	Corrección
Generador de viento vibra excesivamente	<ul style="list-style-type: none"> • Tornillos de fijación de las aspas están sueltos. • Las aspas están dañadas. • Capas duras de materiales en la superficie de la aspas provoca desequilibrio 	<ul style="list-style-type: none"> • Apretar los pernos sueltos • Volver a colocar las aspas y equilibrar • Retirar el material.
Regulador de dirección es ineficaz	<ul style="list-style-type: none"> • Hay demasiada grasa y suciedad en el cuerpo giratorio. • El cuerpo giratorio está dañado por la potencia exterior • El espacio libre entre eje vertical 	<ul style="list-style-type: none"> • Limpie la grasa y la suciedad. • Recuperar y corregir la deformación. • Modificar el acople con otras

	y el acople al poste es demasiado pequeño.	dimensiones.
Ruido alto	<ul style="list-style-type: none"> • Partes fijas están suelta • Cojinete del generador tiende a aflojarse de su alojamiento. • Cojinete del generador es estropeado • El rotor roza en otra parte. • El estator y el rotor está frotando mal, o el rodamiento está roto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Bajar la turbina de viento, revisar todas las partes fijas y tomar medidas contra la especificación. . • Localizar la falla del cojinete y ya sea apretar o reemplazar, o solucionar el problema y corregir. • Reemplace el cojinete dañado. • Controlar y eliminar • Cambiar el rodamiento o eliminar el roce.
La tensión de salida del generador es baja	<ul style="list-style-type: none"> • La velocidad de rotación del generador es baja. • Rotor de imán permanente tiene perdido su magnetismo. • La conductividad de la conexión entre el anillo colector y el circuito de salida es baja. • Hay un cortocircuito en el rectificador. • Línea de circuito es demasiado largo, o el diámetro del cable es demasiado pequeño. • Un cortocircuito en las 3-fases del devanado del rotor. 	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobar que el rotor está funcionando sin problemas. • Cargar el imán, o cambiar el generador • Limpie el anillo colector y los puntos de contacto para reducir la resistencia. • Reemplazar. • Disminuir el circuito o aumentar la longitud diámetro del cable, para reducir la pérdida. • Encontrar el cortocircuito y aislar
No hay salida de CA desde el generador	<ul style="list-style-type: none"> • Una rotura en el circuito de CA del generador, o el fusible tiene fundido. • Una rotura en el cable de salida. • Devanado del estator está quemado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobar el fusible, reemplazar si está quemado. Desconectar los cables y volver a conectar. • Encontrar el punto de falla y volver a conectar el cable • Verificar y reparar
De salida de CA normal, pero no hay salida de CC corriente	<ul style="list-style-type: none"> • DC fusible está fundido. • Circuito de salida de CC se ha roto. • Rectificador está dañado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reemplazar. • Encontrar el punto de falla y volver a conectar los cables. • Reemplazar.
Capacidad de salida de las baterías es insuficiente	<ul style="list-style-type: none"> • Tensión de salida del generador es demasiado bajo, o no se genera electricidad • Las conexiones de la batería están corroídas. • Batería dañado 	<ul style="list-style-type: none"> • Revise el rotor y partes móviles. • Limpie los conectores y asegurar buena conexión. • Reemplazar lo dañado

Fuente: El fabricante

6.7. Impactos

6.7.1. Análisis del impacto ambiental

La energía eólica es considerada como limpia, segura sin embargo esta genera una serie de fenómenos como impacto visual, ruido es decir produce contaminación aunque en una escala menor que la energía proveniente de la quema de combustibles.

El CONELEC en su reglamento sustitutivo dice que: “En todos los casos los generadores, transmisores y distribuidores de energía eléctrica, observarán las disposiciones legales relativas a la protección del ambiente; y, que el Reglamento de orden técnico que dicte el Presidente de la República, preparado por el CONELEC, determinará los parámetros para la aplicación de esta norma y el mismo prevalecerá sobre cualquier otra regulación secundaria”.

En la ejecución del proyecto se tuvieron beneficios tanto positivos como negativos que generaron cambios en el entorno donde se encuentra el generador.

6.7.2. Efectos en el uso actual del terreno

La zona donde está ubicado el generador en su mayor parte está dedicada a las actividades agropecuarias, pero por encontrarse en una parte alta cercana a las faldas del Imbabura donde es imposible cultivar, no genera ningún efecto u ocupación del territorio donde se cultiva.

6.7.3. Modificaciones al entorno

En la ubicación del aerogenerador se realizó la remoción de una parte de la zona boscosa teniendo cuidado de afectar en lo menos posible

al entorno natural, esta se la realizó con el objetivo quitar los obstáculos más próximos a la torre, las cuales podían reducir o mitigar los flujos del viento en esta zona.

Básicamente se realizaron actividades de sustracción de tierra ampliación de caminos que faciliten el acceso de personas, maquinarias y transporte de los equipos.

6.7.4. Entorno biológico y ambiental

Debido a que la zona es netamente dedicada a fines agrícolas o agropecuarios en donde no existen agentes contaminantes se considerada que no se prevén grandes cambios en la biodiversidad del lugar, especialmente porque:

- No es una ruta de aves migratorias
- No existen especies en peligro de extinción
- No existe ningún biotopo en las próximas de la zona
- No hay reservas o parques en el área
- No hay lagos, lagunas o fuentes hídricas cercanas
- No existen ecosistemas sensibles

6.7.5. Impacto social

Dentro del impacto social se tiene que el lugar se encuentra cercana al volcán Imbabura que es una zona turística, la misma que es visitada por propios y extraños, utilizando a la comunidad como punto de entrada, esto permite que, con la colocación de un sistema de generación eólica tenga un mayor atractivo para la cabaña permitiendo dinamizar la economía del sector.

De la misma forma permite que los gastos en el del consumo de energía sean mínimos generando una mayor rentabilidad al negocio.

6.7.6. Impacto de ruido

Todos los equipos del generador eólico cuentan con los estándares más altos de calidad en especial las palas que son fabricadas mediante uso de la aerodinámica permitiendo que los niveles de ruido producidos al girar con los flujos de aire sean los mínimos.

Las viviendas más cercanas están ubicadas a una distancia de unos 500 m a la redonda lo cual hace que debido a la distancia la onda del ruido no afecte a los alrededores.

6.7.7. Impacto visual

Se consideró que el impacto visual debe ser mínimo debido a que el aerogenerador es de 500w haciendo que el equipo sea más pequeño en comparación a otros de una mayor potencia, entre otros aspectos con la finalidad de mitigar los efectos visuales se pintó el poste de acuerdo al color de la vegetación haciendo que luzca como un elemento más del medio ambiente que rodea al generador. Aunque el efecto visual sea mínimo no se puede desmentir que esta existe, pero en comparación de los parques eólicos esta no produce gran contaminación.

Con el avance de la tecnología permite que el diseño de las aspas así como del rotor y las carcasas sean cada vez más amigables al ser humano.

6.8. Presupuesto del proyecto

DETALLE	CANTIDAD	UNIDAD	TOTAL (USD)
SUMINISTROS & EQUIPOS			
Anemómetro Kestrel 4000NV	1	526,40	526,40
Soporte de veleta	1	78,40	78,40
Aerogenerador Exmork ZH 500W	1	1108,80	1108,80
Inversor Exmork100VA	1	448,00	448,00
Batería NARADA AGM 100VA	2	296,80	593,60
Poste de hormigon 11m x 350Kg	1	140,00	140,00
Acople tubo galvanizado para poste	1	39,89	39,89
CABLES			
Alambre Cableado 7 hilos # 8 AWG	50m	1,35	67,76
Alambre sólido # 10 AWG	5m	1,10	5,50
Alambre sólido # 12 AWG	100m	0,46	46,00
ELEMENTOS DE AISLAMIENTO			
Manguera de luz 1/2"	50m	0,29	14,56
Cajetín octogonal plástico	5	0,34	1,74
Cajetín rectangular plástico	4	0,34	1,39
Caja térmica 2 espacios sobre riel	1	4,50	4,50
Grapa metálico 1/2"	25	0,04	1,10
Boquilla plafón BTICINO E27	4	1,36	5,42
Cinta Taype 15y	4	0,90	3,60
Tornillos auto perforante 1/2" x 8	25	0,04	1,10
Tornillos cole patos 1/2"x8	20	0,03	0,60
Terminal tipo ojo	10	0,70	7,00
ELEMENTOS DE PROTECCION			
Breacker de riel 10A	1	5,90	5,90
Breacker de riel 2A	1	5,50	5,50
Varilla cooperwell 90cm	1	5,86	5,86
Enchufe polarizado	1	1,35	1,35
ELEMENTOS DE GARGA			
Lámpara LED Tipo SP70	4	26,88	107,52
Tomacorriente doble polarizado	1	1,40	1,40
Interruptor simple	2	1,44	1,44
Interruptor doble	1	2,30	2,30
ALQUILER			
Andamios (5 pares x 15 días)	15	2,00	30,00
Trepadora de poste y arnes	1	10,00	10,00
TRANSPORTE			
Equipos y materiales	1	160,00	160,00
Personal de trabajo	2	30,00	60,00
MANO DE OBRA			
Montaje del poste	1	20,00	20,00
Montaje del Aerogenerador	1	100,00	100,00
Montaje e instalación de complementos del	1	50,00	50,00
Instalación eléctrica interna de la cabaña		50,00	50,00
TOTAL PROYECTO			3706,63

6.9 Análisis Financiero

Tabla N 25 Análisis financiero

TOS BASIC	UNIDAD	INVERSION		[USD]										
Tasa de A	%	PROYECTO		6.706										
Costo de e	[cSU/kWh]													
PRG	[cSU/kWh]	Total		6.706										
Costo de t	[cSU/kWh]	Operación y Mantenim		50										
Precio med	[cSU/kWh]	Consumo mensual		150 kWh	1800	anual	kWh							
Pérdidas a	%	Arriendo de cabaña		100										
CASO REFERENCIAL														
AÑO	ENERGIA DEMANDA	COSTOS [USD]				BENEFICIOS [USD]				BENEFICIOS NETOS	VALORES ACTUALIZADOS			
		KWh	INVERSION	ADMINISTRACION	O&M	TOTAL	AMORRO POR NO COMPRA DE	ARRIENDO DE LA CABAÑA	AMORRO CALIDAD DE SERVICIO		TOTAL	COSTOS	BENEFICIOS	B. NETOS
-3														
-2														
-1														
0		6.706			6.706					-6.706	6.706		-6.706	
1	1.800,00		290,0	50	340	225,00	1.200,00		1.425	1.085	304	1.272	969	1.834
2	1.800,00		290,0	50	340	225,00	1.200,00		1.425	1.085	271	1.136	865	2.606
3	1.800,00		290,0	50	340	225,00	1.200,00		1.425	1.085	242	1.014	772	3.296
4	1.800,00		290,0	50	340	225,00	1.200,00		1.425	1.085	216	906	690	3.911
5	1.800,00		290,0	50	340	225,00	1.200,00		1.425	1.085	193	809	616	4.461
6	1.800,00		290,0	50	340	225,00	1.200,00		1.425	1.085	172	722	550	4.952
7	1.800,00		290,0	50	340	225,00	1.200,00		1.425	1.085	154	645	491	5.390
8	1.800,00		290,0	50	340	225,00	1.200,00		1.425	1.085	137	576	438	5.781
9	1.800,00		290,0	50	340	225,00	1.200,00		1.425	1.085	123	514	391	6.130
10	1.800,00		290,0	50	340	225,00	1.200,00		1.425	1.085	109	459	349	6.442
11	1.800,00		290,0	50	340	225,00	1.200,00		1.425	1.085	98	410	312	6.721
12	1.800,00		290,0	50	340	225,00	1.200,00		1.425	1.085	87	366	278	6.970
13	1.800,00		290,0	50	340	225,00	1.200,00		1.425	1.085	78	327	249	7.192
14	1.800,00		290,0	50	340	225,00	1.200,00		1.425	1.085	70	292	222	7.390
15	1.800,00		290,0	50	340	225,00	1.200,00		1.425	1.085	62	260	198	7.567
16	1.800,00		290,0	50	340	225,00	1.200,00		1.425	1.085	55	232	177	7.725
17	1.800,00		290,0	50	340	225,00	1.200,00		1.425	1.085	50	208	158	7.866
18	1.800,00		290,0	50	340	225,00	1.200,00		1.425	1.085	44	185	141	7.992
19	1.800,00		290,0	50	340	225,00	1.200,00		1.425	1.085	39	165	126	8.104
20	1.800,00		290,0	50	340	225,00	1.200,00		1.425	1.085	35	148	112	8.205
21	1.800,00		290,0	50	340	225,00	1.200,00		1.425	1.085	31	132	100	8.294
22	1.800,00		290,0	50	340	225,00	1.200,00		1.425	1.085	28	118	90	8.375
23	1.800,00		290,0	50	340	225,00	1.200,00		1.425	1.085	25	105	80	8.446
24	1.800,00		290,0	50	340	225,00	1.200,00		1.425	1.085	22	94	71	8.510
25	1.800,00		290,0	50	340	225,00	1.200,00		1.425	1.085	20	84	64	8.567
26	1.800,00		290,0	50	340	225,00	1.200,00		1.425	1.085	18	75	57	8.618
27	1.800,00		290,0	50	340	225,00	1.200,00		1.425	1.085	16	67	51	8.663
28	1.800,00		290,0	50	340	225,00	1.200,00		1.425	1.085	14	60	45	8.704
29	1.800,00		290,0	50	340	225,00	1.200,00		1.425	1.085	13	53	41	8.740
30	1.800,00		290,0	50	340	225,00	1.200,00		1.425	1.085	11	48	36	
TOTAL	54.000	6.706	8.700	1.500	16.906	6.750	36.000	-	VALOR PRESENTE	9.445	11.479	2.034		10
									TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)			15,99%		
									RELACION BENEFICIO/COSTO (B/C)			1,30		
									VAN			1.816		

Fuente: Los autores

Para el análisis de costos y beneficios con una proyección de 25 años se realizó tomando en cuenta los costos tanto de inversión, operación y mantenimiento más gastos administrativos de la cabaña.

Teniendo como resultado de todo el proyecto que a un plazo de 10 años se recuperara la inversión inicial, por la producción de energía eléctrica y la utilidad generada por la cabaña.

6.10 Bibliografía

- Bernal, C. (2010). Metodología de investigación. Pearson Educación.
- Bridgewater, A., & Bridgewater, G. (2009). Energías alternativas handbook. Madrid: Poraninfo.
- Escudero Lopez, J. (2008). Manual de energía eólica. Mundi Prensa.
- Fernandez Salgado, J. M. (2009). Tecnología de las energías renovables. Mundi Prensa.
- Flores Fernandez, J. J. (1999). Tecnología de electricidad. Madrid España: Paraninfo.
- Harper, E. (2003). Manual de electricidad industrial. Ortega Editores.
- Hermosa, A. (2009). Principios de electricidad y electrónica I. Alfaomega.
- Ing. Orbegozo, C., & Ing. Arivilca, R. (2010). Energía eólica "Manual técnico de pequeñas instalaciones". Green Energy.
- Jarrin, P. (2003). Guía practica de investigación. ULLOA.
- Juana Sardón, J. M. Energías renovables para el desarrollo. Madrid-España.
- Pinilla, A. (1997). Manual de aplicación de la energía eólica. INEA.
- Roldan Viloría, J. (2009). La Electricidad y sus Aplicaciones. creaciones copyrigh,Sl.
- Villaroel, J. (1985). Manual de investigación documental. Siglo XXI Editores.

Manuales y revistas:

- Atlas Solar del Ecuador CONELEC

- La Constitución Política de la República del Ecuador.
- Manual Práctico de Evaluación de una Instalación de Energía Eólica a Pequeña Escala, Walter Hulshorst de la Universidad Politécnica de Madrid

6.11 Fuentes de consulta del Internet

- www.conelec.gob.ec
- <http://www.proviento.com.pe/>
- www.windpower.org
- http://www.si3ea.gov.co/si3ea/documentos/documentacion/energias_alternativas/material_difusion/manualE%F3licaweb.pdf
- http://www.motiva.fi/myllarin_tuulivoima/windpower%20web/es/tour/wres/index.htm
- www.espaol.weather.com
- <http://www.mitecnologico.com/>
- <http://www.bladecleaning.com/problematika.htm>
- www.gstriatum.com
- <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Energia/Energia52/HTML/articulo03.htm>
- www.bladecleaning.com/problematika.htm
- www.cursotaller.com
- www.energias.bienescomunes.org
- www.alumnatbiogeo.blogspot.com/2009/03/componentes-de-un-aerogenerador.html
- www.manualdelusuario,whisper500.com
- www.americanbattery.com
- www.cecua.es
- www.illinoiswindandsolar.com

Anexos

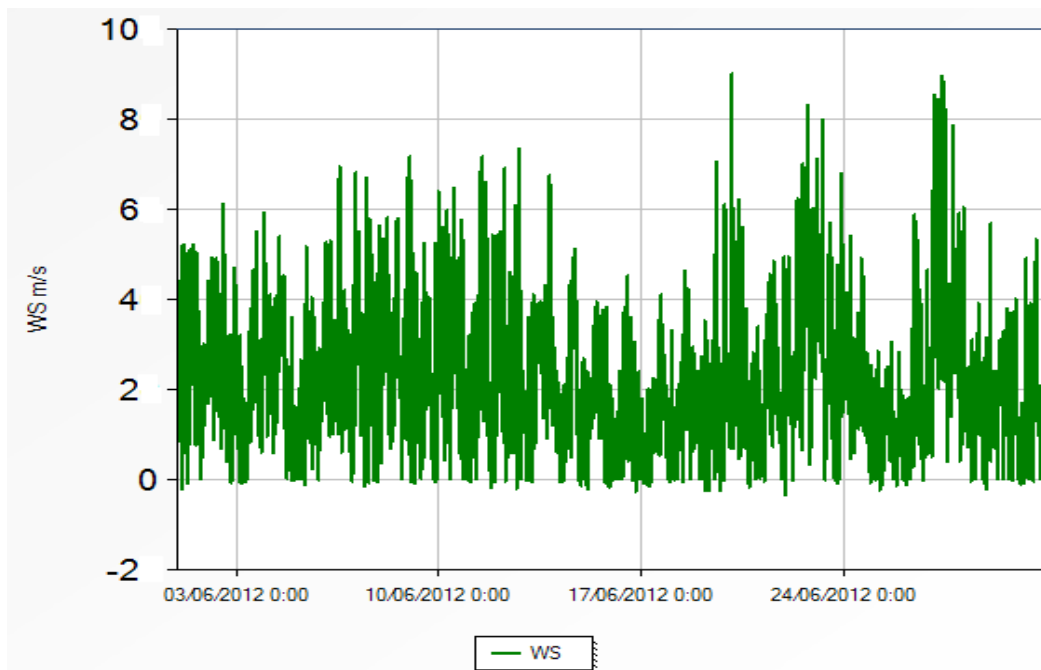
ANEXO A: Matriz de Coherencia Interna

<p>TEMA: IMPLEMENTACIÓN DE UN GENERADOR EÓLICO COMO SISTEMA ALTERNATIVO DE ENERGÍA RENOVABLE, EN LA CABAÑA EL SOL DEL SECTOR EL TABLÓN UBICADA EN LA COMUNIDAD NARANJITO PARROQUIA CARANQUI CANTÓN IBARRA, A PARTIR DEL AÑO 2012.</p>	
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVO GENERAL
<p>¿Cómo implementar un sistema de generación eléctrica eólica en la cabaña El Sol del sector El Tablón, utilizando como recurso renovable los flujos de aire que produce el viento para dotarla de energía eléctrica?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Implementación de un sistema alternativo de energía renovable, con la finalidad de generar electricidad mediante el uso de los recursos renovables.
INTERROGANTE	OBJETIVOS ESPECÍFICOS
<p>¿Cómo determinar las condiciones favorables para implementar un sistema de generación eólica en la cabaña El Sol?</p> <p>¿Cómo disminuir la contaminación del medio ambiente causados por los generadores tradicionales de electricidad?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Dimensionar la demanda de energía eléctrica utilizando los datos recopilados del viento para implementar un adecuado sistema eólico en la cabaña El Sol. • Implementar nuevas alternativas de generación eléctrica, mediante recursos renovables para contribuir en la preservación del ecosistema.

ANEXO B. Frecuencia del viento en el mes de junio

HORA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
0:00	1,8	4,4	1,8	4,8	0,5	3,9	0	4,5	7,1	3,8	0	4,5	1,1	1,8	2,7	0,7	1,7	0,4	1,1	1,5	0,8	2,6	3,3	5,2	0	0,5	2,3	3,7	1	1,4
0:20	1	1,7	1	3,3	0	3,1	0,7	0,4	4,7	4,2	2,5	4,2	0,6	1,2	1,3	1,3	1,7	0,8	1,5	1,6	1	2,4	2,6	2,2	2,2	1,5	2,4	2	0,9	1,2
0:40	0,9	3,1	1,4	2,6	1,4	3,9	2,4	2,4	5,7	5,3	1	5,4	0	2,4	0	0,6	1,4	1,3	0	1	2,3	3,8	2,6	1,8	0,9	1,4	1,4	0,4	1,3	0
1:00	1,8	2	1,5	3,5	1,6	3,4	1,6	3,9	0	3,9	1,7	2,7	1,8	2	0,8	1,1	1	0,4	0,9	1,9	3,4	4,6	2,5	2,7	0	0,9	1,4	1,4	2,8	0,7
1:20	4,4	2,4	1,9	1	1,4	2,2	0,6	2,1	2,9	2,2	3,2	3,1	1,8	1,6	0,9	0,8	0,9	0,9	1	1,4	1,9	2,5	6,4	3,2	0,8	0	0,5	1,7	4	1,3
1:40	1,2	3,1	1,6	1,9	0,6	4,3	4,2	4,9	5,2	2	2	2	1,4	0,6	1,1	0,9	0	3,3	2,6	0,7	2,3	3,5	7	3,3	0	1,8	2	2,8	3,6	0
2:00	1,5	4,4	0,4	3,5	0	3,8	3,3	5,2	2	3,4	3,1	2,1	0,5	1,3	0,3	0	0	1,6	2,5	1,6	0,7	3,5	5	3,9	1	1,3	6,3	1,1	5,6	0
2:20	0	2,1	0	4	1	5,2	1,2	3,5	1,9	4,7	0,8	2,7	1,1	1,2	0	0,9	0,4	1,6	1,2	2	1,8	4,9	4,7	2,8	1,3	0,7	4,9	1,8	0,5	0
2:40	0	3,9	1,6	2,2	1,5	1,5	2,6	2,4	1	5,6	0	5,5	3,6	0,6	0	0	1	1	1,4	4	0	1,8	5,5	3,5	1,7	0,8	3,3	0,8	2	0
3:00	1,9	4,9	1	1,6	1,4	3,5	6,8	4,8	1	4,3	2,3	2,2	1,5	2,1	1,8	0,8	0,3	1,2	1,7	9	1,2	1,5	4,4	4,1	2,2	0	6,9	3	0,9	0
3:20	5,2	2,8	3,2	2,8	1,3	2,6	3,8	3,1	2,2	1,4	1,8	3,6	0	1,7	2,3	0,7	1	0,6	1,2	2,6	0,7	2	3,1	2,3	0	1,3	5,4	6	1,9	0
3:40	3	1,9	0,7	3	1,3	3,2	3,5	3,1	4,5	3,4	1,6	3	0,7	1,2	0	1,4	0	0	0	1,2	1,6	1,3	3,6	3,3	1,3	0	8,5	4,6	1,9	1,7
4:00	3,5	4,7	0	4,1	2	3,5	3,6	4,8	0	1,3	0,5	2,1	0	0,4	0	0,7	0	1,2	1,2	0,7	1,3	2,5	3,4	2,6	0,7	0	2,9	1,9	2,4	0,5
4:20	4,7	1,4	0	3,4	1,2	5,2	2,7	3,2	1,6	3,1	1,6	3,1	0,7	0	1,3	0,9	0,7	1,3	1,2	1,9	1,3	1,7	3,9	2,7	2,2	0,6	4,1	2,3	1,7	1,3
4:40	3,2	1,6	0,7	2,3	1	2,9	2,7	2,8	1,6	0,9	3,7	1,1	1,4	1,8	1,7	0	0	1,1	3,5	3,5	1	1,7	3,6	1,5	2,8	1,6	4,6	1,7	2,2	0
5:00	5,2	2	1,6	1,5	1,6	4	2,8	5,8	4,5	0,6	0,7	1,8	0	1,5	1,9	1,5	1,3	1	0	6	1,6	1,2	2,8	1,6	0,8	1,1	6,1	1,1	1,9	0
5:20	2	0,9	0	3,4	2,6	2,9	5,5	3,6	3,8	3,1	2,2	1,5	3,9	1	1,5	0,8	0,6	0	0	3,3	1,5	1,3	3,7	0,6	1,8	0,5	5,9	1,1	1,6	0
5:40	0,6	3,4	1,6	3,2	0	1	2,8	3	3,9	3,2	2,1	2,8	0,6	0,5	1,7	0,6	1,1	1,4	0	2,4	0,4	0	3,8	5,4	1,9	0,4	4,8	1,1	1,9	0
6:00	1,7	2	1,7	1,8	2,5	5,3	3,5	4,5	1,7	2	3,9	5,2	2,5	1,2	0,9	2,4	2	1	3,1	1,2	0	0,6	6,2	2	0	1,8	5,9	1,6	2,4	1,4
6:20	2,4	1,6	1,1	0,6	1,8	1,4	3	1,4	2,3	1,6	2,4	4,3	4,1	0,7	2,2	0,6	1,2	1,2	0,7	2,2	1,6	2,2	7,8	2,4	0	0,6	8,4	1,3	1,3	0
6:40	0,4	3,5	1,7	2,4	1,9	3,3	2,1	2,1	2,4	5,6	1,6	6,8	2,2	0	1,7	1,1	0,7	2	0,8	2,2	0,6	2,8	7,4	0,8	2	0,4	4,2	0,8	0,7	1,5
7:00	0	2,8	1,4	1,6	0	2,4	1	1	1,6	5,6	0	0	1,2	0	1,4	0	0	1,5	1,6	3,8	0,6	2,5	2,7	1	0,9	0,7	2	0,8	0,9	3,8
7:20	1,9	4,9	0,7	1,7	2,2	1	3,4	1,4	0,8	3,8	1,9	3,4	1,5	0	1,4	1,2	0	1,8	2,4	3	3,1	1,2	2,7	2,9	0	0	3,8	1,8	2,2	1,8
7:40	1,4	3,1	0	2,3	2	2,1	2,3	2,8	1,7	2,1	2,4	0,5	0,7	0,5	1,5	0	1,8	1,8	0	4,3	3,6	1,5	2,2	2,9	0	1	3,5	2,5	1,6	4,9
8:00	2,1	3,5	0	1	1,6	3	3,7	0,7	1,4	0,8	2,1	3,1	2,2	2,1	3,4	0,6	1,7	1,6	0	1,8	2	1,9	1,1	0,9	1,5	0,6	5,4	1,5	1,2	1,3
8:20	0,8	2,6	0,4	2,1	1,2	3,2	2,4	1,9	2,1	1,7	3,1	2,4	1,8	0,4	2,3	0	0	2,2	1,7	3,6	1,6	1,8	2,5	0,7	0,9	3,3	7,7	1,5	0	1,3
8:40	3,8	3,1	0	3,9	0,8	1,8	2,4	2,6	1,1	1,2	1,1	2,5	2,2	0,8	3,2	1	0,4	1,4	2,5	2,2	2,3	1,4	0	2,2	0	1,9	3,5	1,5	2,2	3,2
9:00	1,3	2,4	1	3,8	0	3,5	3,6	1,9	3,1	0	1,4	1,5	1	0,4	2,5	1	1,2	2,6	2,3	2,2	2	3,6	1,2	1,4	0	2,1	4,7	1,6	2	2,4
9:20	3	3,3	1,5	2	3,9	2,9	1,8	0,9	0	1,4	4,1	3,2	3	1,1	1,8	2	0,9	1,5	1,1	6,2	3,2	1,6	1,3	2,9	0,9	2,8	6,7	1,4	2,3	1,7
9:40	5,1	4,1	0,8	1,3	0,9	2	0	3,7	3,9	1,2	6,8	2,4	3,2	1,2	1,5	2,4	0,9	0,7	1,7	0,6	3,1	6,1	2,1	1,5	1,1	0,3	8,8	1,5	3,1	0
10:00	2,4	2,5	2,2	3	5,1	3,4	0	2	1,7	3,1	3,3	0,5	2,9	1,9	2,5	3,8	1,7	3,2	1,2	2,2	4,1	4,7	2,3	3,1	2	4,7	2,2	0	2,2	2,1
10:20	3,9	1,4	1	2,5	3,5	2,6	0,5	2,6	2,3	4,9	5,6	2,4	3,4	2,7	2,3	1,2	2,2	0	0,8	4,5	4,4	1,8	1,4	2,4	1,5	4,8	8,6	0,6	2,9	2,9
10:40	2,1	1,5	1,4	2,4	3,3	3,3	0	1,2	1,9	1,6	4,5	2,5	3,9	0,7	3,8	1,6	0,6	1,2	0,9	3,3	4,2	1,6	3	2,9	1	5,8	7,2	3,1	1,8	2,4
11:00	3,3	0,7	3,3	3	2,8	1,3	0	2	0,5	3,3	1,6	3	3,7	2,2	3,7	1,2	1,4	1,3	3	4,5	4,5	3,3	3,4	2,3	1,2	2,1	4,5	1,4	1,9	3,9
11:20	2,3	2,3	1,2	4,4	3,6	3,5	1,8	3,8	1,1	4,6	6,7	4,6	2,7	3,7	3,8	2,3	2,1	1,3	2,5	5,2	2,8	4	4,5	3,7	1	4	3,6	1,7	1,8	2,7
11:40	3,1	2	1,1	5,4	3,2	2	4,4	3,8	2,4	4,8	4	3,6	3,9	4,3	1,5	0,7	2	4,5	2,3	4,2	1	5,3	4,9	2,5	1,2	5,7	2,5	1,2	1,8	2
12:00	5,2	3,5	3,8	4,2	1,3	4,6	1,4	4,9	3,8	6,4	5	3,9	3,6	3,1	3,1	1,9	1,9	3,9	1,4	2,6	3,5	4,4	2,8	3	2,3	2,9	4,5	1,3	0	1,3
12:20	3	4,1	1,3	3,3	2,7	4,8	6,7	3,7	5,2	5,4	7,1	2,2	3,9	0,5	1,9	1,9	2,2	2,5	2,2	5,6	3,5	5,8	3,8	3	2,4	4,9	3,9	2,8	2,3	2,6
12:40	4,2	4,4	3,5	3,4	3,7	1	2,9	4,3	1,9	6,4	2,1	4,1	3,7	4,4	3	4,5	1,9	3,6	0	3,4	2,4	1,7	5,7	1,1	1,7	2,4	6,8	0	0	1,3
13:00	1,9	6,1	2,5	3,2	1,9	5,9	4,3	4,6	1,6	6,2	2,9	3,4	2,8	1,1	0,9	0,6	1,1	2,3	2,7	1,2	2,3	0,9	3,1	3,1	1,8	1	8	2,7	2,7	0
13:20	2,9	3,7	2,5	3	0,8	6,7	1,6	5,8	1,9	4,4	1,4	3,3	2,4	2,8	2,8	1	2,1	2,6	3,5	1,3	0,8	5,5	3,4	2,9	2,5	3,6	2,5	1,2	3,2	3,2
13:40	2,2	5	1,6	3	2,1	6,6	0	4,7	2,2	2,6	6,2	1,1	2,5	4,5	2,5	2,5	0,9	1,1	5	1,6	4,8	3,5	4,6	1,4	1,8	5,2	1,3	2,4	1,3	2,2
14:00	2,8	3,2	3,8	2,8	2,3	2,9	4	2,5	2,1	3,8	3,4	4,5	3,6	2,9	3	2	3,5	2,2	2,6	0,7	3,1	2,4	4,6	1,5	0,5	0,8	0,5	0,6	1,1	1,6
14:20	0,8	3,5	4,6	3,1	4	6,2	5,7	4,3	2,7	2,4	5,6	0,6	1,4	4,9	3,6	1,8	1,9	1,1	0,3	1,5	2,8	7	0,9	3,2	0,6	3,3	4	3,2	2,7	2,4
14:40	5	3,4	2,2	2,8	0,6	3	1,4	2,5	1,8	2,7	6,6	2,9	2,3	3,9	2,1	1,2	1,1	2,6	7	3,8	4,6	2,5	3,7	4,8	0,6	4,2	2,6	2,1	2,3	1,4
15:00	3	1,1	1,8	3,8	0,5	4	2,1	2,2	1,8	3,1	5,7	5,1	3,8	3,7	3,2	3,6	0,9	4,2	3,2	1,8	1,9	4	2,9	4,7	0,9	3	4,3	1,1	3,8	5,3
15:20	3,5	2,9	1,8	2,6	2	0,7	4	2,1	1,8	2	4,6	3	3,7	4,2	0,9	2,1	3,5	3,5	2,8	1,8	3,9	3,6	2,8	4,3	2,3	2,6	3,5	2,2	3,8	3,5
15:40	0,8	3,1	2,5	2	2,7	1,6	5	2,5	4	2,8	5,3	3,6	4,3	3,8	3,6	0,4	2,2	2,8	0,7	1,4	1,8	5,4	1,4	3,5	3	2,1	4,3	1,7	1,6	4,8
16:00	2,4	2,1	3,4	0,8	1,7	3,7	3,8	2,7	3	1,6	2,6	6	3,8	5,1	3,4	1,8	2,6	2,8	2,3	1	2,7	5,2	3,3	4,5	0,9	1	2,1	3,9	0,4	3,8
16:20	1	0,4	3,5	0	1,9	2,4	1,9	1,8	3,3																					

17:20	0,8	2,4	2	2,5	2,6	2	3	0,9	1,8	0,6	1	3,5	1,9	3,3	2,5	1,8	1,9	1,1	0	0	1,7	5,6	2,1	2,8	1,2	1,8	1,4	2,5	0,7	1,7
17:40	1,5	3,1	2,8	1,9	2,2	4,2	2	0	0,7	2	0,9	2,5	2,3	1,8	2,3	0	4,1	2	0	0	1,8	3,4	0	2,2	0,5	2	3,7	2,2	0,9	1,9
18:00	0,9	1,8	1,4	0	1,6	1,2	0,8	1,2	0	0,5	1,1	1,8	3,7	1	1,2	1,8	1,9	0,6	2,5	1,4	2,9	4,9	2,8	2,2	0,9	1,1	4,2	2,1	3,3	1,4
18:20	1	0	2,1	1,1	2,7	1,9	0	1,5	0,9	4,4	0,9	2,8	5,9	1,7	3,2	3	3	1,5	1,8	0,9	1,1	8,3	0	2,1	0	0,8	5,6	2,5	2,5	1,7
18:40	0	1,2	1	1,6	0,8	2,7	2	2,1	2,1	5,7	0	7,3	6,7	1,9	3,1	0	2,3	0,8	1,8	0,7	1,7	5,7	0,9	1,3	0,7	1,5	7,7	1,5	0	2
19:00	1,1	3,2	1,1	2,5	1,3	3,8	4,3	2,7	0	2,9	0	4,6	4,6	0	2,5	2,4	2,4	2,9	2,3	1,9	1,9	6	4,6	1	1,3	0,5	7,3	2,6	1,1	0
19:20	1,8	0	0,9	1,9	1,4	2,6	3,7	3,6	0,9	0,7	2,1	1,4	3,3	0,7	3,8	0	2,2	2,1	0,9	0,7	1,2	4,7	3,9	2,7	0	1	4	1,7	1,7	1,2
19:40	0,5	0,9	0,9	1,6	1,5	2,4	3,4	2,5	2,1	0	1,3	4,2	2,9	0,9	1,7	0	1,5	1	0,7	0,5	0,8	3,9	2,7	2,5	0	1,3	2,4	1,1	0	1,2
20:00	1,4	1,1	3,1	1,9	0	3,3	2,5	4,2	2,3	0,9	0,7	1,7	6	0,8	1	1,9	1,2	0,7	2,3	1,7	1,3	0,7	1,7	1,4	1,2	1,6	3,3	0	3,7	0
20:20	2,7	1,7	1,6	1,1	2,7	2,5	1,2	3,1	2,1	2,8	4	0	3,2	1	1,7	1,1	0,5	1,2	3,8	1,7	1,2	0,5	4	0,8	0,6	1,7	2,4	1,3	1,1	1,5
20:40	3	0	1,4	1	1,1	2,1	0,9	1,4	5,2	5,3	5,4	2,3	3,5	0	0,7	0,9	1	1,4	0	2,8	1,3	1,7	0	1,1	1,2	2,9	5,1	1,3	1,5	0
21:00	2,5	0,8	0,6	1,1	2,9	1,7	0	1	3,7	2	4,6	2	3,3	1,6	0,9	1,9	1,9	2	2,4	2,4	0	2,9	4,6	1,1	1,1	2,9	3,6	2,7	2	1,6
21:20	1,3	3,4	1,3	2,6	1	3,2	3	3,2	0	2,3	1,9	1,7	1,2	0,6	0	1,1	2	0,8	6,1	2,3	1,7	2,3	3,1	1	1,4	4,6	2,5	1,7	1,8	2,1
21:40	1,3	1,3	1,1	0	0,8	2,6	3	6,7	1,5	0,9	0,9	1,9	3,2	1,2	0	2,4	0,9	2	2,8	2,4	1	3,9	4,6	1,9	2,2	0,6	2,6	0	1,3	1,6
22:00	1,8	4,6	2,3	1,3	2,7	2	5,6	3,5	2,1	1,4	0,7	2,4	2	0	2,1	1,1	0	1,5	2,7	2,3	3,4	4,9	6,8	0	2,8	2,4	2,6	0	4	2
22:20	2,6	3,9	2,4	3,6	1,6	0,6	0,9	3,2	0	2,2	0,5	1,3	1,7	0	0,4	1	0,8	0,9	1,3	0,9	4,2	4,5	4,2	0,5	1,3	2,9	3,6	0	2	0
22:40	1,7	4,1	2,7	1,6	2,1	2,7	1,4	4,2	2,5	2,1	0	1,4	1,1	1,1	0,7	0	0,9	2,3	2	0	4,9	6	1,5	2,5	2	2	2,9	3,1	1,1	1,9
23:00	2,2	4,3	5,4	1,3	1,3	1,3	1,2	2,9	1,8	0,6	2,3	1,1	2,3	1	1	1	0,9	1	1,9	1,4	2,9	3,8	2	1,7	0,8	1,6	1,9	1,8	1,2	4,6
23:20	2,1	3,5	5,7	1,4	2,1	1,9	3,6	1	3,9	1,9	1	1,1	0,9	1,4	1,8	0,5	1,6	2,4	2,8	0,6	0	2,5	2,6	1,7	1,7	1,9	5,2	2,6	2,2	4,2
23:40	2,7	3,9	2,8	0,6	1,8	2	3,3	1,1	6,4	1,6	4,8	1,6	3,5	1,8	0	1,7	0	1,3	1,9	1,2	0	3,3	1,7	1,7	2	2,3	5,8	2,1	1,9	1,1

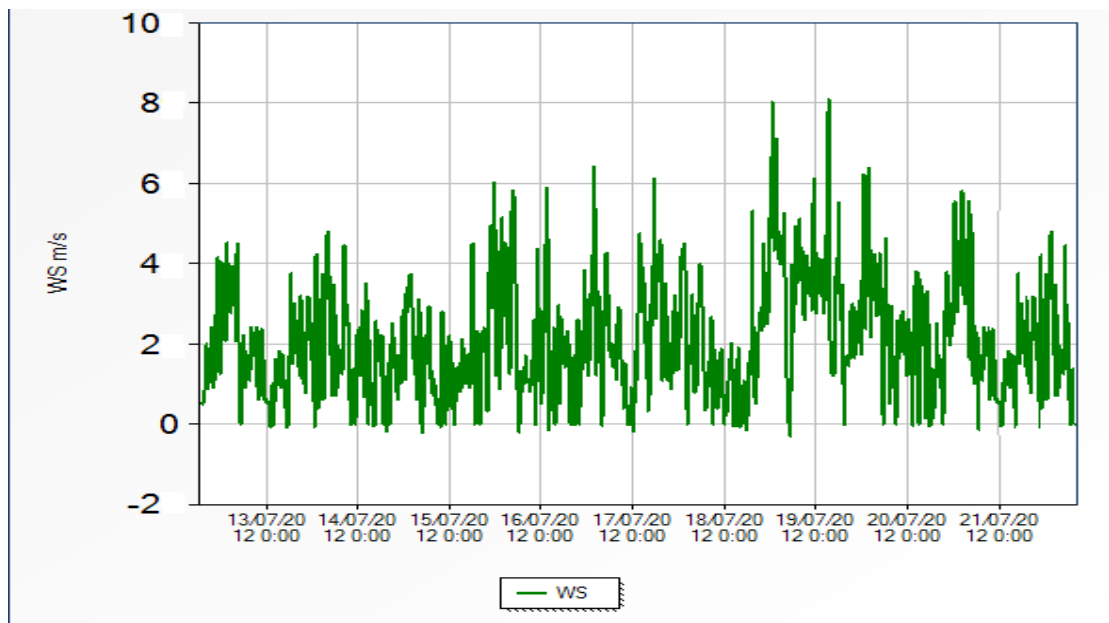


Fuente: Los Autores

ANEXO C. Frecuencia del viento en el mes de julio

HORA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
0:00	0,6	4,2	1,8	2,3	0,9	4,2	1,1	2,6	4,5	3,7	1,1	1,8	0,6	1,3	2,2	0,6	0	0	2,8	1,4	2,2	0	4,8	0	2,2	0	5,2	1,7	3,1	0,8	0
0:20	1,2	1,3	3,4	0,9	1,4	2,1	2,1	2,4	4,2	2	1,5	3,4	0,5	2,4	0,8	1	0	0,7	4,1	2,6	0,8	0,7	3,3	0,7	0,8	0,7	2,2	1,7	2,2	1	0,9
0:40	1,5	2,4	2,4	0,4	0,6	3,8	1,8	3,8	5,4	0,4	0	2,4	0,5	1,2	0,4	2,8	1,8	0,3	3,9	1,8	0,4	0,3	2,6	2,4	0,4	0,3	1,8	1,4	1,8	0,8	1
1:00	0,6	0	2,4	1,7	1,3	2,6	2,2	4,6	2,7	1,4	0,9	2,4	0	2,8	1,5	2,4	1,1	1	4	1,2	1,5	1	3,5	1,6	1,5	1	2,7	1	1	3,1	1,4
1:20	2,4	0	1,3	0	0	4	2,4	2,5	3,1	1,7	1	1,3	0	2	0	5,3	2,2	1,2	3,2	0	0	1,2	1	0,6	0	1,2	3,2	0,9	2	0	1,9
1:40	3,1	1,2	2	0,9	0	5,9	2,1	3,5	2	2,8	2,6	2	1	0,7	1,1	5,4	4,6	1,7	4,1	2,7	1,1	1,7	1,9	4,2	1,1	1,7	3,3	0	0	0,7	1,5
2:00	2,8	1	0	1,6	1,7	4,7	3,5	3,5	2,1	1,1	2,5	0	0	3,2	1,4	0	4,3	1,9	2,8	3,5	1,4	1,9	3,5	3,3	1,4	1,9	3,9	0	0	1,1	2,3
2:20	2,1	1,2	0,5	1,3	0	3	0	4,9	2,7	1,8	1,2	0,5	1,5	3,1	1,3	1,4	2,8	0	3,2	3,8	1,3	0	4	1,2	1,3	0	2,8	0,4	1	0,5	1,7
2:40	5,7	1,2	3,5	0	0,8	2,8	0	1,8	5,5	0,8	1,4	3,5	1,5	0	1,5	1,1	3,9	0,6	4,7	3,3	1,5	0,6	2,2	2,6	1,5	0,6	3,5	1	0	0	0,9
3:00	0,7	3,1	2,4	1,2	1,8	2,7	1,3	1,5	2,2	3	1,7	2,4	1,1	2,1	0,8	0,4	3,2	0,7	3,8	0	0,8	0,7	1,6	6,8	0,8	0,7	4,1	0,3	0	0	1,8
3:20	3	3,9	2,7	0	0,9	2,8	1,8	2	3,6	6	1,2	2,7	1,8	0,5	2,1	2,4	2	0	8,1	3,5	2,1	0	2,8	3,8	2,1	0	2,3	1	0	3,2	1,3
3:40	0,6	3,8	4,8	1,1	1,3	1,3	3,2	1,3	3	4,6	0	4,8	0,9	1	1,5	0	2,5	1,9	2,9	2,6	1,5	1,9	3	3,5	1,5	1,9	3,3	0	0,7	2,9	0
4:00	1,5	4,7	5,7	1,4	0,7	3,4	1,8	2,5	2,1	1,9	1,2	5,7	1,7	0,7	1,2	1,8	0,4	0	1,3	2	1,2	0	4,1	3,6	1,2	0	2,6	0	0	1,7	0,7
4:20	0	0	6,1	0	1,4	2,2	1,1	1,7	3,1	2,3	1,2	6,1	1,6	0	1	2,2	0,8	0,3	1,7	3,2	1	0,3	3,4	2,7	1	0,3	2,7	0,7	1,4	1,3	0
4:40	0	4,2	3,5	0,7	1	1,4	1,7	1,7	1,1	1,7	3,5	3,5	1	2,5	1,5	2,9	1	0	1,2	0,3	1,5	0	2,3	2,7	1,5	0	1,5	0	0	1,5	0
5:00	1,4	1,6	2	1,1	0	2,9	0,9	1,2	1,8	1,1	0	2	0,6	1,8	1,7	0,5	3,9	0,9	1,8	0,9	1,7	0,9	1,5	2,8	1,7	0,9	1,6	1,3	0,7	0,8	0
5:20	0	1,3	5	0	1	3,4	1,2	1,3	1,5	1,1	0	5	0	1,6	0,9	2,5	2,5	1	4,1	3,3	0,9	1	3,4	5,5	0,9	1	0,6	0,6	1,2	2,6	2,7
5:40	0	1,7	4,2	1,7	0	3,2	3,2	0	2,8	1,1	0	4,2	0	2,2	2,3	2,2	6,1	0	3,3	0	2,3	0	3,2	2,8	2,3	0	5,4	1,1	0,8	0	0
6:00	0,9	1,5	2	1,4	1,1	3	3,5	0,6	5,2	1,6	3,1	2	0,8	1,2	4,5	1,7	2,7	0	5,5	1,4	4,5	0	1,8	3,5	4,5	0	2	2	1,4	0	4,2
6:20	0,4	0	6,3	1,2	0	3,5	4,9	2,2	4,3	1,3	0,7	6,3	3,7	2,2	2,2	1,4	3,9	1,3	2,7	0	2,2	1,3	0,6	3	2,2	1,3	2,4	1,2	1,4	3,4	5,9
6:40	1,2	3,6	3,2	0	0	2,9	0,5	2,8	6,8	0,8	0,8	3,2	2,5	0	0	1,8	3,8	1,6	3,2	1	0	1,6	2,4	2,1	0	1,6	0,8	0,7	1,4	1,6	3,1
7:00	2,4	1	3,5	0	0	4,3	1,7	2,5	0	0,8	1,6	0,5	1,5	1,2	2,3	2,3	3,6	1,5	3,2	0,4	2,3	1,5	1,6	1	2,3	1,5	1	3,4	0,6	4	3,9
7:20	2,2	1,2	3	0,9	0,5	4,3	3,1	1,2	3,4	1,8	2,4	0,5	3	0	1,2	1,3	4,5	5,3	0	1	1,2	5,3	1,7	3,4	1,2	5,3	2,9	4,3	0	3,7	3,4
7:40	1,7	2,6	1,6	0	2,6	0	2,1	1,5	0,5	2,5	0	0,7	2,3	0	1,6	0	1,3	0,8	1,6	2,5	1,6	0,8	2,3	2,3	1,6	0,8	2,9	4,9	0	0	0
8:00	1,7	2,7	2	0,4	3,1	2,7	2,2	1,9	3,1	1,5	0	1	2,4	1,5	0	1,4	1,4	1,8	1,5	1,2	0	1,8	1	3,7	0	1,8	0,9	2,9	0	2,6	3,5
8:20	3,3	1,4	1,6	0,6	1	3,8	1,1	1,8	2,4	1,5	1,7	2	2,5	0	2,2	0	1,6	0,5	1,7	1,7	2,2	0,5	2,1	2,4	2,2	0,5	0,7	6	0	1,6	0,9
8:40	1,9	3,3	2,6	0	1,3	2,1	2,7	1,4	2,5	1,5	2,5	0,9	1,2	1,7	1,8	1,7	3,5	2	1,5	0,9	1,8	2	3,9	2,4	1,8	2	2,2	4	0,4	1,5	1,4
9:00	0,6	1,5	3,4	1	1,7	3,1	3,1	3,6	1,5	1,6	2,3	1,2	3,2	2,5	2,4	0	1,6	2,3	2,8	1,6	2,4	2,3	3,8	3,6	2,4	2,3	1,4	1,2	1,2	1,7	2,1
9:20	3	4	3,1	2	0,9	2,9	3,5	1,6	3,2	1,4	1,1	1,1	1,7	2	2,1	0,8	1,1	2,6	2,3	0	2,1	2,6	2	1,8	2,1	2,6	2,9	4,3	1,1	1,2	2,9
9:40	2,4	4,3	1,9	1,2	1	1,6	5,6	6,1	2,4	1,5	1,7	2,4	1	1,4	1,2	2,6	2	2,9	3	2,4	1,2	2,9	1,3	0	1,2	2,9	1,5	1,3	2,1	3,1	1,4
10:00	2,7	3,9	2,6	0,6	0	1,5	3,7	4,7	0,5	0	1,2	1,1	1,8	1,5	0,4	0	0,9	2,4	1,7	3	0,4	2,4	3	0	0,4	2,4	3,1	1,3	1,9	2,7	1,5
10:20	4,7	0	0	1,6	1,8	1,3	2	1,8	2,4	0,6	0,8	1	0,8	0,6	3,4	1,8	1,3	4,5	1,9	3,8	3,4	4,5	2,5	0,5	3,4	4,5	2,4	5,1	0	3,5	2,1
10:40	2,7	1,8	3,3	1,1	3,1	0,6	3	1,6	2,5	3,1	0,9	2,1	3,1	1,7	4,3	2,3	2,4	2,9	2	2,6	4,3	2,9	2,4	0	4,3	2,9	2,9	3,3	1,3	0,6	2,2
11:00	2,9	5,2	1,9	2,3	1,7	3,2	3,6	3,3	3	1,4	3	3,3	2,6	1,3	4,9	1,4	3,2	3,4	2,8	2	4,9	3,4	0	0	4,9	3,4	2,3	4	0,9	2,2	6,8
11:20	4,6	4,1	3,3	1,8	0	3	4,7	4	4,6	1,7	2,5	4,1	3,1	1,1	2,9	3,8	2,7	2,5	2,1	2,1	2,9	2,5	4,4	1,8	2,9	2,5	3,7	4,4	1,7	0	7
11:40	4,9	6,6	2,2	1,8	1,1	6,3	2,8	5,3	3,6	1,2	2,3	1,8	1,6	2,6	6	2,8	1,4	3,5	3,1	3	6	3,5	5,4	4,4	6	3,5	2,5	2	3,5	5,4	2,6
12:00	2,1	5,2	5,7	3,5	0,3	6,2	4,5	4,4	3,9	1,3	1,4	1,4	2,5	2,7	4	1,7	1,6	5,3	1,8	2,6	4	5,3	4,2	1,4	4	5,3	3	4,4	2,5	3,7	3,6
12:20	5,8	5,9	2,2	2,5	1,4	4,4	2,9	5,8	2,2	2,8	2,2	4	1,7	1,1	1,2	1,2	2,3	5,7	5,6	5,5	1,2	5,7	3,3	6,7	1,2	5,7	3	1,4	2	6	4
12:40	3,4	6,5	1,5	1	2,4	2,6	2,3	1,7	4,1	0	0	2,6	0	3,2	4,3	1,8	4,1	8	5,9	4,4	4,3	8	3,4	2,9	4,3	8	1,1	4,2	2,6	5,7	2,8
13:00	1	7,4	4,2	0,8	3,7	7,7	0,9	0,9	3,4	2,7	2,7	3,3	4,2	2,8	1,3	3,2	3,9	4,5	2,4	2,8	1,3	4,5	3,2	4,3	1,3	4,5	3,1	4,8	1,6	3	2,6
13:20	4,6	2,1	6,4	1,6	2,5	2,7	5,1	5,5	3,3	1,2	3,5	2,1	2	3,7	1,3	3	4,5	5,1	4,6	4,2	1,3	5,1	3	1,6	1,3	5,1	2,9	4	1,7	2,9	3,9
13:40	6,3	7,4	4,3	1,1	0,4	5,7	5,1	3,5	1,1	2,4	5	4,5	0,4	3,1	5,1	4,7	4,1	7,1	6,3	4,5	5,1	7,1	3	0	5,1	7,1	1,4	4,3	0,5	2,3	1,4
14:00	4,1	6,2	2,5	2,9	3	2,9	5,3	2,4	4,5	0,6	2,6	3	1,5	3,7	3,3	6,3	2,6	4,2	5,7	3,5	3,3	4,2	2,8	4	3,3	4,2	1,5	4,5	2,5	3,1	1,7
14:20	2,5	3,6	4,5	2,1	3,4	4,5	5,3	7	0,6	3,2	0,3	3,2	2,1	2	4	1,4	0	4,8	2,2	5,8	4	4,8	3,1	5,7	4	4,8	3,2	5,2	3,9	2,6	5,1
14:40	3,3	3,2	3,3	0,5	1,9	4,2	2,9	2,5	2,9	2,1	7	2,8	3,7	1,6	4,4	2,4	1,9	4	3,9	3,6	4,4	4	2,8	1,4	4,4	4	4,8	3,1	3,4	4	3,6
15:00	3,1	3,7	4,4	1,9	3,7	4,3	5,6	4	5,1	1,1	3,2	3,9	0,6	2	2	3,3	1,5	4,3	3,1	3	2	4,3	3,8	2,1	2	4,3	4,7	1,5	0,5	6,5	1
15:20	1,7	4,8	3,6	2,1	1,5	3,4	1,6	3,6	3	2,2	2,8	3,4	3	0,6	4,4	2,1	2,1	4,5	4,2	3,2	4,4	4,5	2,6	4	4,4	4,5	4,3	0,3	1,5	5	4,4
15:40	2,9	2,5	5,1	1,4	1,4	2,9	4,2	5,4	3,6	1,7	0,7	3,5	3,2	2,2	1,4	1,1	3,2	5,2	3,7	3,8	1,4	5,2	2	5	1,4	5,2	3,5	0	8,4	6,1	2,1
16:00	2,9	2,6	4	4,1	1																										

19:00	6,5	2,3	2,6	0,7	3,9	1,4	0,4	6	4,6	2,6	2,3	1,2	1,9	1,2	0,8	1,4	0,4	3,7	2,4	0	0,8	3,7	2,5	4,3	0,8	3,7	1	3,6	0	1,8	1,5
19:20	6,9	5,3	2,7	0,4	4,5	1,2	3,5	4,7	1,4	1,7	0,9	1,7	1,7	1,3	1	2	0,5	3,7	0,5	1,7	1	3,7	1,9	3,7	1	3,7	2,7	0,6	2,7	0	0,9
19:40	4	1,1	1,3	0,9	4,8	1,4	2,3	3,9	4,2	1,1	0,7	1,1	1,3	0,7	1,2	1,1	0,9	5,1	2,9	2	1,2	5,1	1,6	3,4	1,2	5,1	2,5	0,7	2	1,2	5,9
20:00	4,3	3,9	0,9	1,2	3,7	0	1,7	0,7	1,7	0	2,3	2,4	1,6	1,1	1,7	2,5	1,4	3,6	1,9	1,4	1,7	3,6	1,9	2,5	1,7	3,6	1,4	0,7	2,1	1	3,8
20:20	4,3	3	1,6	2,8	1	0,9	1,1	0,5	0	1,3	3,8	1,7	4,3	0,6	1,1	2,9	1,8	4,4	0,9	2	1,1	4,4	1,1	1,2	1,1	4,4	0,8	0,6	4,1	0,5	1,7
20:40	4	1,6	1,6	1,8	2,2	2,3	0,7	1,7	2,3	1,3	0	1,9	4	0,4	1,1	2,6	2,6	3,1	1,6	1,1	1,1	3,1	1	0,9	1,1	3,1	1,1	1,7	3,5	3,9	3,6
21:00	5,7	1,3	0,8	1,9	1,8	3,4	0,4	2,9	2	2,7	2,4	1,8	2,5	0	0,8	1,5	0	2,6	0	2,5	0,8	2,6	1,1	0	0,8	2,6	1,1	1,6	2,5	1,7	3,5
21:20	2,3	5,7	4,3	2,8	1,4	0,8	0,9	2,3	1,7	1,7	6,1	2,4	2,9	0,6	1	1,4	1,8	3,1	2,5	2,9	1	3,1	2,6	3	1	3,1	1	0,5	1	1,3	1
21:40	6,3	0	8,4	2,1	1,7	0,9	1,2	3,9	1,9	0	2,8	1	0,9	0	1,4	0,4	1,2	4,2	1,8	2,6	1,4	4,2	0	3	1,4	4,2	1,9	1,3	1,6	1,2	0,7
22:00	3	0	0	1,5	1,4	0	2,8	4,9	2,4	0	2,7	0,6	0,5	2,6	2	1,5	0,5	3,5	1,7	1,5	2	3,5	1,3	5,6	2	3,5	0	0	0	0,8	0
22:20	3,3	1,1	1,8	4,6	5,1	1,8	1,8	4,5	1,3	0	1,3	0,9	0	2,5	2,5	0,8	0,5	3,5	2,5	1,4	2,5	3,5	3,6	0,9	2,5	3,5	0,5	0	1	1,8	0,9
22:40	1,5	1,6	0,6	2,8	2,7	2,6	5,7	6	1,4	3,1	2	2,3	1,3	1,3	0	0	1,7	3,7	2,8	0,4	0	3,7	1,6	1,4	0	3,7	2,5	1,1	1,9	0	6
23:00	2,1	1,6	1,5	2,9	4,8	1,1	0	3,8	1,1	1,8	1,9	2	1,1	0	4,3	0,4	1,7	2,9	2,6	0	4,3	2,9	1,3	1,2	4,3	2,9	1,7	3	0	1,2	3,8
23:20	4,6	4,3	0,6	2,1	6,4	2,2	0	2,5	1,1	2,6	2,8	1,3	0	1,9	2,4	0	1,8	5,5	2,2	1,3	2,4	5,5	1,4	3,6	2,4	5,5	1,7	0	0	0	2,5
23:40	3,6	4,7	2,1	0	7,1	1,7	1,1	3,3	1,6	2,1	1,9	0,6	2,2	1,3	2,3	0,9	0,5	5,9	1,3	0,8	2,3	5,9	0,6	3,3	2,3	5,9	1,7	0,7	0	0,7	3,3

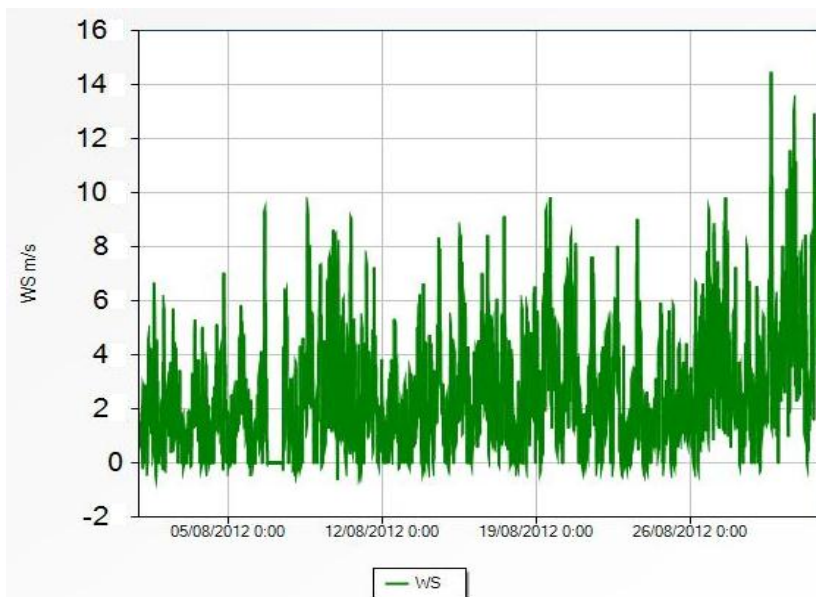


Fuente: Los Autores

ANEXO D: Frecuencia del viento en el mes de agosto

HORA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
0:00	0,6	0,4	0	3,6	1,3	1,8	0	0	2,3	5,7	0	0,5	2,5	1	0,7	1,4	4,1	0	0,9	4,9	0	4,1	0	2,6	3,5	3,5	6,4	3,8	4,9	3,4
0:20	0,7	0	1,1	2,2	0	0	0	1,8	2	1,5	2,5	2	2,9	1,6	0	0	2,7	1,3	2,1	3,9	1,6	3,5	0	0	5,6	1,1	2,4	5	6,2	4,3
0:40	1,1	0	0	1,5	0,5	0,9	0	1	2,3	2,7	0	1,3	1,7	2,1	2	1,1	1,8	0,7	5,5	2,9	0,5	1,7	1,3	0	2,9	2,4	1,2	7,2	3,8	3
1:00	1,5	0	1,2	1,9	0,9	2,3	0	1,3	0	1,5	0,4	0,7	1,3	1,9	2,2	0	4,1	0	4,9	0,9	0,9	1,6	0	2,2	1,5	1,7	8,5	2,5	1,7	3,8
1:20	1,3	3,7	0,4	0,8	0	1,1	0	1,3	2,2	1	0,7	0	2,3	2,1	1,5	1,7	4,4	0	3,6	1,2	1	4,2	1,2	0	2,1	1,4	7,7	2,1	0	5,2
1:40	0,7	2,2	0	0	0,7	1,2	0	3,5	2	1,1	5	1	1,3	0,5	2,6	0,6	3,4	1,4	1,5	1	0	1,8	1	1,4	0,5	0,6	7,1	1,5	2,4	3,4
2:00	1,8	5,7	0,6	1,1	0	0	0	3,2	1,6	0,9	3,3	0,8	2,7	0	3,9	2,1	3,4	0	1,9	2,7	0	1,4	0	1,8	0	0,8	6,9	2	4,7	2,3
2:20	1,8	4,1	1,2	1	0	0,9	0	0	3,8	1,6	3,1	1	1,2	0	5	0,6	1,4	0,6	1,3	2,6	1,5	2,2	0	0,7	0	2	6,1	1,3	3,4	3,6
2:40	0,8	3	0,8	0	1,1	1	0	0	4,3	4,8	4,1	0,6	0	0,7	1,4	1	0,6	0,6	1,6	1,4	0,7	3,7	1,5	1,6	0,9	0,7	4,2	2	1,8	4,4
3:00	0	2,9	0	2,1	1,3	0	0	0,9	2,9	4,3	3,4	0,7	1,7	1,4	1,5	0,7	3	0,5	1,1	1,7	1,8	4,3	0	1,4	2,7	0	4,1	1,7	3,2	6,4
3:20	0	0	1,1	0	0	0,5	0	2,1	5,3	1,1	0	1,3	0	4,7	3,9	1,5	3,1	0	1,5	0,5	0	1,3	0,7	2	0	2,2	5,9	1,9	0	5,7
3:40	2,8	0	0,8	0,9	2,5	1,1	0	0,7	5,9	3,5	2,6	0	0,9	1,7	1,8	2	1,5	0	3,4	2,3	0,5	1,5	0	1,3	1,3	1,8	2,8	2,7	0	4,6
4:00	1,2	1,9	0,9	1,4	0,8	0,7	0	1,2	6,5	4,9	0	1,4	0,6	2,4	0,8	4,1	1,4	0,6	0	1,9	0	3,9	0	1,2	4,3	0	5,1	3,7	1,5	8
4:20	0	1,6	1,2	1,2	1,4	1	0	0,7	6,3	2,8	3,1	1,1	0,9	2,2	0,7	3	4,9	3	0	0	0,9	4,4	1,5	0	4,8	4,2	2	2,6	2,1	4,3
4:40	0,9	1,3	0,8	1,3	1,9	0	0	0	7,3	0,9	4,4	0,7	0	2,4	2,3	2,1	5,9	0,6	1,3	1,7	0	2	0	1,4	5,7	3	5,8	1,3	3,1	6,8
5:00	0,7	1,8	1,9	0	1,4	1	0	0	5	1,8	3,3	1	0	4,4	4,1	2	1,5	0,8	0	1,9	0	2,4	1,7	1,6	1,7	6,2	6,5	0	4,2	3,3
5:20	0,6	2,7	1,2	1,5	0,3	1,5	0	0,7	4,4	5,9	2	1	0	1,1	2,9	1,6	1,1	0,8	2,3	1	1,6	4,9	1,3	0,8	0,5	6,3	7,2	3,4	1,3	4,7
5:40	1	1,9	1,1	0	1,1	0	0	1	5,3	4,8	3,9	1,4	1,2	3,8	0	2,7	4,1	1,2	0,9	2,5	1,5	4,2	1,2	0,8	0	2,8	1,7	2,8	1,4	4,6
6:00	2,5	1,7	0,5	0,8	0	0,7	0	0,4	0	3,1	3,4	1,4	3,3	1,5	2,7	3,5	2,4	0	0,7	2	1,8	5,1	2	0,7	0,9	3,4	2,4	2,8	2,9	2,6
6:20	2,8	2,2	1,5	0,9	2,5	1	0	0	1,4	1,8	1,8	2,3	1,8	0,9	4,1	4,1	1,4	1,9	1,6	3,3	1,6	2,6	0,4	0,8	0	1,1	6,2	0,6	1,4	4
6:40	2,4	2,9	0,9	0	2	1,2	0	4,3	1,3	1,5	7,3	0	0,8	0,7	0,6	1,4	0,8	2,5	0,5	6,2	2,1	4,7	0	1,6	0	3,4	4,9	2,4	4	5,8
7:00	2,7	1,3	0	1,2	0,5	0,9	0	0	0	1,2	5	1,2	0,9	0,6	2,6	0,9	0	2,5	5,9	6,3	1,4	4,1	1,3	1,9	0	2,5	1,3	2,3	5,4	7,1
7:20	0,5	2,6	0	1	0	1,1	0	1,3	1,3	1,9	2,1	0,7	3,2	0	1,7	1,5	2,4	2	2,6	4,7	0,4	5,1	2,4	0,8	1,3	4,3	4,9	0,8	4,9	5,5
7:40	1,6	1	0	2,4	0,4	1,3	0	1	2,9	0,4	1,7	3,1	2,4	1,3	2	0,6	2,7	1	6,1	1,9	0,4	2,1	3,1	0,8	2,5	0	4,5	1,1	3,7	6,2
8:00	0	2,9	0	1	1,8	1,9	0	2,2	3,8	0,5	1,5	1,7	0	0,5	1,1	1,2	1,7	5,7	5,3	6,1	1,8	2,8	1,1	2,1	1,1	0,8	3,4	2,4	3	5
8:20	0,8	1,5	0,7	0	1	2,5	0	2,4	3,6	0	1	0,7	2	3,4	0,8	1,9	1,3	3,2	3,9	3,3	3,3	0	0,9	1,2	1,8	1,5	5,9	2,2	1,7	4,3
8:40	1,5	1,4	1	1,1	1,2	2,1	0	2	4,5	1,3	1,1	3,3	1,5	1,7	1,7	4,5	0,7	2,8	7	4,2	1,9	2,1	2,8	2,4	1,6	2,8	3,4	0	1,9	10
9:00	2,1	1,5	3,3	2,1	1,3	1,6	0	0	2,8	3,8	1,9	1,2	2,3	2,3	2,4	1	1,1	0	3	3,8	3,6	2,5	1,6	0,6	2,7	4,8	3,9	1,7	2,3	4,6
9:20	4,3	1,9	1,7	2,8	2,1	1,3	0	1,3	3,4	3,2	4,1	2,6	1,5	1,6	3,2	3,5	1,5	0,8	2,1	3,7	2,2	1,9	2,7	2,2	1,6	1,2	2,4	1,9	1,7	4,7
9:40	4,3	3,7	1,3	2,3	3	3,2	0	4,6	0,7	4,7	1,3	0,8	2,7	2	2,2	1,2	2,5	1,9	6,4	6,9	2,2	3,1	1	3,1	0,6	5,4	3,6	1,7	2,1	5,3
10:00	1,4	0,4	1,6	1,2	1,9	2,9	0	2,4	1,8	3,9	1,5	3,8	0,6	1,5	1,5	3,1	5,2	2,6	7,3	6,7	1	2,8	1,7	2	2,6	2,9	4,5	1,9	1,9	1
10:20	3	2,1	1,6	1,6	1,2	1,6	0	2,9	2,8	1,9	2,2	0,7	3	1,8	2,5	1,1	3,9	2,5	9,3	5,2	3,8	2,2	2	2,4	1,6	0,9	5,1	0,6	3,1	5,2
10:40	3	0,5	2,2	2,7	1,5	0,6	0	2	3,8	0,6	2,8	0,8	1,1	2,3	1,5	2,7	1	2,2	8,4	1,4	3,4	3,9	3,5	2,2	4,2	5	5,4	2,6	2,8	5,1
11:00	2	2,5	2,4	3,6	2,5	3,2	0	3,1	1,3	2,1	2,8	3,1	2	3	2,5	3,2	1,3	0,9	4	2,7	1,8	0	2,2	2,9	3,6	1,9	2,4	1,3	1,6	6
11:20	2,3	1,7	2,7	2,2	2,4	2,7	0	4	2,4	2,1	3,8	2	3,2	1,5	3,7	3,9	0,9	3,1	7,9	5,4	3,2	1,8	2,6	2,6	2,3	1,2	1,4	3,7	1,7	6,4
11:40	1,8	1	4,7	5,1	2,5	3,2	0	3,2	1,5	2,7	2,2	3	0,7	3,6	2,5	2,9	3,3	4,6	6,1	3,1	7,6	3,3	3,3	1,5	4,4	5,7	6,4	4,3	2,7	2
12:00	4,2	4,6	5,1	2,8	1,9	4,1	0	3,6	6,4	4,2	2,1	3,1	2,4	3,6	1,9	5,6	5,5	4,1	7,7	5,7	4,8	4,1	3,4	1,1	1,6	3,8	2,7	1,2	2,9	12
12:20	1,1	5,5	1,7	2,3	3,5	3,5	4,1	2,5	4,8	3,3	3,1	0,9	0,9	5,1	8,3	3,5	3,8	1,9	6,9	2,3	2,7	4,6	1,4	0,5	1	2,5	8,4	4,2	4,7	6,7
12:40	3,8	1,1	1,6	2,2	4,6	2,6	3,6	2,4	3,7	0,4	1,7	2,3	2,3	2,9	6,4	7	9,1	0	2,7	5,5	6,5	5,5	6,3	4,2	1,3	1	6	4,7	6	9,7
13:00	2,3	2,6	2,6	2,4	2,4	1,6	2	4	2,8	7,2	3,9	5,3	2,6	4,7	8,4	2,2	2,8	4,7	5	7,7	7	3,4	7,3	2,9	3,1	6,6	1,1	7,9	6,5	4,6
13:20	1,2	3,5	1,9	1,3	3,6	0	0,7	2,9	4,8	5,9	4,3	1,2	1,8	8,3	5,8	5	4,8	5,6	5,2	8,2	4,8	6	3,9	0,5	3,3	1,2	6,3	6,3	4,4	9,1
13:40	2,3	0,9	3,8	1,4	2,9	1,1	5,9	1,4	6,6	7,6	1,6	2,6	1,5	5	6,5	4,5	4,9	3,3	4	5,5	7	5,1	9	4	2,4	2,3	9,8	2,8	4,3	9,2
14:00	3,6	2,1	1,9	1,5	5,8	3,4	4,2	2,6	1,3	8,9	0,6	5,2	2,1	3,6	5,4	4,5	2,8	4,2	3,7	5,9	2,5	3,8	5,5	3,9	1,7	2	7,1	2,8	4,6	3,8
14:20	0,4	3	3,6	3,5	2,7	2,1	6,1	7,6	7,5	4,1	4,2	1,8	5	7,9	4,4	2,4	4,6	5,2	5,7	6,5	6	4,9	3,5	4,2	1,1	4	2,4	5,6	6,7	5

14:40	1,7	4	3,1	3	1,9	0,8	3,2	9,2	5,2	2,5	4,2	2	2,1	5,3	2,1	3	2	4,1	7,8	3,2	1,4	5	3,4	3,9	1,9	4,3	2,5	5,2	10	11
15:00	2,7	3,5	2,3	2,7	5,2	1,9	5,1	3,9	7,3	4	7,2	1,7	3,5	3,9	7,4	4,5	1,1	1,6	9,8	6,5	3,5	3,7	0,5	5,9	1,9	3,8	5,1	2,1	7,3	4,1
15:20	6,5	3,8	2,7	3	2,6	3,1	6,3	3,4	7,5	0,6	3,4	3,5	1,7	4,9	1,7	5	1,7	2,6	6,9	3,9	3,3	4,4	3,7	4,8	1,8	5,2	6,8	6,7	14	8,5
15:40	6	3,1	0,8	4,1	2,5	7,6	3,4	7,9	5,6	1,3	3,5	3,6	5,4	3	1,8	2,1	3,2	3,2	2,3	1,6	2,7	2,9	1,4	3,6	3,7	3,3	8,1	3,8	1,5	7,1
16:00	5,6	1,1	3,8	1,2	4,5	9,3	5,4	6,7	1,9	3	4,7	2,8	5,5	2,8	6,2	3,6	2,5	1	2,8	1,7	2,2	8	5	4,6	2	1,2	5,2	3,9	7,4	6,4
16:20	4,2	1,2	1,9	1,1	3,2	5,8	2,5	2,2	2,8	3,4	2,4	2,1	3,1	2,6	3,6	2,5	1,8	0,9	4,1	4,5	1,6	4,5	5,9	5,4	2,6	4,6	3,4	1,3	11	13
16:40	3,3	2	1,5	1,5	2,3	5,5	1,6	6,5	1,2	4,1	2,6	1,2	6,2	1,9	4,5	4,5	0,5	4	1,3	1,2	3,1	4,1	3,6	2,5	3,7	4,2	1	1	7	11
17:00	4,3	1,4	2,2	1,2	3	5,7	2,7	7,6	4,8	5,3	3,6	1,7	3,6	2,9	2,2	5	2,7	3,1	5,7	3	1,2	5,2	4,6	1,7	2,9	6,1	2,7	3,5	5,3	6,4
17:20	0	1,2	0	0,8	4,3	1,6	1,3	6	1,6	3,9	2,1	1,7	3,5	1,8	4,9	3	2	2,6	3,4	4,8	0	3,5	4,8	0	3,2	4,4	4,3	1,4	2,6	5
17:40	0	0	1,7	1,9	1,5	3,1	1,5	4,8	3,8	3,3	2,4	2,1	2,5	2,9	5,6	2,9	2,2	4	3,6	2,3	0,6	3,9	3,5	2,4	1,5	7,7	4,5	2,6	4,2	3,6
18:00	3,7	2,2	0,7	1	2,2	1,8	0	5,6	5,8	4,3	2	0	4,1	1,6	4,9	1,7	2,2	4,8	4	2,5	1,2	2,8	2,5	1	1,1	6,6	3,4	0	1,8	11
18:20	4,4	2,9	1,8	0	1,5	0,6	1,4	4,4	5,4	1,1	2,1	0	0,6	0,8	5,9	5,8	4,5	3,6	2,7	7,2	0,9	1,6	1,3	0	2,5	3,7	1,4	2,2	4,6	7,5
18:40	1,1	2	0,6	0	2,2	0,6	1,1	2,1	8,6	0,5	1	1	1	0,8	4,1	8,4	1,4	3,7	3,7	7,8	2,7	0,4	1,6	0,5	1,8	1,2	2,3	3,3	1,3	6,4
19:00	1,3	1,3	0	3,3	1,3	0	1,6	3,2	4,2	0,7	0	1,4	0	2,4	2,7	4	0,7	2,8	3,7	3,1	0	1,8	0,8	0,8	4,4	1,6	2,1	2,1	4,1	2,3
19:20	3	3,4	2,9	7	3,1	0	0,7	4,2	2,2	1,1	1	0	2,8	1,8	1,8	5,9	0	4,3	5,1	2,6	1,5	0,7	0,6	1,4	2,9	7,6	0,6	1,4	5,1	7,6
19:40	0	1,7	3,4	4,2	1	0	2,4	4,9	1,8	0,9	0	0,8	1	1,8	2,8	0,5	1,4	1,8	5,3	2,8	1,5	0	0	0,8	2,5	9,2	2,6	0,4	4,4	3,9
20:00	1,5	1,7	5	3,3	1,8	0	3,1	5	1,3	1	1,8	1	1,3	1	2,8	1,5	0,9	2,4	5	1,4	2,8	1,6	1,9	0,9	1,7	5	2,7	1,9	5,2	5,5
20:20	0	1,5	2,5	5	1,7	0	2,4	3,3	2,9	2	1,8	0	0	0	2,3	0	3,4	4,4	3	0,7	1,1	1,3	1,8	0,8	6,8	3,2	2,7	3	2,6	
20:40	1,4	1,7	1,8	2,9	1	0	1,5	2,9	8,3	0	0,5	2,2	6,6	1,5	2,5	5	2,2	2,2	3,7	3,6	3,3	0	0	2,1	2,7	6,3	3	0,6	5,7	5,1
21:00	0,5	0,7	1	3,3	1,8	0	2,1	1,4	6,4	2,3	1,3	1,3	2,7	1,5	3,4	3,4	0	6,3	4,1	2,7	1,1	0	0	3	2,4	5,8	2,4	0,8	5,3	3,3
21:20	0,9	1,1	0	1,6	2,4	0	1,4	0	1,6	0	1,5	0,8	1,8	1	4,2	2,4	3,7	3	1,2	3,9	1,1	1	1,9	2,7	1,3	5,9	4,4	0	3	2,6
21:40	1	0	1,1	2,3	0	0	0,8	1,2	3,1	1,8	1,4	0,6	0	0	1,6	4,4	2,1	3,3	1,2	1,5	1,6	0,9	2,4	1,8	2	2,5	4,8	0,9	1	3,2
22:00	0,7	0,9	0,6	1,7	2,6	0	1,8	1	4,3	3,8	1,2	0,6	0,4	0,7	2,7	5,3	1,9	6,5	0,9	0	1,8	1,1	0,7	1,5	1,2	3,7	5,5	0,7	3,4	4,4
22:20	1,4	0	2,7	0	1,9	0	2,9	1,7	1,9	4,1	0,6	2,3	3,5	2,3	0	2,3	0	2	0,4	1,3	0,7	0,7	1,5	1,3	1,1	6,3	5,5	1,6	4,6	3,8
22:40	2	1,3	0,9	1,1	1,4	0	0	1,8	2,2	0	0,8	0,5	4,3	2,2	2,3	2,3	1	0	2,2	1,1	0	4,3	0	1,2	2,6	3,7	5,1	2,9	1,7	2,7
23:00	1,9	1,6	0,8	0	0	0	0	2,1	0	0	0,8	1,3	0	0,9	3,1	2,2	0,6	1,5	1,5	2,7	3,6	0,7	0	2,7	1,6	2,5	3,3	1,5	0	7,3
23:20	2,2	0	0	1,1	0	0	1,5	1,2	0	1,5	3,8	0	2,5	0	1,7	0,9	0,7	3,8	3,8	1,7	2,1	1,1	0,8	4,9	1,4	3,9	1,7	3	1,2	5,7
23:40	1,2	0	0,5	1,9	0,9	0	0,8	2,1	7,5	0	0,8	2,3	4,4	0	1,7	5	1,1	1,4	4,7	2	0	0	2,5	1,9	5,9	5,1	6,5	2,6	6,4	

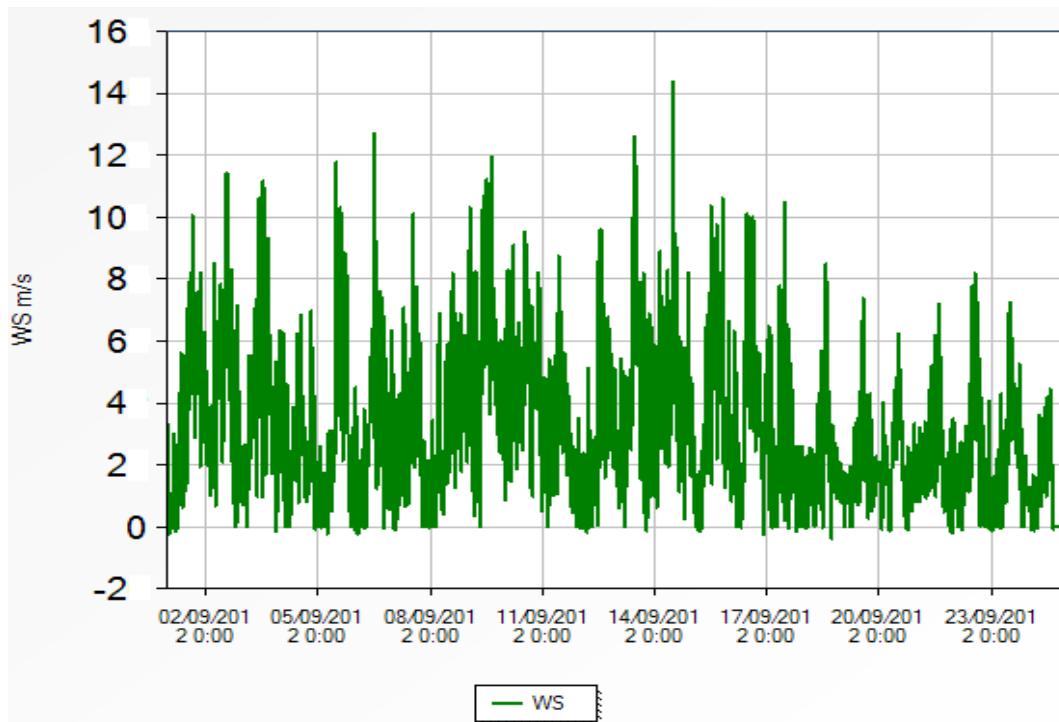


Fuente: Los Autores

ANEXO E: Frecuencia del viento en el mes de septiembre

HORA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
0:00	3,3	3,6	0,8	1,8	0	4,4	2,1	0,9	3,7	1	2,8	2,3	2	5,6	4,3	5,9	4,9	0,5	1,2	2,1	0,8	0,7	0	1,3
0:20	0	3,9	2,6	4,9	1,4	3,1	0	0,9	5,3	2,4	3,7	0	1,3	5	4,4	2,4	5,8	1,9	0,8	1,5	1,8	1,7	0	1,1
0:40	0	4,2	2	3,8	0	1,4	0,7	3	7,4	2,9	4,8	1	1,9	2,2	1,6	1,8	4,7	1,7	1,8	1,5	2,6	1,5	0	1,1
1:00	0	2	1	2,8	1,1	2,4	0	0	6	4,3	4,5	0	0,6	2,5	2,9	1,1	6,4	0	1,2	1,8	2,4	2,4	0	1
1:20	0,6	3,8	2,4	6,2	2,6	0	0	3,1	10	2,4	4,8	1,5	2,3	0,7	0,6	0,9	5,8	0,6	1,3	1,9	2,2	1,6	1,6	0
1:40	1,1	3,4	2,4	4,8	0,7	0	0,4	3	7,3	5,4	4,2	0,4	2,2	5,1	0,8	2,1	2,2	2,3	0	0	0,8	1	0,9	0
2:00	0	2,1	0	0,9	0,4	1,3	0	0	5,2	8,2	4,3	0,5	2	4,1	0,5	1,8	0,6	0	1,6	0,5	3,2	1,3	1,2	0,8
2:20	0,9	2,9	1,7	3	0	1,8	2,1	2,1	2,6	2	1,2	2,4	5,4	3,4	0	2,5	1,3	2,3	1,1	1,8	1,7	0	0	0
2:40	1	1,3	0	0	1,2	0,4	0,3	0	4,9	2	1,6	1	2,2	5,7	0,5	1,2	6,2	0	1,7	4	1,6	1,6	1,2	1,2
3:00	0	1,1	1,2	2,4	0	0	3,9	1,7	1,2	2	0	0	2,4	4,6	1,6	6,3	1,9	1,5	1,6	2,1	1,4	1	1,5	1,6
3:20	2,9	2,3	1,6	2,1	1,7	1	3,6	0,6	5	1,6	2,9	0	1,2	8,9	0	3,2	0	0,9	1,4	3	1,2	0,7	1,2	0
3:40	2,3	1,3	5,5	0,7	0,9	1	1,8	0	2,5	2,3	1,8	0	1,1	3,3	1,7	2,6	3,1	2,5	1,6	1,9	2,4	2	0	0
4:00	1,7	3,9	3,3	4,5	0,8	2,2	0,7	1	3,8	1,6	5,4	0,4	4,8	4,4	0	5	2,1	1,9	1,1	2	1,5	2	2,2	0
4:20	0	1,9	2,2	3,3	0	0,7	2	3,5	0,4	5,9	3,2	0,7	4,1	2,6	0	1,4	2,1	0,7	1,4	2,5	1,1	1,8	1,1	0,8
4:40	0	1,3	3,7	1,2	0,8	1,3	4,3	4,9	6,3	2,8	0,8	0	0	7,1	0	0	0	1,7	1,2	1,4	2	2,7	2,1	0
5:00	0,9	2,3	5,5	2,5	1,6	0,9	2,5	1,6	8	4,7	1,4	4,6	3,7	6,9	0	1,5	1,3	1,1	0,5	1,7	2,9	0	2,5	0,6
5:20	1,4	7,3	4	1	1,7	3,8	1,6	5,3	1,5	9,1	1,6	4,5	3,3	5,3	1,8	2,1	2,2	2,5	1,9	2,6	3,4	0,6	1,3	0
5:40	0	8	3,8	1,2	1,2	0	1,9	6,9	2,4	5	4,1	0	1,3	4,9	1,2	2,7	1,3	1,3	1,4	1,5	2,9	0,8	0	1,6
6:00	0,4	0,8	2,9	0	0	1,6	1,1	4,7	0,8	5,4	4,5	2,2	4,5	5,9	1,1	1,8	2,2	0,6	0	1,7	1	0,7	3,1	0,9
6:20	1,5	3,6	3,7	1	0	1,7	4	4,3	2,3	4,9	2,2	3,1	3,9	6,3	0	1,1	1,8	1,1	1,3	0,9	1,4	1,3	4,2	1
6:40	4,3	3	5,3	1,7	2,3	0	2,8	1,1	3,6	4,7	1,7	1,7	3,2	4,8	0,5	1,1	0	0	0	0	1	2,1	0,9	3,6
7:00	0,8	6,6	5,7	1,3	3,1	2,4	7	1,7	3,9	3	1,2	1,1	3,2	4,7	3,3	2	2,6	1,5	0,7	0	2	1,1	0	1,4
7:20	1,9	5,1	4,7	1,3	2,7	1,7	5,1	1,3	3,8	2	4,8	2,8	4,8	2,1	1,3	0	1,7	1,5	0,9	1,1	2,3	2,8	1,8	1,3
7:40	2,1	6,3	5	3,8	1,1	2	0,7	1,3	0	6	5	0,9	4,2	3,2	2,3	1	3,7	0,8	0,9	1	1,2	3,2	1,4	1,6
8:00	5,6	4,7	7,3	2,9	0,8	2,6	2,9	0,4	2,8	5,2	3,5	0	3,1	6,4	1,6	1,4	1,4	0,9	2,6	1,8	4,4	2	1,8	1,1
8:20	1,1	4,2	3,5	3,6	2,2	2	1,3	1,5	4,8	3,1	5,5	0,9	5	8,1	5,5	1,1	7,8	2,5	2,4	1,9	2,7	2,1	3,1	0,7
8:40	2,1	5,5	1	3,8	0,5	2,7	1,1	0,6	5,8	6,6	3,4	1,7	4,5	2	6,3	0,3	3	3,2	3,3	2	2,6	2,6	1,1	2,1
9:00	0,7	5,4	4,8	2,6	2,6	3,5	4,2	2,5	10	2,8	1,1	1,2	2,5	5	3,4	2,6	1,4	4	1,2	2,1	2,6	1,9	3,1	1,1
9:20	5	5,4	3,5	3,8	1,3	3,5	1,5	1,7	5,7	4,4	5,8	1	5	6,5	2,8	2,2	2,3	3,2	2,3	3,4	1,3	1,6	0,8	2
9:40	1,6	7,8	6,1	1,5	2,8	5,5	0,8	5,2	4,4	3,8	3,6	2,9	3,8	3,2	1,8	2,5	0,8	4,3	3,1	4,4	2,1	1,2	1,9	3,2
10:00	3,3	3,8	8,5	3,1	3	3,4	2,9	4,6	7,6	4,6	6,2	0,7	8,6	7,3	5	5,7	1,7	2,5	3,1	3,1	5,2	3,2	2,2	3,8
10:20	5,5	5	11	1,9	1,5	6,3	2,4	4,6	6,6	5,4	8,7	2,8	9,7	3,1	6,8	6	4,4	3,4	3,5	2,8	3,2	4,6	3,5	2,1
10:40	2,4	2,1	5,1	6,2	3	5,5	3,7	1,4	5,3	5,6	7,7	1,5	13	4,1	3,2	4	4	2,5	2,4	3,4	2,4	4	2	3,1
11:00	1,2	3,7	7	3,5	2,6	4,3	5,4	5,7	11	2,8	5,9	1	10	4,4	4,7	4,8	5,5	5,3	0,7	2,2	3,3	3,4	3,8	2,3
11:20	2,2	2,9	7,7	0,8	7,7	3,9	3,6	5	5,8	4,2	5,6	0,3	8,4	4	7,5	10	10	5,1	2,8	4,8	3	1,6	6,3	1
11:40	3,8	6,9	4	5,1	12	3	3	3,3	6	2,5	5,7	5,8	12	5,8	1,7	5,8	1,1	0	0,8	3,9	5,5	4	7,2	2,8
12:00	7	3,2	1,1	5,8	4,5	7	2,1	2,1	11	6	6,9	8,5	5,3	14	10	7,7	1,1	3,1	3	4,2	5,8	7,7	6,7	4,2
12:20	1,5	8,6	8,6	4	7,4	13	4,3	3,2	7,4	9,5	4,4	2,3	8,9	9,4	5,7	5,9	5,9	1,8	4,4	6,1	1	6,7	2,8	2,7
12:40	4,1	5,4	11	4,1	8,8	7,7	4,6	1,8	9,7	7,3	2,4	2,8	8,5	9,2	1,4	8,1	6,4	3,4	5,4	5,8	4,9	5,2	4,9	1,6
13:00	5,8	6,1	10	6,8	8,5	7,9	10	4,3	9	6,8	3,9	4,3	5,9	9,1	5,9	7,1	4,9	3,4	5,6	4,2	4,1	5,3	3,1	1,8
13:20	7,9	11	6,6	2,6	6,6	8,9	3,5	2,7	8,2	9,1	3,3	9,6	7	4,4	7,4	3,2	6,4	3,6	4,9	5,1	1,5	7,6	6,1	3,2
13:40	5,8	9,8	3,3	2,8	8,9	1,6	7,6	7,6	11	5,2	4,9	5,6	5,8	8,5	9,2	7,1	3,5	7,4	7,4	4,7	3,1	7,9	3,5	4,4
14:00	6,8	9,8	2,6	3,7	3,6	2,3	5,1	4,6	4,2	5,2	2,7	9	5,3	8,5	8,8	6,1	0	8,3	5,2	4,4	7,2	4	3,7	4,2

14:20	5,7	5,6	2,1	3,6	10	2,4	2	8,2	4,5	7,1	5,6	8,6	7,9	4,4	7,2	7,5	1,7	3,9	1,5	2,7	3,4	3	4,6	4,3
14:40	5,8	5,2	9,2	4,1	5,1	1,4	2,7	4,7	8,3	7,6	3,5	4,1	4	2,8	6,6	3,8	1	7,2	4,5	3,4	2,5	7,3	4,3	2,7
15:00	6,8	4,2	6,4	1	8	2,7	2,6	3,1	9,3	5,7	4,9	2,8	1,7	6	4,5	10	5,2	2,4	3,4	2,8	5,5	3,6	2,8	0
15:20	10	8	6,2	2,7	8,8	3,5	7,5	2,6	12	4,9	3,2	7,2	2	5,3	5,5	5,2	3,9	4,4	3,6	1,9	3,7	3	4,4	0,9
15:40	4,3	5,2	8,6	3,2	2,3	2,1	6,6	6,9	7,8	4,1	1,7	2,2	4,2	2,3	9,7	3,4	3,4	2	3,2	1,2	2,8	3,1	4,1	0
16:00	8,8	4,1	9,2	2,6	4	7,6	3	2,6	5,2	1,3	3,5	4,8	3,9	1,2	2,2	4,7	3,8	3,3	3,5	1,5	2	5,2	2,4	1,7
16:20	7,1	7	6,5	1,6	4,6	3,7	3	1,5	6,7	5,2	2,5	1,6	1,7	4,4	7,9	2,9	3,2	2,6	2,6	1,9	3,1	5	3,7	1
16:40	4,6	8,1	3,7	0,8	3,2	2,6	6,2	6,6	5,6	6,5	2	4,6	8,2	6	5,4	2,7	4,4	0	0,5	0,6	2,6	1,6	3,4	5,2
17:00	3	3	6,2	1,4	8,6	7,4	4,6	2,7	7,7	6,9	4,1	2,6	1	5,1	4,4	5,8	2,7	0	0,5	0	2,5	0	3,1	3,9
17:20	7,4	0,9	3,8	2,7	7,6	2,9	5,9	3,1	4,4	3	3,5	2,9	1,1	5,8	6,2	4,3	2,6	3,1	1,9	1,8	1	1,9	1,9	3,4
17:40	5,1	6,3	3,9	2,4	5	1,6	5,5	2,7	4,1	1	0,8	2,4	1,6	3,5	4	5,1	2,1	2,8	2,7	0	0,5	1,5	3,5	3,8
18:00	4,3	2,9	4,5	1,1	3,8	0	4,6	3,5	5,6	4,1	1,2	6,5	3,2	4	7,8	4,3	1,1	2,1	2,7	1,8	0,7	4,1	5,2	3,2
18:20	5,5	0,9	2,1	2,1	4,9	3,2	1,4	5,9	6,7	4,8	1,3	6,1	2,3	3	7,4	5,3	2,2	1,9	4,3	2,5	2,1	3	1,4	4,4
18:40	7,6	0	1,8	1,5	3,6	6,8	1,9	5,3	4,9	5,9	3	3,9	1,2	0,4	8,2	5,6	0	2,1	2,6	0	2	2,8	1,9	2,7
19:00	4,8	1,4	2,9	3,6	8,1	3,4	0	5,9	3,1	4,3	1,6	4,3	0	1,1	7,1	5,3	0	2,5	3,1	0,6	2,1	1,3	2,4	2,6
19:20	4,6	1,9	2,9	4	2,5	1	2,1	6,8	3,4	4,3	1,4	4,5	4,3	5,7	4,4	3,2	0	2,7	2,5	0,7	2,1	1,9	3,1	2,1
19:40	5,6	0,8	3,4	7	2,5	2,3	2,8	3,8	5,4	4,3	0,5	5,6	5,7	4	11	3	1,6	2,3	0,5	2	1,6	0,7	2,8	1,1
20:00	6,1	0,6	3,1	3,1	1,6	3,8	2,3	1,8	5,7	5,1	2,5	4,8	5,1	5,2	3,7	3,4	0	0,9	1,6	0,5	1,5	0,9	0	2,2
20:20	2	7	2,5	4,4	1,9	3,9	1,4	3,7	3,2	3,9	1,9	3,8	6,8	2,7	2,8	1,6	2,6	2	0,7	2,4	2,4	0	1,7	1,4
20:40	4	4,8	5,3	4	0	4,1	1	5,2	3,1	8,1	0,9	2,6	2,4	5,1	1,4	2,7	0,8	1,7	1,6	0,5	1,4	1,6	2,1	0,5
21:00	8,2	3,5	0,7	2	2,6	0,6	0	3,1	2,5	7	1,3	2,5	1	4,8	1,4	2	0	2,1	1,5	2,3	0,8	1,8	0	2,5
21:20	4,4	2,2	0	4,2	0,7	2,6	1,2	4,5	6	6,4	1,5	4,1	1,6	8,2	1,3	1,9	1	0,9	1	1,3	0	0	1,8	1,9
21:40	4,5	2,7	2,5	0,6	2,4	0,6	0,9	6,2	3,9	4,6	0,9	3,8	4,5	4,1	2	0	1,2	1,7	1,3	1,7	3,1	2,2	1,2	0,9
22:00	2,8	1,7	0,5	0	3,1	1,3	0,8	4,7	5,6	5,5	1,8	1,9	5,1	5,1	4,1	0	2,2	2,1	2,3	2,3	1,8	0	1,4	1,3
22:20	3,3	1,3	2	1,4	0,6	1	2,1	4,1	5,9	7,6	0	5,1	6,4	1,7	3,4	2,3	1,9	1,5	1,9	2,8	0	3,9	2,3	1,5
22:40	5,6	1,1	1,8	1	1,1	3,6	1,9	4,2	4,7	6,8	1,3	2,4	4,1	4	1,9	2,5	2,6	1,3	1,9	3,3	0	3	1	0,9
23:00	3,4	0,8	2,7	1,9	2,7	6,1	1,8	3,8	2,8	2,3	3,5	2,8	3,1	3,1	4,5	4,8	1,7	0,8	1,8	1,5	1,6	0	1,2	1,8
23:20	6,2	0,9	3,7	2	1,5	6,2	0,4	4,1	2,4	0,5	1,5	2,4	2,4	4,8	6,5	4,5	0,8	2,4	1,8	1,9	0,6	0,9	0,7	0
23:40	5,5	1	6,3	0,9	0	5,7	0	2,1	6,4	1,9	1,7	3,1	1,1	3	6,4	4,4	0	1	1,9	2	3,5	0	0,8	1,3



Fuente: Los Autores

Análisis estadístico del mes de julio.

ANEXO F: Resumen estadístico del mes de julio

Población	2232
Media	2
Mediana	2
Moda	0
Desviación estándar	1,613
Varianza	2,603
Rango	8,4
Mínimo	0
Máximo	8,4
Numero de intervalo	47
Tamaño de intervalo	0,5
Nuevo rango	8,4

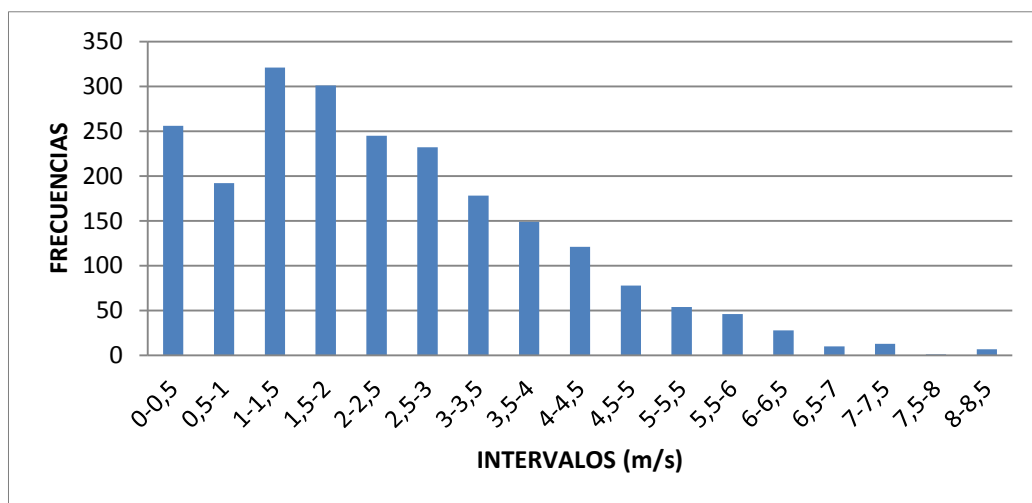
Fuente: Los Autores

ANEXO G: Resumen estadístico del mes de julio

Li	Ls	Mcl	fi	F
0	0,5	0,25	256	256
0,5	1	0,75	192	448
1	1,5	1,25	321	769
1,5	2	1,75	301	1070
2	2,5	2,25	245	1315
2,5	3	2,75	232	1547
3	3,5	3,25	178	1725
3,5	4	3,75	149	1874
4	4,5	4,25	121	1995
4,5	5	4,75	78	2073
5	5,5	5,25	54	2127
5,5	6	5,75	46	2173
6	6,5	6,25	28	2201
6,5	7	6,75	10	2211
7	7,5	7,25	13	2224
7,5	8	7,75	1	2225
8	8,5	8,25	7	2232
			2232	

Fuente: Los Autores

ANEXO H: Distribución de la velocidad del viento del mes de julio



Fuente: Los Autores

En el mes de julio se nota que el viento en promedio es de 2 m/s lo que señala un promedio similar al mes de junio ya que la mediana con un valor de 2 m/s corrobora lo dicho anteriormente puesto que la media y la mediana son medidas de tendencia central.

La media de este mes, que viene a representar el promedio del viento, tiene una relación con la mediana ya que se aproximan una con la otra, y su diferencia radica en que la media da un valor promedio de todos los datos de la tabla, mientras que la mediana da un valor medio de datos ordenados dentro de un intervalo determinado.

También se tiene la moda que es un método estadístico que nos revela el dato con más frecuencia dentro del registro de datos. El valor que más se repite dentro del cuadro es el cero, lo cual dice que en su mayor parte no registraron vientos.

Las medidas de desviación estándar y varianza son de 1,6 y 2,6 respectivamente, esto dice que la desviación estándar y la varianza como medidas de dispersión ayudan a ver como varían los datos unos de otros, en el caso de la varianza se ve como este parámetro estadístico dice que los datos varían de la media en 2,6 m/s, además que la desviación estándar en cambio es la variación de los datos entre si y dicha variación entre si es de 1,6 m/s, como se ve estas medidas están en términos de la muestra.

En lo referente a este tramo vemos que una observación importante es el hecho de que como la moda es 0 m/s, el anemómetro no tuvo actividad en la mayoría de las veces en que hubo una medición.

Los valores máximo y mínimo son; 0 m/s y 8,4m/s esta nos permite observar cuales son los registros más bajos y altos de la tabla con lo cual

se obtiene un rango que es la resta del valor máximo menos el valor mínimo obteniendo un resultado de 8,4.

ANEXO I: Resumen estadístico del mes de agosto

población	2160
Media	3
Mediana	2,1
Moda	0
Desviación estándar	2,03
Varianza	4,12
Rango	14,4
Mínimo	0
Máximo	14,4
Numero de intervalo	47
Tamaño de intervalo	0,5
Nuevo rango	14,4

Fuente: Los Autores

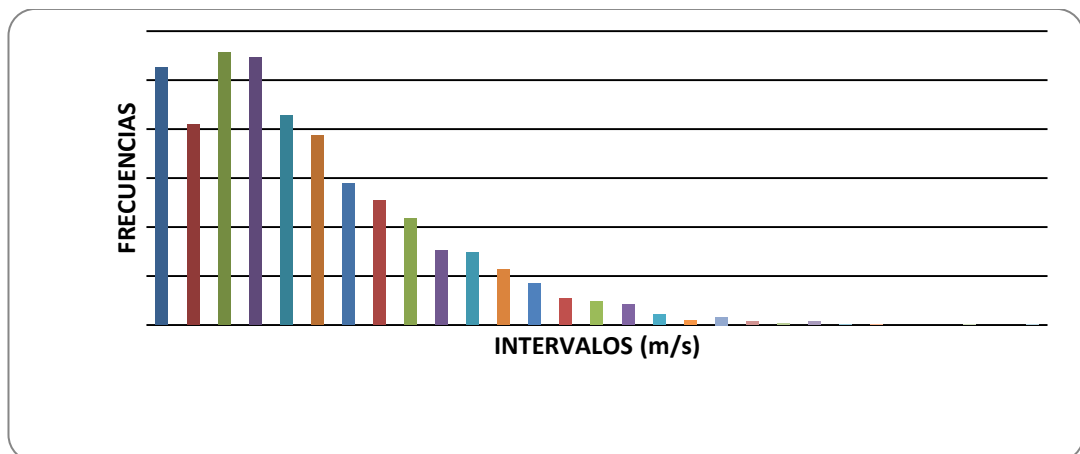
ANEXO J: Resumen estadístico del mes de agosto

Ls	Mcl	fi	F
0,5	0,25	263	263
1	0,75	204	467
1,5	1,25	278	745
2	1,75	273	1018
2,5	2,25	214	1232
3	2,75	193	1425
3,5	3,25	144	1569
4	3,75	127	1696
4,5	4,25	109	1805
5	4,75	76	1881
5,5	5,25	74	1955
6	5,75	56	2011
6,5	6,25	42	2053
7	6,75	27	2080
7,5	7,25	24	2104
8	7,75	21	2125
8,5	8,25	11	2136
9	8,75	4	2140

9,5	9,25	8	2148
10	9,75	3	2151
10,5	10,3	2	2153
11	10,8	3	2156
11,5	11,3	1	2157
12	11,8	1	2158
12,5	12,3	0	2158
13	12,8	0	2158
13,5	13,3	1	2159
14	13,8	0	2159
14,5	14,3	1	2160
		2160	

Fuente: Los Autores

ANEXO K: Distribución de la velocidad del viento en el mes de agosto



Fuente: Los autores

En el mes de agosto se observa que la media de todos los datos es de 3 m/s y la mediana de los datos ordenados es de 2,1 m/s lo que señala que hubo un aumento de la velocidad en promedio y consecuentemente con similares bajas de velocidad en su magnitud. También se ve que la moda indica que el dato que más se repite es la velocidad de 0 m/s lo que corrobora el hecho que la media se mantenga baja. La desviación estándar y la varianza en este mes son 2,03 m/s y 4,1 m/s respectivamente.

La desviación estándar y la varianza como medidas de dispersión, las mismas que ayudan a ver como varían los datos unos de otros, en el caso de la varianza se ve como este parámetro estadístico dice que los datos varían de la media en 4,1 m/s, además que la desviación estándar en cambio es la variación de los datos entre si y dicha variación entre si es de 2,03 m/s, como se ve estas medida está en términos de la muestra.

La moda de la muestra es 0 m/s lo cual indica que es el valor que más se repite, por consecuencia el anemómetro no trabajo en la mayor parte del día.

Para el mes de agosto ocurre que se tiene una agrupación en el tramo de 0 m/s a 2,5 m/s, luego las frecuencias descienden formando un grupo desde los intervalos de 2,5m/s hasta los 14,5 m/s los cuales son vientos que generan energía. La moda en la muestra de datos es de 0 m/s lo que es reflejado en el cuadro estadístico de frecuencias, a partir de esto se pone en manifiesto que los flujos de aire durante el día fueron en su mayoría nulas.

Como la moda es 0 m/s se asume que el anemómetro en la mayoría de este mes muestreando no ha tenido actividad, por lo tanto la media también se ve justificado al tomar un valor tan bajo como el que tiene.

ANEXO L: Resumen estadístico del mes de septiembre

población	1728
Media	3,21
mediana	2,7
Moda	0
desviación estándar	2,38
varianza	5,65
rango	14,3
mínimo	0
máximo	14,3
numero de intervalo	42
tamaño de intervalo	0,5
nuevo rango	14,3

Fuente: Los Autores

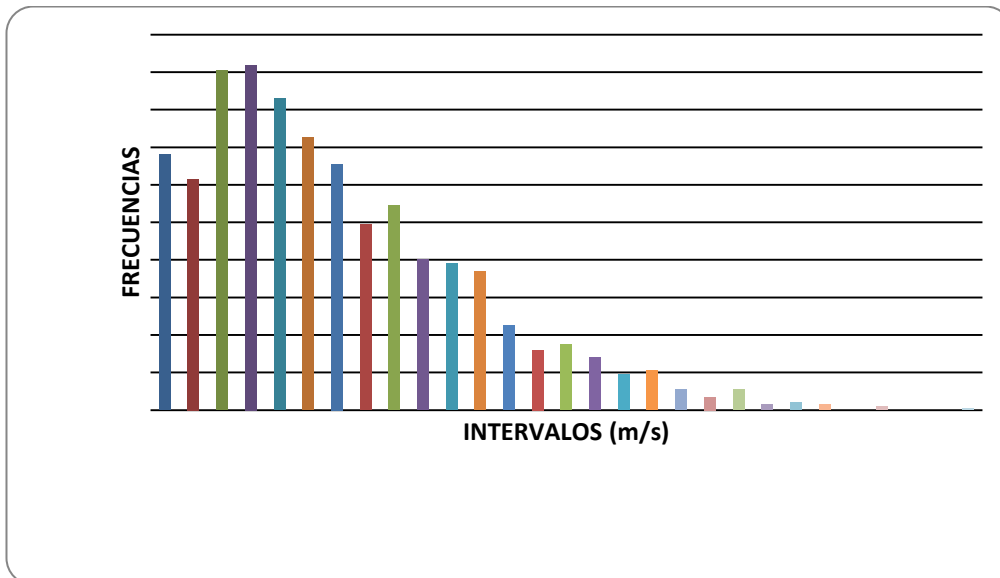
ANEXO M: Resumen estadístico del mes de septiembre

Li	Ls	Mcl	fi	F
0	0,5	0,25	136	136
0,5	1	0,75	123	259
1	1,5	1,25	181	440
1,5	2	1,75	184	624
2	2,5	2,25	166	790
2,5	3	2,75	145	935
3	3,5	3,25	131	1066
3,5	4	3,75	99	1165
4	4,5	4,25	109	1274
4,5	5	4,75	80	1354
5	5,5	5,25	78	1432
5,5	6	5,75	74	1506
6	6,5	6,25	45	1551
6,5	7	6,75	32	1583
7	7,5	7,25	35	1618
7,5	8	7,75	28	1646
8	8,5	8,25	19	1665
8,5	9	8,75	21	1686
9	9,5	9,25	11	1697
9,5	10	9,75	7	1704
10	10,5	10,3	11	1715
10,5	11	10,8	3	1718

11	11,5	11,3	4	1722
11,5	12	11,8	3	1725
12	12,5	12,3	0	1725
12,5	13	12,8	2	1727
13	13,5	13,3	0	1727
13,5	14	13,8	0	1727
14	14,5	14,3	1	1728
			1728	

Fuente: Los Autores

Anexo N: Distribución de la velocidad del viento del mes de septiembre



Fuente: Los autores

En Septiembre se presenta un viento promedio de 3,21 m/s que se lo registra con el parámetro muestra de la media. Esta refleja que los valores de las medias en este último semestre se acercan y superan los 3 m/s, mientras que la mediana es de 2,7 m/s informa que los datos tienen una uniformidad.

La varianza y la desviación estándar tienen un comportamiento de proporcionalidad de aumento puesto a medida que aumenta la varianza también aumenta también la desviación estándar, en este mes

la varianza es de 5,7 m/s; como se vio en los otros meses la varianza da a conocer que tanto varían los datos en torno a la media, esto es importante porque se ve como varían los datos de su promedio.

Mientras que la desviación estándar que en este mes es de 2,4 m/s; permite conocer en términos de la velocidad como varían los datos ordenados unos de otros.

El dato que más frecuencia tiene en este mes es 0 m/s esto se debe a que los datos son tomados en un periodo de tiempo de 20 minutos, lo cual hace que registre datos más seguidos especialmente si no hay actividad por el anemómetro.

La varianza de este mes de septiembre ayuda en este mes por ser alta, dicha varianza en este mes es de 5,7 m/s, esto explica la razón por la cual los datos tienen esta dispersión hablando de la velocidad del viento en este mes muestreado.

La moda en este mes es un valor de 0 m/s esto indica que los datos de las frecuencias son muy distintas, debido a la moda del mes se determina que en ciertas etapas el anemómetro no registra flujos de viento por lo que se mantiene la cifra de todos los meses.

En la tabla se observa claramente que existen dos grupos uno de 0m/s a 2,5m/s y el otro grupo que se manifiesta porque la frecuencia de las mediciones va disminuyendo desde los 2, 5 hasta los 14,5m/s, y está en su totalidad son flujos que sirven para el arranque y la producción de energía del generador.

ANEXO O: Comunidad Naranjito



ANEXO P: Sector El Tablón



ANEXO Q: Cabaña El Sol



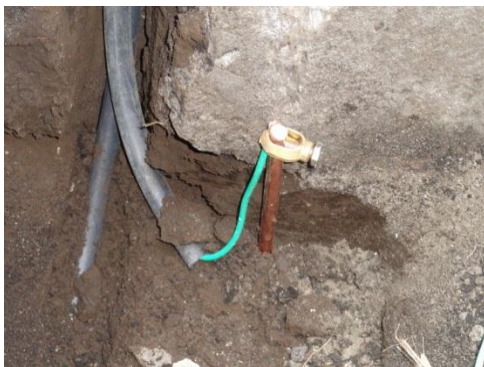
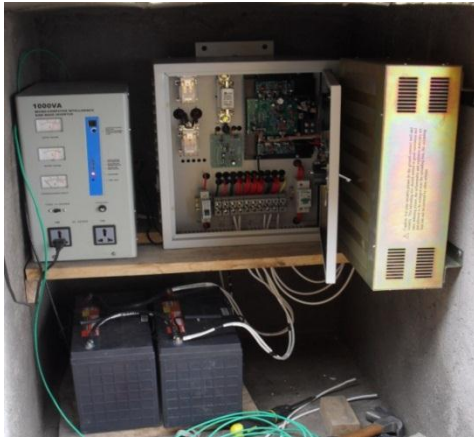
ANEXO R: Procesos

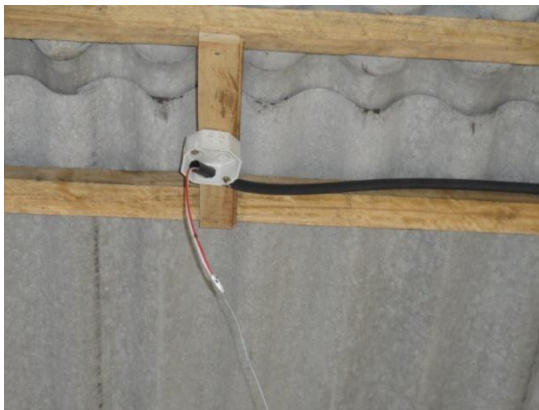


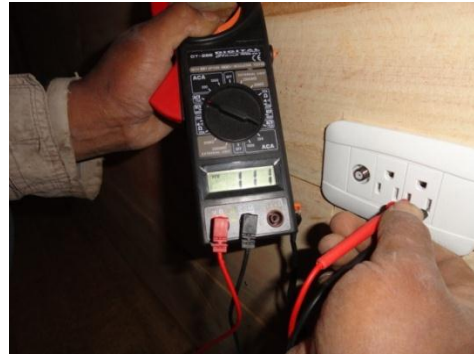














**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO		
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100271674-2	
APELLIDOS Y NOMBRES:	Mugmal Pupiales William Fredy	
DIRECCIÓN:	Caranqui- Naranjito	
EMAIL:	fredym_1985@yahoo.com	
TELÉFONO FIJO:		TELÉFONO MÓVIL: 0986959699

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	"IMPLEMENTACIÓN DE UN GENERADOR EÓLICO COMO SISTEMA ALTERNATIVO DE ENERGIA RENOVABLE, EN LA CABAÑA EL SOL DEL SECTOR EL TABLON UBICADA EN LA COMUNIDAD NARANJITO PARROQUIA CARANQUI CANTON IBARRA, APARTIR DEL AÑO 2012."
AUTOR (ES):	Mugmal Pupiales William Fredy – Vega Tulcanazo Javier Armando
FECHA: AAAAMMDD	2012/12/28
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Perez Hernán

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Mugmal Pupiales William Fredy, con cédula de identidad Nro. 100271674-2 en calidad de autor (es) y titular (es) de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

3. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 10 días del mes de enero del 2013

EL AUTOR:

(Firma).....
Nombre: William Fredy Mugmal
C.C.: 100271674-2

ACEPTACIÓN:

(Firma).....
Nombre: ING. BETTY CHÁVEZ
Cargo: JEFE DE BIBLIOTECA

Facultado por resolución de Consejo Universitario _____



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Mugmal Pupiales William Fredy, con cédula de identidad Nro. 100271674-2, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor (es) de la obra o trabajo de grado denominado "IMPLEMENTACION DE UN GENERADOR EÓLICO COMO SISTEMA ALTERNATIVO DE ENERGIA RENOVABLE, EN LA CABAÑA EL SOL DEL SECTOR EL TABLON UBICADA EN LA COMUNIDAD NARANJITO PARROQUIA CARANQUI CANTON IBARRA, APARTIR DEL AÑO 2012." que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico, en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

(Firma).....

Nombre: Mugmal Pupiales William Fredy

Cédula: 100271674-2

Ibarra, a los 10 días del mes de enero del 2013



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

4. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100295969-8		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Vega Tulcanazo Javier Armando		
DIRECCIÓN:	Km1 vía selva alegre, Barrio San Vicente		
EMAIL:	javierdance1@yahoo.es		
TELÉFONO FIJO:	2926-382	TELÉFONO MÓVIL:	0993331623

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	"IMPLEMENTACIÓN DE UN GENERADOR EÓLICO COMO SISTEMA ALTERNATIVO DE ENERGIA RENOVABLE, EN LA CABAÑA EL SOL DEL SECTOR EL TABLON UBICADA EN LA COMUNIDAD NARANJITO PARROQUIA CARANQUI CANTON IBARRA, APARTIR DEL AÑO 2012".
AUTOR (ES):	Mugmal Pupiales William Fredy _ Vega Tulcanazo Javier Armando
FECHA: AAAAMMDD	2012/12/28
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Mantenimiento Electrico
ASESOR /DIRECTOR:	Dr. Perez Hernán

5. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Vega Tulcanazo Javier Armando, con cédula de identidad Nro.100295969-8, en calidad de autor (es) y titular (es) de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

6. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 10 días del mes de enero del 2013

EL AUTOR:



(Firma).....
Nombre: Vega Tulcanazo Javier Armando
C.C.:100295969-8

ACEPTACIÓN:



(Firma).....
Nombre: ING. BETTY CHÁVEZ
Cargo: JEFE DE BIBLIOTECA

Facultado por resolución de Consejo Universitario _____



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Vega Tulcanazo Javier Armando, con cédula de identidad Nro. 100295969-8, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor (es) de la obra o trabajo de grado denominado "IMPLEMENTACIÓN DE UN GENERADOR EÓLICO COMO SISTEMA ALTERNATIVO DE ENERGIA RENOVABLE, EN LA CABAÑA EL SOL DEL SECTOR EL TABLON UBICADA EN LA COMUNIDAD NARANJITO PARROQUIA CARANQUI CANTON IBARRA, APARTIR DEL AÑO 2012" que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico, en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

(Firma) 

Nombre: Vega Tulcanazo Javier Armando

Cédula: 100295969-8

Ibarra, a los 10 días del mes de enero del 2013