



**Universidad
Técnica de
Cotopaxi**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA
PROPUESTA TECNOLÓGICA

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO-SOLAR PARA LA
GENERACIÓN ELÉCTRICA EN LA HACIENDA BARRANCAS DE LA EMPRESA
“NOVOPAN” DEL ECUADOR S.A DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI”**

Autores:

Estefanía Monserrath Angulo Ruiz

Luis Antonio Taipe Jaya

Tutor:

Ing. Edwin Homero Moreano Martínez
MSc.

Ing. José Efrén Barbosa Galarza MSc.

Latacunga - Ecuador

2018



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros Estefanía Monserrath Angulo Ruiz y Luis Antonio Taipe Jaya declaramos ser autores de la presente propuesta tecnológica:

“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO-SOLAR PARA LA GENERACIÓN ELÉCTRICA EN LA HACIENDA BARRANCAS DE LA EMPRESA “NOVOPAN” DEL ECUADOR S.A DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI”, siendo el Ing. Edwin Homero Moreano Martínez MSc e Ing. José Efrén Barbosa Galarza MSc. directores del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en la presente propuesta tecnológica, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Estefanía Monserrath Angulo Ruiz

050362731-7

Luis Antonio Taipe Jaya

050350789-9



AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor de la Propuesta Tecnológica sobre el título:

“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO-SOLAR PARA LA GENERACIÓN ELÉCTRICA EN LA HACIENDA BARRANCAS DE LA EMPRESA “NOVOPAN” DEL ECUADOR S.A DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI”, de Estefanía Monserrath Angulo Ruíz con cédula N° 050362731-7 y Luis Antonio Taipe Jaya con cédula N° 0503507899, de la carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación

Latacunga, enero, 2018

El Tutor

Ing. Edwin Homero Moreano Martínez MSc

Ing. José Efrén Barbosa Galarza MSc.



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



Ingeniería
Electromecánica


APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban la presente propuesta tecnológica de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS de la carrera de INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA; por cuanto, los postulantes: Estefanía Monserrath Angulo Ruiz con cédula N° 050362731-7 y Luis Antonio Taipe Jaya con cédula N° 0503507899, con el título de Proyecto de titulación: "IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO-SOLAR PARA LA GENERACIÓN ELÉCTRICA EN LA HACIENDA BARRANCAS DE LA EMPRESA "NOVOPAN" DEL ECUADOR S.A DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI" han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, Febrero 2018

Para constancia firman:



Lector 1

Nombre: Mg. Luigi Orlando Freire Martínez

CC: 0502529589



Lector 2

Nombre: Mg. Byron Paúl Corrales Bastidas

CC: 0502347768



Lector 3

Nombre: Mg. Yadira Araceli Herrera Martínez

CC: 0502904857

AVAL DE IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Quito, enero 24 del 2018

En calidad de Administradora Forestal de la empresa NOVOPAN DEL ECUADOR S.A,

CERTIFICO QUE:

se ha realizado la presente propuesta tecnológica y actualmente se está implementando el sistema del proyecto:

“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO-SOLAR PARA LA GENERACIÓN ELÉCTRICA EN LA HACIENDA BARRANCAS DEL VIVERO “NOVOPAN” DEL ECUADOR S.A DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI.”

Los estudiantes de la **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI: ESTEFANÍA MONSERRATH ANGULO RUIZ y TAIPE JAYA LUIS ANTONIO** realizan la implementación de un aerogenerador, módulos fotovoltaicos, torre, baterías, inversor y demás elementos y circuitos con el fin de satisfacer la demanda de energía eléctrica en la Hacienda Barrancas de la provincia de Cotopaxi.

Atentamente,



.....
Ing. ADRIANA E. MEJIA MEJIA
Administradora Forestal
NOVOPAN DEL ECUADOR S.A



AGRADECIMIENTO

Primeramente, a Dios por la vida y las bendiciones dadas cada día incondicionalmente, por la familia que me dio.

A mi gentil Universidad, a mi querida carrera Ingeniería Electromecánica y a la docencia de toda mi trayectoria Universitaria de brindarme sus conocimientos.

A mis directores de tesis Ing. Edwin Moreano y Ing. Efrén Barbosa por su tiempo incondicional, por ser guías y ofrecer sus conocimientos en el proyecto.

A mis padres por crecerme con principios y valores que me han fortalecido en mi Vida, por el apoyo incondicional que me han brindado en los momentos difíciles.

A mí querida madre por ser una persona ejemplar, de lucha y sacrificio durante todo mi tiempo de estudios.

A mi hija y mi esposo que me han apoyado y depositado su confianza plenamente en mí y en el día a día para seguir adelante pese a las circunstancias y situaciones dificultades que se presenten.

Estefanía



AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios creador de todas las cosas por haberme dado la existencia por estar presente a cada momento, por su Gracia e infinito amor también por darme a la familia que tengo.

A mis Padres en especial a mi Madre por estar siempre presente en las diferentes etapas de mi vida por haberme dado la educación y la formación en los caminos de Dios y valores morales.

A mi familia, a la Universidad Técnica de Cotopaxi, tutores académicos y de tesis; a todos quienes hicieron posible la realización y cumplimiento de esta meta.

Luis



DEDICATORIA

A Dios por la sabiduría que me ha dado para afrontar los momentos difíciles y por permitirme llegar a este momento tan anhelado en mí vida.

A mis padres Wilma Ruiz y Alonso Angulo por la fortaleza que siempre han demostrado, por sus sabios consejos, el apoyo incondicional y los valores inculcados.

A mi hija Miley Guamaní que siempre me han dado las fuerzas necesarias para seguir adelante luchando día a día.

A mis compañeros de clase por haberme brindado su ayuda en momentos difíciles y poder cumplir con mi meta.

Estefanía



DEDICATORIA

Esta tesis la dedico primeramente a Dios Todopoderoso por haber puesto su mirada en mí y haberme mostrado el camino de la verdad y la vida toda gloria es suya también la dedico a mi Padre Luis que lo recuerdo con mucho aprecio; a mi Madre, Hermanas, Hermanos a mi familia y a quienes me brindaron su apoyo.

Luis

ÍNDICE

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iv
AVAL DE IMPLEMENTACIÓN	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	viii
1.INFORMACIÓN GENERAL	1
2.RESUMEN	2
2.1.Alcance	3
3.JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	3
4.BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	4
5.EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	4
5.1.Objeto	4
5.2.Campo de acción	4
6.OBJETIVOS:.....	4
6.1.General.....	4
6.2.Específicos:.....	4
7.ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	5
8.FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	6
8.1.Precedentes de las energías renovables	6
8.2.El viento.....	7
8.3.Circulaciones del viento a escala regional y local.....	8
8.4.Panorama internacional de las fuentes de energía renovables.....	8
8.5.Descripción del recurso eólico del ecuador	9
8.5.1.Turbina eólica	10
8.6.Tipo de Aerogeneradores	10
8.6.1.Aerogeneradores eólicos horizontales	10
8.6.2.Máquinas con rotor a sotavento.....	11
8.6.3.Aerogenerador tripala	11
8.6.4.Aerogenerador de eje vertical.....	12
8.6.5.Aerogenerador de rotor Savonius	12
8.6.6.Aerogenerador de rotor Darrieus	13
8.6.7.Arranque:.....	13

8.6.8.Parada del aerogenerado:.....	14
8.7.Energía solar fotovoltaica.....	14
8.7.1.Sistema fotovoltaico	14
8.8.Importancia de las energías renovables en la generación de electricidad.	15
8.9.Sistema de energía híbrida.....	15
8.9.1.Los sistemas aislados o autónomos	16
8.10.Condiciones específicas del sitio para el sistema híbrido eólico-solar.....	18
8.11.Inversores solares	18
8.12.Controlador de carga	19
8.13.Baterías o acumuladores de un sistema híbrido.....	19
9.HIPÓTESIS	20
10.METODOLOGÍA TÉCNICAS E INSTRUMENTOS.....	20
10.1.Dimensionamiento del sistema híbrido eólico-solar.	20
10.2.Localización Georeferencial del lugar de instalación del sistema híbrido eólico solar....	20
10.2.1.Instrumentos	20
10.3.Matriz de relación de variables.....	21
10.4.Determinación de la demanda de energía de la hacienda barrancas.....	22
10.5.Análisis del diagrama de Pareto correspondiente a la potencia de los equipos eléctricos de la hacienda Barrancas.	23
10.6.Determinación de la velocidad del viento	23
10.6.1.Instrumentos y equipos utilizados para medir la velocidad del viento.....	24
10.6.2.Anemómetro	24
10.7.Atlas Eólico	24
10.7.1.Método exponencial – diseño factorial.....	25
10.7.2.Construcción del perfil de velocidad del viento	26
10.8.Determinación de la altura final de la torre del aerogenerador y velocidad promedio	26
10.9.Selección del generador eólico	27
10.9.1.Voltímetro y Amperímetro	29
10.10.Elementos necesarios para el control del tablero eléctrico.....	30
10.10.1.Contactor	30
10.10.2.Interruptores termomagnéticos	30
10.11.Torre del aerogenerador.....	30
10.11.1.Base para acoplar el aerogenerador	31
10.12.Determinación de la parte fotovoltaica del sistema híbrido	31
10.12.1.Determinación de la radiación solar incidente en la hacienda Barrancas.....	31

10.12.2.Extracción de datos del Atlas solar del Ecuador:	31
10.12.3.Número de Horas Sol	33
10.13.Selección del número de módulos fotovoltaicos	33
10.14.Inclinación de los paneles solares.....	36
10.15.Selección del inversor.....	36
10.15.1.El controlador.	37
10.16.Dimensionamiento de las baterías	37
10.17.Conexión de las baterías	38
10.18.Determinación del consumo eléctrico mensual de la hacienda Barrancas	39
11.ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	40
12.IMPACTOS TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS.....	41
12.1.Impacto práctico:	41
12.2.Impacto ambiental:	41
12.3.Componentes socio económico:	41
13.PRESUPUESTO.....	42
14.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	45
14.1.Conclusiones.....	45
14.2.Recomendaciones	45
15.BIBLIOGRAFÍA	46
16.ANEXOS	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución del viento.....	7
Figura 2. Generador eólico	10
Figura 3. Aero generadores horizontales tripala.....	12
Figura 4. Rotor savonius	13
Figura 5. Efecto fotovoltaico.....	15
Figura 6. Diseño del sistema híbrido	16
Figura 7. Localización geo referencial	21
Figura 8. Consumo de equipos eléctricos.....	23
Figura 9. Anemómetro instalado en la hacienda.	24
Figura 10. Atlas Eólico.....	25
Figura 11. Diseño factorial Variables de determinación de la velocidad.....	25
Figura 12. Velocidad promedio del viento	26

Figura 13. Curva de potencia vs velocidad del viento del aerogenerador eólico	28
Figura 14. Histograma de radiación solar	32
Figura 15. Panel monocristalino SM636-150.....	35
Figura 16. Inclinación de los paneles solares.	36
Figura 17. Inversor de 1500W	37
Figura 18. Histograma consumo mensual	39
Figura 19. Curva característica a 12m	40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de actividades y tareas.....	5
Tabla 2. Aplicaciones de energía renovable	17
Tabla 3. Variable independiente: Implementación de un sistema híbrido eólico-solar.....	21
Tabla 4. Variable dependiente: Generación de electricidad para la vivienda.....	21
Tabla 5. Demanda de energía de la hacienda Barrancas.	22
Tabla 6. Características del generador eólico seleccionado	28
Tabla 7. Promedio de radiación solar de la provincia de Cotopaxi.	32
Tabla 8. Consumo mensual de energía	39
Tabla 9. Presupuesto para la elaboración (recursos directos).....	42
Tabla 10. Presupuesto para la elaboración (recursos indirectos).....	43
Tabla 11. Presupuesto para la elaboración (mano de obra).....	43
Tabla 12. Costo total del proyecto.....	44

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TITULO: “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO-SOLAR PARA LA GENERACIÓN ELÉCTRICA EN LA HACIENDA BARRANCAS DE LA EMPRESA “NOVOPAN” DEL ECUADOR S.A DE LA PROVINCIA DEL COTOPAXI”

Autores:

Estefanía Monserrath Angulo Ruiz

Luis Antonio Taipe Jaya

RESUMEN

En la provincia de Cotopaxi se encuentra ubicada la hacienda Barrancas de la empresa NOVOPAN del Ecuador S.A la misma que no cuenta con energía eléctrica ya que está aislada de la red del suministro eléctrico, por lo cual el objetivo de la presente propuesta tecnológica como parte de un acuerdo institucional con dicha empresa es la generación eléctrica a partir de fuentes de energía renovables para satisfacer la demanda de 1200 Watts diarios que es el consumo eléctrico máximo de la hacienda, para esto se ha realizado investigaciones de cómo generar dicha energía mediante la recopilación y utilización de datos de velocidad del viento y la radiación solar disponibles en este sector las mismas que después de la recopilación, análisis, aplicación de ecuaciones y técnicas han dado como resultado que la radiación solar en este sector es de $4719,61 \text{ Wh/m}^2/\text{día}$ y la velocidad promedio del viento es de $7,9057 \text{ m/s}$, a partir de esto se realizó el dimensionamiento de equipos y la implementación de un sistema híbrido eólico-solar para la generación eléctrica en la hacienda Barrancas de la empresa “NOVOPAN” del Ecuador S.A de la provincia de Cotopaxi y de esta manera se cubrió la demanda de energía eléctrica requerida almacenándola en sistemas de acumulación para que pueda ser utilizada sin inconvenientes.

PALABRAS CLAVE: Sistema híbrido, velocidad del viento, radiación solar, generación eléctrica.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

TOPIC: "IMPLEMENTATION OF A HYBRID SYSTEM WIND-SOLAR FOR THE ELECTRICAL GENERATION IN THE HACIENDA BARRANCAS OF THE COMPANY "NOVOPAN" OF ECUADOR S.A OF THE PROVINCE OF COTOPAXI.

Authors:

Estefanía Monserrath Angulo Ruiz

Luis Antonio Taipe Jaya

ABSTRACT

At Cotopaxi province is located the Barrancas Hacienda of NOVOPAN del Ecuador S.A company which does not have electricity as it is isolated from the electricity supply network, so the objective of this technological proposal as part of an institutional agreement with this company is the generation of electricity from renewable energy sources to get the demand of 1200 daily Watts which is the maximum electricity consumption of the hacienda, for this researching has been conducted on how to generate this energy by collecting and using speed data of the wind and solar radiation available in this sector the same as after the collection, analysis, application of equations and techniques have resulted in solar radiation is 4719,61 Wh/m²/día and the average speed of the wind is 7.9057 m / s, from this the sizing of equipment and the implementation of a hybrid system wind-solar for the electrical generation in the hacienda Barrancas of the company "NOVOPAN" of Ecuador S.A of Cotopaxi province and in this way the demand of electrical energy required was stored by storing it in accumulation systems so that it can be used without inconveniences.

KEY WORDS: Hybrid system, wind speed, solar radiation, electric generation.



AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que: La traducción del resumen de tesis al Idioma Inglés presentado por la señorita y el señor Egresados de la Carrera de Ingeniería en Electromecánica de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas: **ESTEFANIA MONSERRATH ANGULO RUIZ Y LUIS ANTONIO TAIBE JAYA**, cuyo título versa **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO-SOLAR PARA LA GENERACIÓN ELÉCTRICA EN LA HACIENDA BARRANCAS DE LA EMPRESA “NOVOPAN” DEL ECUADOR S.A DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI”**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

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

Latacunga, Enero del 2018

Atentamente,


Lic. M. Sc. Pacheco Pruna Edison Marcelo
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C. 0502617350



1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto: “Implementación de un sistema híbrido eólico-solar para la generación eléctrica en la hacienda Barrancas de la empresa “NOVOPAN” del ECUADOR S.A de la provincia de Cotopaxi”

Fecha de inicio: octubre 2017

Fecha de finalización: febrero 2018

Lugar de ejecución:

Zona 3, Provincia de Cotopaxi, Cantón Latacunga, Parroquia Aláquez, barrio Barrancas.

Unidad Académica que auspicia

Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

Carrera que auspicia:

Carrera de Electromecánica

Equipo de Trabajo:

Ing. Edwin Homero Moreano Martínez. MSc.

Ing. José Efrén Barbosa Galarza MSc.

Coordinador del Proyecto de Investigación:

Estefanía Monserrath Angulo Ruíz

Luis Antonio Taipe Jaya

Área de Conocimiento:

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Educación el área de conocimiento se encuentra bajo el título de Ingeniería, industria y construcción el código del subárea es el número 52 en cuanto se refiere a la Ingeniería y profesiones afines dibujo técnico, mecánica, metalistería, electricidad, electrónica, telecomunicaciones, ingeniería energética y química.

Carrera de Electromecánica: Ingeniería, industria, eléctrica, diseño y construcción

Línea de investigación:

Como línea principal se encuentra relacionada las Energías Alternativas y Renovables.

El presente proyecto abarca esta línea de investigación en la Implementación de un Sistema Híbrido Eólico Solar para la Generación de energía eléctrica en la hacienda Barrancas de NOVOPAN del Ecuador SA.

Mediante investigaciones se busca promover el aprovechamiento de las energías alternativas y renovables, en los diferentes sectores (Industrial, Residencial, Público, Transporte y Agrícola).

Línea 5: Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental.

Sub líneas de investigación de la Carrera:

En cuanto a las sublíneas de la Carrera de Ingeniería Electromecánica el proyecto ve relacionado con la Eficiencia energética en Sistemas Electromecánicos y Uso de Fuentes Renovables de Energía; y cumple con los requerimientos para el uso de energías renovables como es el aprovechamiento de la velocidad del viento y la radiación del sol, para la generación de energía eléctrica ya que es posible reducir el costo total de la instalación y la relación costo beneficio.

2. RESUMEN

En la provincia de Cotopaxi, Parroquia Aláquez se encuentra ubicada la hacienda Barrancas de propiedad de la empresa NOVOPAN del ECUADOR S.A. esta hacienda produce plantas de Pino radiata cada año en su vivero. Todas estas actividades están avaladas por la certificación ambiental ISO 14000.

La empresa NOVOPAN del ECUADOR S.A. se dedica a la producción de tableros MDF para esto se realiza diferentes procesos como es el cultivo de la materia prima (Pino) para luego ser triturado en la fábrica y posterior a construir el tablero. En la hacienda Barrancas labora personal encargado de dar mantenimiento a la hacienda, pero esta no dispone de energía eléctrica porque la situación geográfica no ha permitido que la red del suministro eléctrico llegue hasta dicho vivero.

Esto ha planteado la necesidad de implementar un sistema híbrido eólico solar para la generación eléctrica en el vivero dando relevancia a las fuentes renovables de energía y que tengan una buena relación costo beneficio.

Un sistema híbrido se basa en la combinación de un generador eólico y módulos fotovoltaicos con almacenamiento por medio de baterías, dimensionando todas las combinaciones posibles.

El objetivo del proyecto es implementar un sistema híbrido eólico solar para obtener datos y ecuaciones que ligen con los parámetros meteorológicos, a partir de las dos fuentes de energía renovable como es la velocidad de viento y la radiación solar del sector, con cada uno de los elementos del sistema; generador eólico.

Dentro del Plan del Buen Vivir la misión del objetivo 10 es: “Impulsar la transformación de la matriz productiva” dentro del mismo Plan el objetivo 11 expone asegurar la soberanía y eficiencia de los sectores estratégicos para la transformación industrial y tecnológica en las Políticas y lineamientos estratégicos: Literal h.- Cuantificar el potencial de recursos de energías renovables para generación eléctrica.

2.1. Alcance

En esta propuesta tecnológica se tiene como punto de partida la innovación y algunos elementos teóricos que permiten evidenciar su evolución y estructura.

Se ve la necesidad de implementar un sistema híbrido eólico-solar con el fin de utilizar energías renovables como fuente primaria, aumentando considerablemente el desarrollo socioeconómico poblacional.

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La Hacienda Barrancas de la empresa NOVOPAN del Ecuador S.A está ubicada en la provincia de Cotopaxi en la parroquia Aláquez en esta existe la vivienda que carece del suministro eléctrico, debido a la situación geográfica aislada de la red eléctrica, razón por la cual se dotará de la misma, mediante la implementación de un sistema híbrido eólico solar para la alimentación eléctrica de la vivienda, razón por la que se necesita utilizar energías renovables.

Con el análisis e implementación del sistema y aprovechando la radiación del sol y la velocidad del viento de la zona, permitirá la generación del suministro eléctrico ya que los sistemas de energía eólica cuentan con una de las mejores relaciones costo-beneficio, además que la empresa eléctrica solicita elevados costos para la instalación eléctrica por causa de la situación geográfica, de esta manera se obviará los costos altos de extender las redes de suministro a este sitio, contribuyendo así también al cambio de la matriz productiva del país.

Para lograr este fin se tiene a disposición los recursos bibliográficos necesarios, equipos para las respectivas mediciones e implementación del sistema híbrido, recursos económicos y

fundamentos teóricos para su análisis e implementación además de los estudiantes de Ingeniería en Electromecánica para la realización de este proyecto generando así un mayor conocimiento en las áreas de generación de energía eléctrica renovable.

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

A continuación, se presenta a las personas que serán beneficiadas directa e indirectamente con la implementación del sistema híbrido eólico-solar de generación eléctrica en la hacienda Barrancas ubicada en la provincia de Cotopaxi.

Directos. - La hacienda Barrancas debido a la implementación del sistema híbrido y los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Electromecánica.

Indirectos. - Personal de mantenimiento a cargo de la hacienda.

5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Inexistencia de un sistema de energía eléctrica que atienda la demanda energética de la hacienda Barrancas de NOVOPAN del Ecuador S.A. en la Provincia de Cotopaxi

5.1. Objeto

Sistema híbrido eólico- solar, Velocidad del viento, Radiación solar.

5.2. Campo de acción

Generación de energía eléctrica.

6. OBJETIVOS:

6.1. General

- Implementar un sistema híbrido eólico solar mediante la aplicación de energías renovables para la generación de energía eléctrica en la hacienda Barrancas de la empresa NOVOPAN DEL ECUADOR S.A. ubicada en la provincia de Cotopaxi.

6.2. Específicos:

- Determinar la demanda máxima de potencia de la hacienda Barrancas.
- Realizar un estudio de la velocidad del viento en la hacienda.
- Determinar la radiación solar disponible en el sector.
- Implementación del sistema híbrido eólico-solar para la generación eléctrica.

7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 1. Descripción de actividades y tareas.

Objetivo	Actividad	Resultado de la actividad	Técnica e instrumentos
Determinar la curva de carga de la hacienda Barrancas	Recopilación de datos de la potencia requerida para los equipos.	Obtención de la potencia adecuada que debe entregar el sistema híbrido eólico solar.	Medición y toma de datos de potencias, mediante tablas del consumo del equipo.
Realizar un estudio de la velocidad del viento en la hacienda.	Recopilación, tabulación de datos del viento en la hacienda Barrancas.	Obtención de la velocidad del viento para dimensionar el aerogenerador.	Medición y extracción de datos de la estación meteorológica, Atlas eólico.
Determinar la radiación solar disponible en el sector.	Recopilación de datos de la radiación solar. Obtención de potencia adecuada para cada panel solar	Obtención de la radiación solar para el dimensionamiento de número de módulos fotovoltaicos.	Extracción de datos de radiación solar del Atlas Solar del Ecuador.
Implementación del sistema híbrido eólico-solar para la generación eléctrica.	Identificación de los parámetros necesarios para la implementación del sistema híbrido Conexión de los elementos que constituyen el sistema híbrido.	Generación de energía eléctrica	Medición con Voltímetro.

Fuente: Elaborado por los Investigadores

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

En este capítulo se presenta los diferentes temas que sustentan los conocimientos para la realización de un sistema híbrido eólico-solar con el fin de generar energía eléctrica en la hacienda Barrancas a partir de dos fuentes de energía se forma un sistema híbrido eólico-solar que genera corriente continua y esta es acumulada en una batería para luego ser conducida a un inversor de corriente continua a corriente alterna y a su vez a la salida tener el voltaje de 110 volts.

8.1. Precedentes de las energías renovables

El uso de energías alternativas como son la fotovoltaica y eólica ha crecido de manera significativa en los últimos años debido a los beneficios directos económicos y ambientales que acarrea consigo es preciso señalar que desde la antigüedad se han utilizado las fuentes renovables de energía eléctrica ya sea en molinos de viento o para realizar diferentes actividades.

Sin embargo, en el Ecuador un estudio realizado por (IRENA, 2017) a partir del año 2007 se registra que tuvo una generación de energía eólica de 2 MW y esta cifra se mantiene hasta el año 2013 en el cual la cifra aumenta a 19 MW pero a partir del año 2014 hasta el 2016 la cifra se eleva del 19 a 21 MW. El mismo estudio señala que la energía solar Ecuador era de 2 MW en el año 2007 más esta cifra se incrementó a partir del año 2011 en 3 MW y llegando a tener en el año 2016 la cifra de 29 MW.

Con estos precedentes y según lo mencionado indica que en el país se está dando relevancia a las fuentes de energía renovable en este caso la eólica y la solar que es la que se utilizará en la presente propuesta.

El INER fue creado el 28 de febrero del 2012 mediante Decreto Ejecutivo No. 1048 con la finalidad de cumplir los lineamientos de la Constitución de La República, donde el estado asume como su responsabilidad el “promover la generación y producción del conocimiento, fomentando la investigación científica y tecnológica, para así contribuir al logro del buen vivir, impulsando para ello el aprovechamiento de la energía renovable y el uso eficiente de la energía en todas sus formas, para lo cual se requiere una adecuada coordinación entre los diversos actores del sector público y la participación activa de todos los sectores sociales y privados”.

8.2.El viento

El viento es el desplazamiento de las masas de aire y está causado por las diferencias de presión atmosférica y por la fuerza de Coriolis derivada del giro de la Tierra sobre su eje.

Las diferencias de presión atmosférica son debidas a la variación de temperatura del aire causadas por el desigual calentamiento de la Tierra.

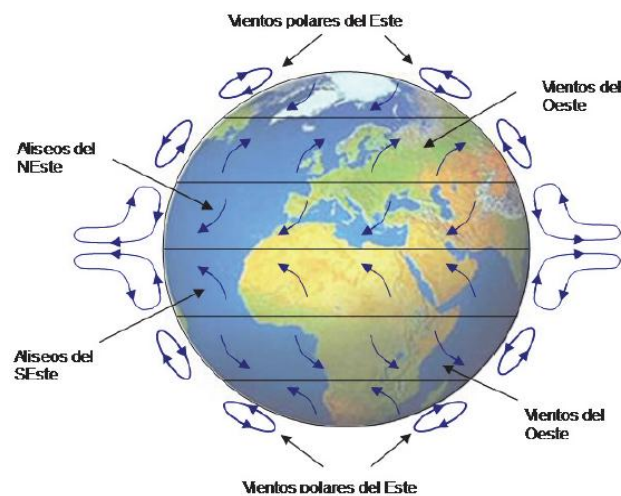
Es decir, las distintas temperaturas existentes en la Tierra y en la atmósfera, por la desigual distribución del calentamiento solar y las diferentes propiedades térmicas de las superficies terrestres y oceánicas, producen corrientes de aire.

El movimiento que describen las masas depende de su temperatura, así las masas calientes tienden a subir y en su lugar se ubican las masas de aire más densas y frías que tienden a bajar.

La fuerza de Coriolis es debida a la rotación de la Tierra sobre su eje (sentido antihorario visto desde el polo norte) y desplaza las masas de aire hacia el oeste (izquierda) si se dirigen desde los polos hacia el Ecuador y hacia el este (derecha) si se dirigen desde el Ecuador hacia los polos, tanto en el hemisferio norte como en el hemisferio sur.

La fuerza de Coriolis es la causante de que en las áreas anticiclónicas (altas presiones) el viento describa giros en el sentido de las agujas del reloj en el hemisferio norte y en sentido contrario en el hemisferio sur, como se muestra en la figura 1 en las áreas ciclónicas (bajas presiones) ocurre lo contrario. (Cucó, 2017).

Figura 1. Distribución del viento



Fuente: (Cucó, 2017)

8.3. Circulaciones del viento a escala regional y local.

Las circulaciones cuyo origen supone un planeta homogéneo de forma aproximadamente esférica. Realmente, la superficie terrestre presenta una variabilidad considerable, que incluye grandes extensiones de tierra y océanos. Estas superficies diversas pueden afectar el flujo del aire variando los campos de presión, la absorción de radiación solar o el contenido de vapor de agua. Los océanos actúan como un gran sumidero de energía, por lo que el movimiento del aire está a menudo acoplado con la circulación oceánica. Esto ocasiona variaciones del campo de presión que afectan a los vientos globales y a varios de los vientos regionales persistentes, como los monzones. Además, el calentamiento o enfriamiento local pueden originar vientos locales persistentes en ciclos estacionales o diarios, como es el caso de las brisas o los vientos de montaña.

Se pueden considerar circulaciones secundarias o vientos regionales a aquellas en que los centros de alta o baja presión se forman por el calentamiento o enfriamiento de la baja atmósfera. Entre ellas se pueden destacar las siguientes:

- Huracanes
- Monzones

Se llaman circulaciones terciarias o vientos locales el resto de circulaciones persistentes de pequeña escala, entre las que se encuentran:

- Brisas y terrales
- Vientos de valle y montaña (Albornoz, 2013).

8.4. Panorama internacional de las fuentes de energía renovables

En la actualidad, el sector energético se ha convertido en una condición para el crecimiento económico de los países, debido a la estrecha relación que existe entre el crecimiento del producto interno bruto y la demanda de energía de cada país.

La naturaleza finita de los recursos ha obligado a buscar una mayor eficiencia en la producción y el uso de la energía; así como a desarrollar el potencial del uso de fuentes de energía no fósiles.

Bajo este contexto, el uso de las energías renovables aparece como un elemento que contribuye a aumentar la seguridad energética del país, al diversificar su matriz energética

ante la expectativa del encarecimiento y la volatilidad de las fuentes convencionales de energía, así como a mitigar las emisiones de gases efecto invernadero y las graves consecuencias del cambio climático provenientes del uso de energéticos fósiles. Países como Alemania, Brasil, Dinamarca, España, Canadá y Reino Unido han desarrollado tecnologías que les han permitido utilizar diversas fuentes renovables, fundamentalmente para la generación de energía eléctrica y, aunque su participación en la producción mundial aún es pequeña, estas energías representan una opción para el suministro eléctrico mundial.

El análisis de las experiencias internacionales muestra que las energías renovables son un tema prioritario en las agendas energéticas, tanto en los países industrializados como en las economías en desarrollo, gracias a sus efectos positivos en las esferas ambiental, económica y social. (Herrera, 2012).

8.5.Descripción del recurso eólico del ecuador

Según (Albornoz, 2013), menciona que, en la actualidad, en Ecuador las energías alternativas han estado evolucionando de manera considerable, principalmente en el sector eléctrico.

Con estos precedentes se han implementado proyectos de generación eléctrica por medio del aprovechamiento de energía hidráulica, energía solar y energía eólica dentro de los cuales para nuestro estudio se considera la combinación de la energía eólica y la radiación del sol, en el Ecuador se lo encuentra en lugares como: la isla San Cristóbal en la provincia de Galápagos y en el cerro Villonaco en la provincia de Loja, con una potencia instalada anual de 2,4 MW y de 16.5 MW respectivamente, además está en construcción un proyecto en la islas Baltra-Santa Cruz en la provincia de Galápagos, con una capacidad de 2.25 MW.

El equivalente de la energía proporcionada por estos proyectos puede abastecer los hogares de hasta 150 mil ecuatorianos (OLLAGUE, 2014).

Hoy en día, las turbinas eólicas aún más grandes se instalan rutinariamente, compitiendo comercialmente con las empresas eléctricas para suministrar energía económica y limpia en muchas partes del mundo.

8.5.1. Turbina eólica

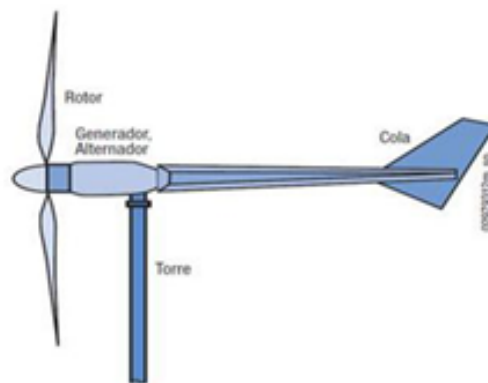
Una turbina eólica es aquella que extrae la energía del viento por la rotación de las cuchillas de la turbina de viento. Básicamente la turbina de viento tiene dos tipos uno es vertical y otro es horizontal. A medida que aumenta la velocidad del viento, la generación de energía también aumenta.

Para obtener la potencia se tiene almacenar en la batería y luego proporcionar a la carga (Ingole, 2015).

8.6. Tipo de Aerogeneradores

Un generador eólico está conformado por el rotor, alternador, cola, como se muestra en la figura 2.

Figura 2. Generador eólico



Fuente: (RENOVABLE, 2007)

Existen diversos tipos de generadores, las cuales tienen cada uno sus beneficios.

8.6.1. Aerogeneradores eólicos horizontales

Son aquellos en los que el eje de rotación del equipo se encuentra paralelo al piso, es una tecnología que se ha impuesto, por su eficiencia, confiabilidad y la capacidad de adaptarse a diferentes potencias, los aerogeneradores de eje horizontal tienen su eje de rotación principal en la parte superior de la torre, teniendo que enfrentar al viento de alguna manera.

Los aerogeneradores pequeños son dirigidos por una veleta, mientras que los grandes utilizan un sensor de dirección y son orientados por servomotores.

Dado que la velocidad de rotación de las aspas es baja, la mayoría hacen uso de una caja reductora para aumentar la velocidad de rotación del generador eléctrico.

En general, la hélice es emplazada de tal manera que el viento, en su dirección de flujo, la encuentre antes que a la torre (rotor a barlovento).

Esto disminuye las cargas adicionales que genera la turbulencia de la torre en el caso en que el rotor se ubique detrás de la misma (rotor a sotavento). (Chercca, 2014).

8.6.2. Máquinas con rotor a sotavento

Las máquinas con rotor a sotavento tiene el rotor situado en la parte trasera de la torre, la ventaja es que pueden ser construidos sin un mecanismo de orientación, si el rotor y la góndola tienen un diseño apropiado que hace que la góndola siga al viento pasivamente, teniendo un rotor más flexible, el inconveniente principal es la fluctuación de la potencia eólica, debida al paso del rotor a través del abrigo de la torre.

Esto puede crear más cargas de fatiga en la turbina que con un diseño corriente arriba.

8.6.3. Aerogenerador tripala

La mayoría de los aerogeneradores modernos tienen diseño tripala, estos consta de 3 palas colocadas formando 120° entre sí, con el rotor a barlovento, usando motores eléctricos en su mecanismo de orientación, este diseño se le llama “Concepto Danés”, porque tiende a estandarizar al resto de conceptos evaluados.

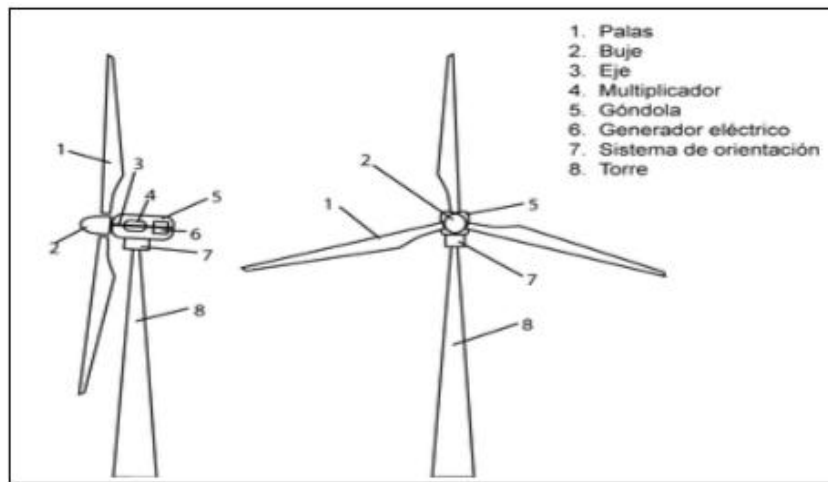
Ya que son las que ofrecen un mayor rendimiento y son las más utilizadas hasta el momento, la gran mayoría de las turbinas vendidas en los mercados mundiales poseen este diseño, el concepto básico fue introducido por primera vez por el célebre aerogenerador de Gedser. (Chercca, 2014).

El funcionamiento es simple, el viento incide en las palas de la hélice haciéndola girar (rotor), y éstas mediante un eje transmiten el movimiento a una caja multiplicadora mediante la cual se puede regular la velocidad de giro, garantizando una mayor eficiencia y regulación en la generación.

Después de la caja de engranajes, se encuentra el alternador encargado de transformar el movimiento en energía eléctrica.

Según la posición del eje se distingue entre dos tipos de turbinas, las de eje vertical (Darrieus y Savonius) y las de eje horizontal este último son de mayor eficiencia, como se ilustra en la figura 3.

Figura 3. Aero generadores horizontales tripala



Fuente: (BENAVENTE, 2015)

8.6.4. Aerogenerador de eje vertical

Según (Ansón, 2013) en su Tesis menciona que las principales ventajas son que no necesitan un sistema de orientación al ser omnidireccional y que el generador, multiplicador, etc., son instalados a ras de suelo, lo que facilita su mantenimiento y disminuyen sus costes de montaje.

Sus desventajas frente a otro tipo de aerogeneradores son sus menores eficiencias, la necesidad de sistemas exteriores de arranque en algunos modelos, y que el desmontaje del rotor por tareas de mantenimiento hace necesaria que toda la maquinaria del aerogenerador sea desmontada.

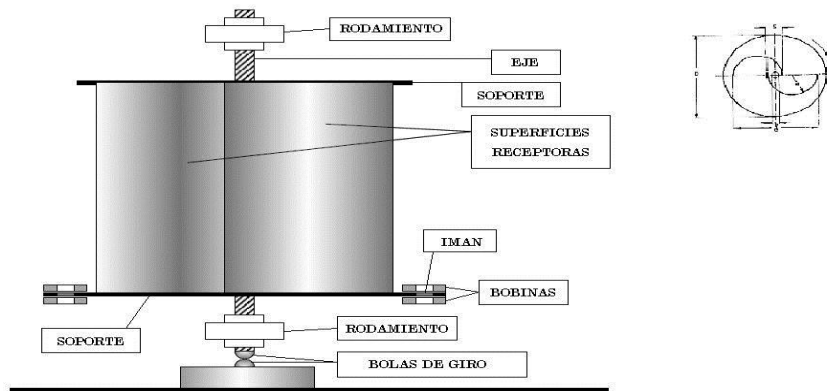
8.6.5. Aerogenerador de rotor Savonius

Es el modelo más simple de rotor, consiste en cilindros huecos desplazados respecto de su eje, de forma que ofrecen la parte cóncava al empuje del viento, ofreciendo su parte convexa una menor resistencia al giro.

Se suele mejorar su diseño dejando un espacio entre ambas caras para evitar la sobre presión en el interior de la parte cóncava.

Pueden construirse superponiendo varios elementos sobre el eje de giro. No son útiles para la generación de electricidad debido a su elevada resistencia al aire.

Su bajo coste y fácil construcción les hace útiles para aplicaciones mecánicas, como se ilustra en la figura 4.

Figura 4.Rotor savonius

Fuente: (BENAVENTE, 2015)

8.6.6. Aerogenerador de rotor Darrieus

Patentado por G.J.M. Darrieus en 1931, es el modelo de los aerogeneradores de eje vertical de más éxito comercial y consiste en un eje vertical asentado sobre el rotor, con dos o más finas palas en curva unidas al eje por los dos extremos.

El diseño de las palas es simétrico y similar a las alas de un avión, el modelo de curva utilizado para la unión de las palas entre los extremos del rotor es el de Troposkien, aunque pueden utilizarse también catenarias.

Evita la necesidad de diseños complejos en las palas como los necesarios en los generadores de eje horizontal, permite mayores velocidades que las del rotor Savonius, aunque sin alcanzar las generadas por los modelos de eje horizontal, pero necesita de un sistema externo de arranque.

8.6.7. Arranque:

Este sistema dispone de sensores de velocidad del viento (anemómetros de turbina) encargados de detectar el viento en cualquier dirección, y con ello dar las órdenes convenientes al sistema de control del aerogenerador para ponerlo en funcionamiento.

Entre 2 m/s y 3 m/s se da la orden de orientación de la turbina, colocándose ésta frente al viento. A partir de los 3 m/s los frenos se desacoplan dejando al rotor girar con la actuación del viento.

Cuando el generador eléctrico alcance la velocidad de sincronismo, (igual o superior a las 1500 rpm dependiendo del generador seleccionado) se conecta a la red de forma suave, mediante el equipo de electrónica de potencia. (BENAVENTE, 2015).

8.6.8. Parada:

Hay varios motivos por los que se produce una parada de aerogenerador.

Puede tratarse de velocidades de viento altas como demasiado bajas.

En el caso de velocidades altas, esta parada se realiza si se superan los valores de 25 m/s o 90 km/h; en velocidades bajas, se detendrá al detectar poca generación.

8.7. Energía solar fotovoltaica

La producción está basada en el fenómeno físico denominado ‘efecto fotovoltaico’, que consiste en convertir la luz solar en energía eléctrica por medio de dispositivos semiconductores denominados células fotovoltaicas.

Estas células están elaboradas a base de silicio puro (uno de los elementos más abundantes, componente principal de la arena) con adición de impurezas de ciertos elementos químicos (boro y fósforo), y son capaces de generar cada una corriente de 2 a 4 amperios, a un voltaje de 0,46 a 0,48 Voltios, utilizando como fuente la radiación luminosa

Las células se montan en serie sobre paneles o módulos solares para conseguir un voltaje adecuado. Parte de la radiación (insolación) incidente se pierde por reflexión (rebota) y otra parte por transmisión (atraviesa la célula).

El resto es capaz de hacer saltar electrones de una capa a la otra creando una corriente proporcional a la insolación incidente, una capa antirreflejo aumenta la eficacia de la célula. (CONELEC, 2008).

8.7.1. Sistema fotovoltaico

Un sistema fotovoltaico es un dispositivo que, a partir de la insolación, produce energía eléctrica, como se muestra en la figura 3; en condiciones de ser aprovechada por el hombre.

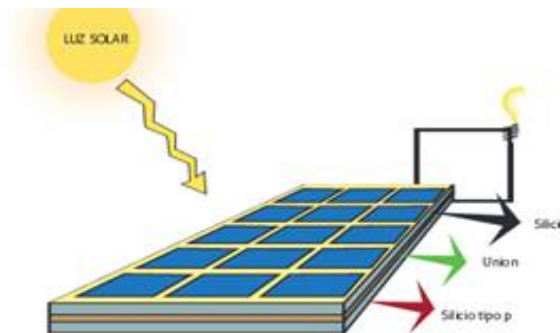
El sistema consta de los siguientes elementos:

- Un generador solar, compuesto por paneles fotovoltaicos, que captan la insolación luminosa procedente del sol y la transforman en corriente continua a baja tensión (12 ó 24 V).
- Un acumulador, que almacena la energía producida por el generador que permite disponer de corriente eléctrica fuera de las horas de luz o días nublados.

- Un regulador de carga, cuya misión es evitar sobrecargas o descargas excesivas al acumulador.
- Un inversor (opcional), que transforma la corriente continua de 12 ó 24 Volts almacenada en el acumulador, en corriente alterna de 110 Volts.

Una vez almacenada la energía eléctrica en el acumulador hay dos opciones: sacar una línea directamente de éste para la instalación y utilizar lámparas y elementos de consumo de 12 ó 24 Vcc o bien transformar la corriente continua en alterna de 110 V a través de un inversor. (CONELEC, 2008).

Figura 5.Efecto fotovoltaico



Fuente: (OLLAGUE, 2014)

8.8. Importancia de las energías renovables en la generación de electricidad.

Por sus condiciones geográficas, la riqueza de sus recursos naturales y la bondad de su pueblo trabajador, el Ecuador es un país que cuenta con un enorme potencial de energías renovables que ameritan un futuro promisorio en el dominio energético y en el desarrollo.

El uso generalizado de las energías renovables y un uso racionalizado de la energía son un componente del único camino que asegura ese futuro promisorio que todos anhelamos.

Las energías renovables implican tecnologías que incorporan varios factores positivos al desarrollo: ventajas medioambientales, creación de puestos de trabajo, uso de recursos locales, reducción de la dependencia de los fósiles, seguridad geo-estratégica, etc. (Neira, 2009-2020)

8.9.Sistema de energía híbrida.

El sistema de energía híbrido es la combinación de dos fuentes para dar energía a la carga, se define como “sistema de energía que se fabrica o diseñado para extraer energía mediante el uso de dos fuentes de energía como es la velocidad del viento y la radiación del sol llamada

sistema de energía híbrida.” El sistema tiene una buena fiabilidad, eficiencia, menos emisiones y menor costo, utilizadas para generar energía.

La energía solar y el viento tienen buenas ventajas que otras fuentes de energía no convencionales, según (Ingole, 2015).

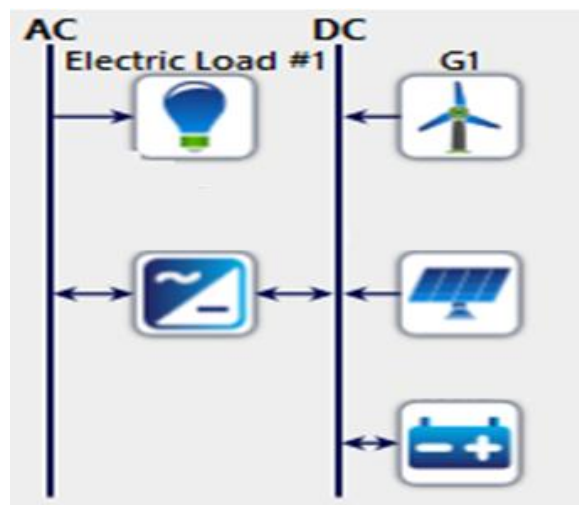
Los sistemas híbridos se componen de varias partes fundamentales:

- Al menos 2 tipos distintos de energía renovable
- Fase de control de carga
- Banco de baterías

Inversor Corriente Directa-Corriente Alternada (CD/CA), según (Castillo, 2013).

En el presente trabajo, se implementará un sistema híbrido de tipo aislado del cual se explicarán los aspectos teóricos de cada una de sus partes, como se ilustra en la figura 3.

Figura 6. Diseño del sistema híbrido



Elaborado por: los Investigadores

8.9.1. Los sistemas aislados o autónomos

Estos sistemas tienen como misión garantizar un abastecimiento de electricidad autónomo (independiente de la red eléctrica pública) de consumidores o viviendas aisladas.

Estas instalaciones no tienen ninguna limitación técnica en cuanto a la potencia eléctrica que puede producir; por motivos de economía y rentabilidad.

Las aplicaciones más usuales a nivel doméstico son:

- Pequeñas instalaciones de iluminación en viviendas (exterior e interior).
- Instalaciones de bombeo agua de pozos o riego autónomo.
- Instalaciones en viviendas en las que es más viable económicamente implementar una instalación autónoma que realizar la conexión a la red general, según (Feijoo, 2009).

Se considera energía renovable cualquier forma de energía que es reabastecida naturalmente. Entre éstas se tiene la energía de la luz solar, la velocidad del viento, la lluvia, las mareas, calor geotérmico y la biomasa, en la siguiente tabla 2 se presentan algunas de estas aplicaciones, para nuestro caso se utiliza un sistema híbrido el cual está compuesto de:

- La radiación del sol
- La velocidad del viento.

Tabla 2. Aplicaciones de energía renovable

TECNOLOGÍA	APLICACIÓN	LUGAR DE APLICACIÓN
Solar fotovoltaico	Electricidad residencial e industria	Mayormente urbano
Solar térmica	Electricidad residencial e industria	Mayormente urbano
Secadores solares	Secado de cosechas	Mayormente rural
Turbinas eólicas	Electricidad residencial e industrial	Urbano y rural
Biomasa sólida	Cocina e iluminación	Rural
Hídrico	Iluminación y procesos para industrias pequeñas	Rural

Fuente: (Feijoo, 2009)

Por ejemplo, la energía solar la tenemos en horas de la mañana, lo que significa que de noche no se aprovecha; el recurso hídrico es mayor en los ríos y lagos en la temporada lluviosa, y escaso en temporada seca.

Ante esta situación, resulta complejo diseñar un sistema de generación eléctrica confiable y suficiente para suplir las necesidades de una comunidad.

Los sistemas híbridos de generación eléctrica presentan grandes ventajas, un sistema híbrido es aquél que aprovecha dos o más fuentes de energía para suministrar la energía requerida. Un buen diseño de un sistema híbrido busca:

- Garantizar la generación de la energía necesaria.

- Minimizar la dependencia del sistema de almacenamiento.
- Optimizar el aprovechamiento de los recursos energéticos.
- Disminuir los costos del sistema, de la instalación y los costos operativos. (Him Díaz, 2013).

8.10. Condiciones específicas del sitio para el sistema híbrido eólico-solar

Los recursos energéticos naturales intermitentes y desequilibrados estacionalmente son la razón más importante para instalar un sistema híbrido de energía. El sistema híbrido eólico-solar se adapta a condiciones en las que la luz del sol y el viento tienen cambios estacionales, como el en verano, el día es largo y la luz solar es fuerte, mientras que en invierno los días son más cortos y hay más nubes, pero suele haber una Mayor recurso eólico que puede complementar el recurso solar.

Los sistemas híbridos eólico-solar se adaptan especialmente a ubicaciones remotas, donde resulta inconveniente o costoso utilizar los suministros de red convencionales. Para la matriz fotovoltaica, se necesita una dirección sin ningún tipo de obstáculos frente al sol. Para el aerogenerador, la velocidad apropiada del viento y la dirección del viento son los elementos clave. La turbina debe ser sometida a viento no turbulento y montado más alto que los árboles y otros obstáculos, según (J.B.V., 2012).

8.11. Inversores solares

Los inversores solares son dispositivos eléctricos destinados a realizar la operación de conversión de D.C desde matriz o batería a señales monofásicas o trifásicas. Para P.V Solar Systems, los inversores se incorporan con algunos dispositivos de protección incorporados.

Estos incluyen en:

- Desconexión automática si la salida de la matriz es demasiado alta o demasiado baja.
- Reinicio automático
- Protegiendo el esquema para tomar el cuidado del cortocircuito y de la sobrecarga.

Generalmente, el inversor que se va a utilizar para producir la calidad de salida debe tener las siguientes características:

- Protecciones de sobrecarga.
- Indicador de disparo del disyuntor en miniatura.
- Protección de bajo nivel de batería.

- Sistema de carga constante y de goteo.
- Indicador de estado de carga (Adejumobi, 2011).

La función de un inversor fotovoltaico consiste básicamente en convertir la corriente continua proporcionada por los módulos solares en una corriente alterna sinusoidal.

En este proceso, el dispositivo tiene la tarea de sincronizar la forma de onda de la corriente y la tensión disponibles con la frecuencia de la red de alimentación independiente. (Juwi, 2009).

8.12. Controlador de carga

El regulador de carga tiene función básica es que controla la fuente que debe estar activa o inactiva. Al mismo tiempo carga la batería y también da energía a la carga, el regulador tiene protección de la sobrecarga, protección de cortocircuitos, protección de la confusión de los polos y función automática de la carga-descarga. También la función es que debe variar la potencia según la demanda de carga.

Es decir este equipo agrega potencia para que la demanda de carga se cumple y cuando la energía no está generando debe extraer la energía de la batería y abastecer a la carga, según (Ingole, 2015).

8.13. Baterías o acumuladores de un sistema híbrido

Los acumuladores en uso para los sistemas solares son baterías de almacenamiento, de lo contrario tipo de motor de ciclo profundo.

Existen varios tipos de almacenamiento disponibles para su uso en sistemas de energía fotovoltaica. Las baterías están diseñadas para proporcionar copias de seguridad y cuando el brillo es bajo, especialmente en las horas nocturnas y el tiempo nublado.

La batería que se va a utilizar:

- Debe ser capaz de soportar varios ciclos de carga y descarga.
- Debe ser de baja tasa de autodescarga.
- Debe ser capaz de operar con los límites especificados.

Las capacidades de la batería dependen de varios factores que incluyen la edad y la temperatura, las baterías se clasifican en Amperio hora (Ah) y el tamaño depende del consumo de energía requerido. (Adejumobi, 2011).

9. HIPÓTESIS

Con la implementación del generador híbrido eólico-solar se prevé la generación de energía eléctrica en la hacienda Barrancas de NOVOPAN del Ecuador S.A ubicada en la provincia de Cotopaxi.

10. METODOLOGÍA TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

10.1. Dimensionamiento del sistema híbrido eólico-solar.

A continuación se presentan las ecuaciones, equipos, elementos, circuitos a emplear para dimensionar el sistema híbrido aprovechando las fuentes de energía renovable eólica y solar disponibles en el sector para la generación de energía eléctrica siendo una alternativa para este tipo de viviendas aisladas, donde no llega la red de energía eléctrica, tomando en consideración que en la provincia de Cotopaxi se dispone de un recurso eólico y una radiación solar fuerte, casi constantes durante el transcurso del año.

Para este proyecto se selecciona un sistema híbrido, siendo un sistema aislado de la red y está formado por un generador eólico, módulos solares fotovoltaicos, un banco de baterías para el almacenamiento y abastecimiento secundario, un inversor para conversiones DC-AC, regulador o controlador encargado de gestionar la carga y descarga.

10.2. Localización Georeferencial del lugar de instalación del sistema híbrido eólico solar

El proyecto se implementó en la Hacienda “Barrancas” de la empresa NOVOPAN del Ecuador situado en la provincia de Cotopaxi, ciudad Latacunga, parroquia Aláquez sector Barrancas.

A este sector se puede ingresar por el barrio centro de la parroquia Aláquez.

10.2.1. Instrumentos

El GPS es un sistema de navegación con el cual se determinó las coordenadas, altitud y longitud. Con la ayuda del GPS MONTANA 600 facilitado por la empresa se tomaron las siguientes coordenadas con una altura de 3453 msnm, latitud de -0.8 y una longitud de 78.5333, como se ilustra en la figura 7.

Los módulos fotovoltaicos o paneles solares se instalaron en la parte superior de la vivienda debido a que esta cuenta con un diseño especial de losa o terraza, con una inclinación de 15 grados.

Figura 7. Localización geo referencial



Elaborado por: los Investigadores

10.3. Matriz de relación de variables

La tabla 3 y 4 presenta la operacionalización de variables del proyecto respectivamente, tanto dependientes como independientes.

Tabla 3. Variable independiente: Implementación de un sistema híbrido eólico-solar.

Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas e instrumentos
Energía eólica	-Velocidad del viento en m/s -Potencia de viento disponible. -Presencia o ausencia de viento en el sector. -Hora y época del año.	Equipo para obtener los datos de la velocidad del viento de la hacienda Barrancas	Técnica: Medición Instrumento: Anemómetro
Energía Solar	-Potencial Solar. - Horas del día Ángulo de inclinación	Instrumentos para obtener el valor de la radiación solar en la hacienda Barrancas.	Técnica: Medición Recopilación de datos Instrumento: Atlas solar Fuentes bibliográficas

Elaborado por: los Investigadores

Tabla 4. Variable dependiente: Generación de electricidad para la vivienda.

Categoría	Indicadores	Ítems	Técnicas e instrumentos
-----------	-------------	-------	-------------------------

Demanda	-Curva de carga de la hacienda Barrancas. Potencia. -Amperios, Volts	Cantidad de energía requerida para satisfacer la demanda eléctrica.	Datos de placa de los equipos eléctricos y electrónicos. Consumo energético de la hacienda Barrancas.
Generación	-Potencia que entrega el aerogenerador -Potencia que entregan los paneles.	Ecuaciones y dimensionamiento para seleccionar los equipos del sistema híbrido.	Técnica: Medición Instrumento: Voltímetro, Amperímetro

Elaborado por: los Investigadores

10.4. Determinación de la demanda de energía de la hacienda barrancas

La hacienda Barrancas está localizada en una región aislada de la red eléctrica, lo que conduce a determinar una estimación de la demanda requerida y de la capacidad del sistema híbrido a instalar, En la tabla 5 se muestran los parámetros siguientes: nombre, cantidad y potencia de los equipos, el número de horas promedio diarias de utilización y energía promedio diaria resultante necesaria para la estimación de energía total del sistema.

Tabla 5. Demanda de energía de la hacienda Barrancas.

DEMANDA DE ENERGÍA DE LA HACIENDA “BARRANCAS”					
Equipo	Potencia [Watts]	Voltaje [Volts]	Cantidad de equipos [Unidad]	Horas de funcionamiento [Horas]	Energía diaria [Watts/ horas dia]
Equipo de sonido	50	110	1	2	100
TV Plasma	60	110	2	4	480
Iluminación	9	110	5	1	45
Laptop	80	110	1	1	80
Celular	5	110	4	2	40
Reflector	20	110	1	4	80
Radio portátil	40	110	1	1	40
Codificador de TV	10	110	1	4	40
Refrigeradora	295	110	1	1	295
TOTAL					1200

Fuente: Elaborado por los Investigadores

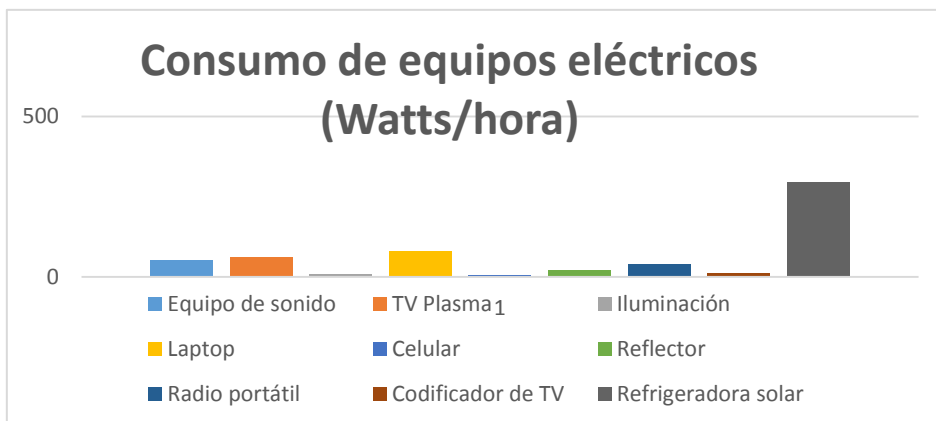
Como se puede observar en la tabla anterior la demanda de energía requerida es de 1200 Watts diarios este resultado lo obtenemos multiplicando la potencia por el número de equipos y horas de funcionamiento de los mismos.

10.5. Análisis del diagrama de Pareto correspondiente a la potencia de los equipos eléctricos de la hacienda Barrancas.

En el análisis de Pareto se realizó una comparación cuantitativa y ordenada de los equipos, elementos o factores según su contribución a un determinado efecto.

El objetivo fue clasificar los equipos eléctricos que utilizarán los beneficiarios de la vivienda en dos categorías: Los “Pocos Vitales” (los elementos muy importantes en su contribución) y los “Muchos Triviales” (los elementos poco importantes), como se ilustra en la figura 5.

Figura 8. Consumo de equipos eléctricos



Elaborado por: los Investigadores

Como se muestra en el diagrama los equipos “Pocos Vitales” y a los que hay que tomar mayor consideración al momento de dimensionar el proyecto es la refrigeradora y los televisores.

Además, existen los equipos “Muchos Triviales” que no son de mucha importancia, pero deben ser considerados ya que en conjunto consumen una cantidad considerable de potencia eléctrica.

10.6. Determinación de la velocidad del viento

El análisis para determinar la velocidad del viento nos permitió conocer el proceso de manera general para diseñar la parte eólica del sistema de generación híbrida y satisfacer la demanda

de potencia de acuerdo a los resultados obtenidos aplicando los siguientes métodos, técnicas, instrumentos, circuitos y equipos.

10.6.1. Instrumentos y equipos utilizados para medir la velocidad del viento

En esta sección se identifican los instrumentos con los que se trabajó para la realización de este proyecto.

10.6.2. Anemómetro

En la figura 9 se ilustra la estación meteorológica DAVIS VANTAGE VUE la cual se encuentra instalada en la hacienda Barrancas.

Figura 9. Anemómetro instalado en la hacienda.



Elaborado por: los Investigadores

Este equipo eléctrico nos permitió recolectar datos de la velocidad del viento durante el período de un año y dos meses a partir de septiembre del 2016 hasta septiembre del 2017 que es un tiempo considerable para realizar un estudio del perfil de velocidad del viento.

Los datos de la velocidad promedio en (km/h) arrojados por este equipo se los descarga a un computador, cabe recalcar que el equipo se encuentra instalado en la hacienda con el fin de monitorear el cambio de clima entre otros aspectos que se utilizan en la hacienda forestal.

10.7. Atlas Eólico

Es un documento que nos permite conocer las zonas potenciales para el aprovechamiento energético en el Ecuador su información constituye con la finalidad de promover la inversión e investigación en el uso de la energía eólica como fuente energética renovable.

Se extrajo los datos del Atlas Eólico del Ecuador que se encuentra disponible en la siguiente página de la biblioteca del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable.

Para nuestro caso la provincia de Cotopaxi aquí proporciona la velocidad del viento a ser aprovechada para generación eólica, la misma que es de 7,75 a > 8,5 m/s en un área de 2,51 km² con un factor de capacidad de 0,20 y una producción de energía anual de 12,95 GWh/año según (CONELEC, 2008), como se muestra en la siguiente figura 10.

Figura 10. Velocidad del viento según el Atlas Eólico del Ecuador

PROVINCIA	RANGO VELOCIDAD m/s	ÁREA [km ²]	POTENCIA INSTALABLE [MW]	FACTOR DE CAPACIDAD	ENERGÍA ANUAL [GWh/año]	VIENTO [m/s]	ÁREA [km ²]	POTENCIA INSTALABLE [MW]	ENERGÍA ANUAL [GWh/año]
Cotopaxi 	7,0 - 7,5	2,51	7,54	0,20	12,95	> 7	5,99	17,98	30,87
	7,5 - 8,0	1,84	5,52	0,25	11,85	> 7,5	3,48	10,44	22,41
	8,0 - 8,5	0,80	2,40	0,30	6,18	> 8	1,64	4,92	12,67
	> 8,5	0,84	2,52	0,35	7,57	> 8,5	0,84	2,52	7,57

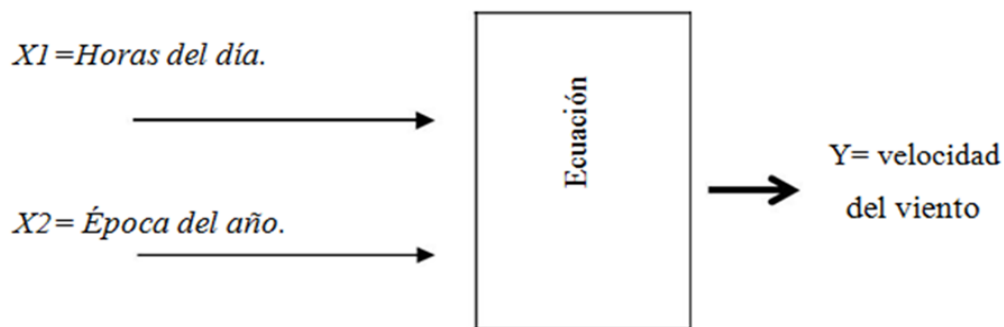
Fuente: (Albornoz, 2013)

Con los datos extraídos del Atlas eólico se determina la factibilidad de instalar un proyecto eólico en la Provincia de Cotopaxi.

10.7.1. Método exponencial – diseño factorial

Se utilizó el método exponencial que mediante las variables de entrada se obtuvo una variable de salida como se muestra en la figura 11.

Figura 11. Diseño factorial Variables de determinación de la velocidad.



Elaborado por: los Investigadores

El número de experimentos a realizar para determinar la velocidad del viento se obtuvo por la siguiente ecuación.

$$n = 3^k$$

$$n = 3^2$$

$$n = 9$$

[1]

Dónde:

n = número de experimentos.

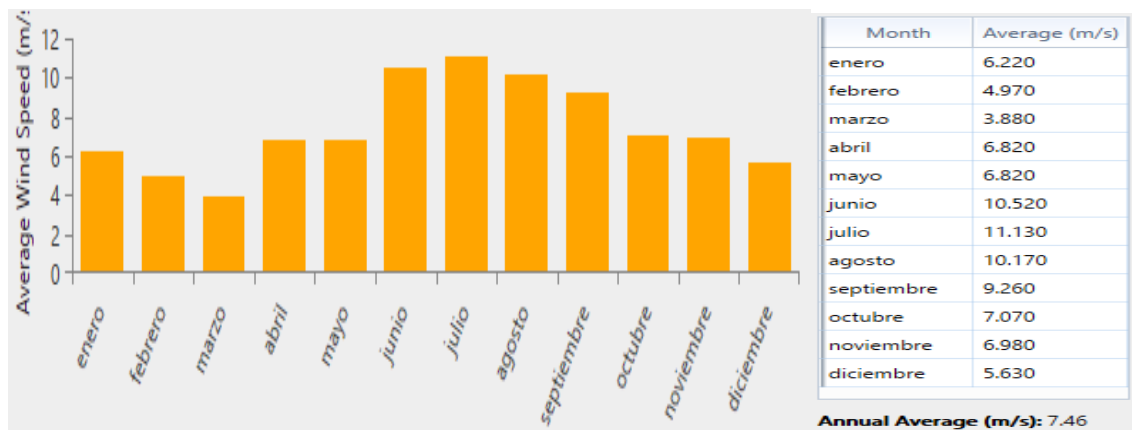
k = número de variables de entrada.

De esta manera dándonos como resultado la cantidad de 9 número de experimentos.

10.7.2. Construcción del perfil de velocidad del viento

Con los datos mediante las técnicas, instrumentos, ecuaciones y equipos se procede a construir el perfil de velocidad, obtenida de los meses promedio como se ilustra en la figura 12.

Figura 12. Velocidad promedio del viento.



Elaborado por: los Investigadores

Como se observa en la anterior imagen la velocidad promedio es de [7.46 m/s]

10.8. Determinación de la altura final de la torre del aerogenerador y velocidad promedio

Se deberá utilizar una técnica para estimar la velocidad obtenida en el perfil de velocidad para una altura final se puede extrapolar los datos para determinación de la velocidad del viento a trabajar o la velocidad adecuada para la selección del aerogenerador.

Una vez determinada la velocidad del viento a cierta altura y comparada con la velocidad proporcionada por el Atlas Eólico del Ecuador se puede obtener la velocidad a cualquier

altura determinada por la ecuación de ley exponencial de Hellmann que relaciona las velocidades de dos alturas cualesquiera como se muestra en la ecuación [2]. (Bañuelos, 2008)

Para determinar la velocidad del viento mediante la ecuación de ley exponencial de Hellmann es necesario conocer la rugosidad que según el estudio realizado por (Tocte, 2014), el valor es de 1,2893 ya que el tipo de terreno en donde se instaló el sistema híbrido tiene similares características con varios árboles, arbustos y plantas.

$$\frac{v}{v_o} = \left[\left(\frac{H}{H_o} \right) \right]^\alpha \quad [2]$$

$$\frac{v}{7.4684 \text{ m/s}} = \left[\left(\frac{12,40 \text{ m}}{12 \text{ m}} \right) \right]^{1.2893}$$

$$v = 7,9057 \text{ m/s}$$

Dónde:

v = velocidad a la altura final

v_o = velocidad a la altura de medición inicial

H_o = altura de medición de la velocidad inicial

H = altura final de la torre incluido el aerogenerador

α = Rugosidad o exponente de Hellman este coeficiente está en función del tipo de terreno sobre el cual se está midiendo la velocidad del viento.

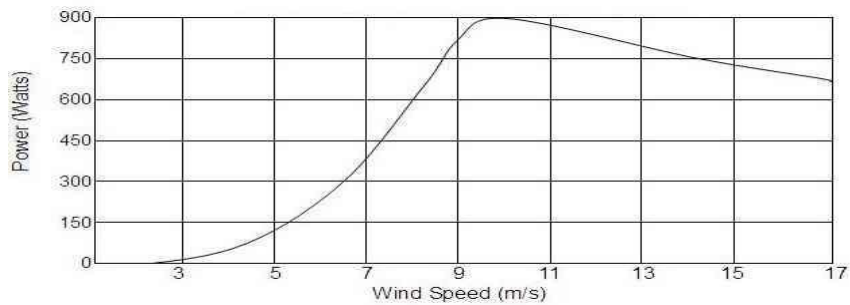
Los resultados obtenidos son:

Velocidad promedio final del viento = 7,9057 m/s, altura final de la torre = 12,40 m.

10.9. Selección del generador eólico

Con la velocidad y el valor de la demanda de energía diaria obtenida se procede al catálogo técnico de los proveedores de aerogeneradores para obtener la curva característica del mismo que está en función de la velocidad del viento y la potencia que genera a cierta altura.


Con una velocidad promedio de 7,9057 m/s se estima una producción aproximadamente de 600 Watts de potencia promedio casi constantes teniendo en cuenta que la misma corresponde a un promedio sin considerar los picos altos de velocidad presentes en dicho sector motivo por el cual la potencia se incrementaría dándonos un máximo de 900 Watts, como se ilustra en la figura 13.

Figura 13. Curva de potencia vs velocidad del viento del aerogenerador eólico

Fuente: (PROVIENTO, 2017)

Como se ilustra en la tabla 6, las características del aerogenerador eólico que se ha seleccionado, según el análisis y estudio realizado son las siguientes, un generador eólico con una potencia nominal 750 W y una potencia máxima 900W.

Tabla 6. Características del generador eólico seleccionado

AEROGENERADOR ZONHAN ZH750	
	
Diámetro del rotor	2.7mtrs
Material y número de cuchillas	3 x fibra de vidrio reforzada
Potencia nominal / potencia máxima	750W / 900W
Velocidad nominal del viento	9m / s
Velocidad de arranque del viento	2.5 m / s
Velocidad de viento de trabajo	3-25 m / s
velocidad máxima del viento	50 m / s
Voltaje de funcionamiento	DC12 / 24V
Tipo de generador trifásico	Imán permanente
Carga de voltaje	Constante
Método de regulación de velocidad	Autofurl
Altura de la torre	12 m
Tiempo de vida útil del generador aprox.	10-15 años

Fuente: (PROVIENTO, 2017)

10.9.1. Voltímetro y Amperímetro

- Voltímetro es un dispositivo que permite realizar la medición de la diferencia de potencial o tensión que existe entre dos puntos pertenecientes a un circuito eléctrico
- Amperímetro es un dispositivo que permite realizar la medición de los amperios que tiene la corriente eléctrica en un circuito eléctrico.

Seguidamente procedemos a obtener el área de barrido del rotor y la potencia obtenida por el viento de la hacienda mediante una turbina esto se realiza con la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned}
 A &= \pi \frac{D^2}{4} \\
 A &= \pi \frac{2,7^2}{4} \\
 A &= 5,7256 m^2
 \end{aligned}
 \tag{ 3 }$$

Dónde:

A = área de barrido del rotor.

D = diámetro del rotor.

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{1}{2} \rho A v^3 \\
 P &= \frac{1}{2} \cdot \left[0,8252 \frac{Kg}{m^3} \right] \cdot \left[5,7256 m^2 \right] \cdot \left[7,9057 \frac{m^3}{s} \right] \\
 P &= 1167,2697 [Watts]
 \end{aligned}
 \tag{ 4 }$$

Dónde:

P = potencia real en watts

ρ =densidad del aire en el punto a tratar, en kg /m^3 y está en función de la altura sobre el nivel del mar, temperatura y en menor grado de la humedad,

A = Área del rotor en m^2

V = velocidad del viento en m/s; según (Bañuelos, 2008)

Si a la potencia calculada multiplicamos por el rendimiento obtendremos la potencia eléctrica total:

$$\begin{aligned}
 P_e &= P \cdot \eta \\
 P_e &= [1167.2697] \cdot [0.86] \\
 P_e &= 1003.8519 \text{ [Watts]}
 \end{aligned}
 \quad [5]$$

10.10. Elementos necesarios para el control del tablero eléctrico.

10.10.1. Contactor

Un contactor es un dispositivo con capacidad de cortar la corriente eléctrica de un receptor o instalación con la posibilidad de ser accionado a distancia, que tiene dos posiciones de funcionamiento: una estable o de reposo, cuando no recibe acción alguna por parte del circuito.

10.10.2. Interruptores termomagnéticos

Los interruptores de protección termomagnéticos están equipados con mecanismos de disparo: la pieza dependiente de la temperatura del mecanismo está compuesta por un bimetálico con un arrollamiento de calefacción. Corrientes que superan la corriente nominal del módulo de protección, generan calor en el alambre caliente.

El bimetálico se curva y reacciona sobre el mecanismo de conexión hasta que se desconecta. La reacción a corrientes de sobrecarga se retrasa

10.11. Torre del aerogenerador

Para la implementación del generador eólico se instaló un poste centrifugado de hormigón armado de 14 metros con una carga nominal de rotura mínima de 600 kgf para no sufrir daños durante el transporte, manipulación y enterrado 2 metros en el terreno para el izaje de la torre se utilizó un brazo hidráulico quedando así la altura de la torre de 12 m; para evitar que se produzcan vibraciones y la torre ceda hacia un costado se aseguró mediante 3 tensores instalados a la altura de 10 metros a partir del suelo formando un triángulo a 120°, los bloques con sus varillas enterrados a 2 metros de profundidad sobrepasando la varilla de acero galvanizado de ¾ de pulgada de diámetro desde la superficie terrestre 10 cm para colocar el guardacabos y por consiguiente el cable tensor elaborado bajo norma ASTM A-475, INEN 2599 recubierto con masa de zinc, galvanizado grado común y ¼ de pulgada de diámetro, teniendo en cuenta que la tensión aplicada a los tensores con el teclé debe ser menor a la carga de rotura mínima de la torre.

Además, en la torre se colocaron escalones de acero galvanizado unidos mediante pernos de pulgada para que se pueda realizar el debido mantenimiento al aerogenerador.

10.11.1. Base para acoplar el aerogenerador

En la cima del poste se instaló una base para acoplar el aerogenerador esta es de acero galvanizado unida al poste mediante 2 abrazaderas del mismo material en la parte exterior un tubo de 3 pulgadas de diámetro y unido mediante soldadura de arco con electrodo 7018 para soportar las vibraciones; la longitud de este tubo es de 2 metros sobrepasado 40 cm desde la cima del poste esto debido a que en este tubo se embona el aerogenerador.

Esta base fue esmaltada con pintura esmalte anticorrosivo para evitar que se forme óxido en dicha base.

10.12. Determinación de la parte fotovoltaica del sistema híbrido

A continuación, se determina el sistema fotovoltaico, a través de la radiación que es el flujo de ondas electromagnéticas emitidas por el sol.

10.12.1. Determinación de la radiación solar incidente en la hacienda Barrancas

Se realizó la extracción y registro de mediciones de la radiación, para realizar tabulaciones de una cierta cantidad de datos de radiación existentes como radiación directa, nublada, difusa, temperatura y las horas a plena luz solar.

Radiación difusa: esta radiación va en todas direcciones a causa de las absorciones y reflexiones producidas por las partículas de polvo en el ambiente, las nubes, montañas etc. y como característica, respecto a los objetos opacos interpuestos en dicha radiación no produce ninguna sombra.

Con estos datos se tiene el valor estimado de irradiación que es la potencia de la radiación solar por unidad de superficie, su unidad es W/m^2 .

10.12.2. Extracción de datos del Atlas solar del Ecuador:

El Atlas solar del Ecuador es un documento que posee la cuantificación del potencial solar disponible y con posibilidad de generación de energía eléctrica, tiene mapas mensuales de insolación directa, global y difusa, con el fin de ubicar proyectos específicos que permitan utilizar esta tecnología para obtener electricidad para diversas aplicaciones como instalaciones

fotovoltaicas, según (CONELEC, 2008), de este documento se extrajo los valores de radiaciones a nivel de la provincia de Cotopaxi, como se ilustra en la tabla 7, revisar anexo 2:

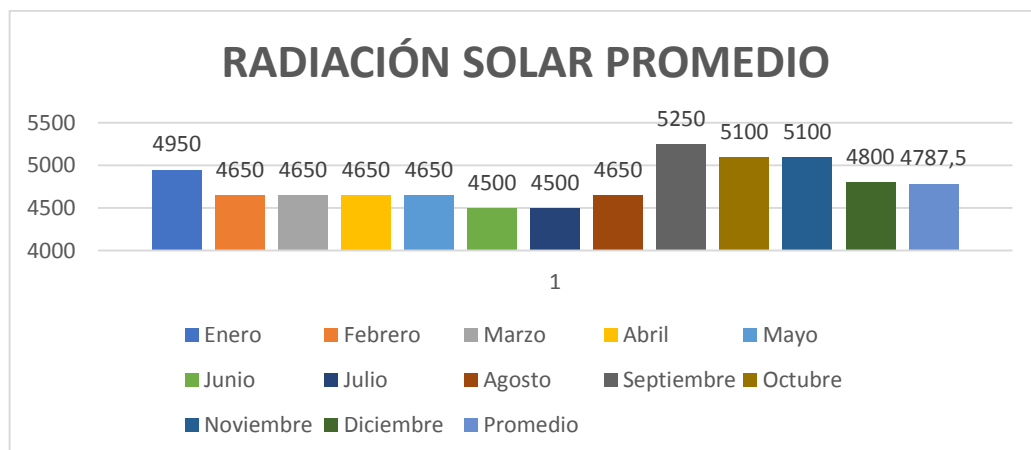
Tabla 7. Promedio de radiación solar de la provincia de Cotopaxi.

PROMEDIO DE RADIACIONES SOLARES DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI <i>[Wh / m² / día]</i>	
Enero	4950
Febrero	4650
Marzo	4650
Abril	4650
Mayo	4650
Junio	4500
Julio	4500
Agosto	4650
Septiembre	5250
Octubre	5100
Noviembre	5100
Diciembre	4800
Promedio Total	4787,5

Fuente: (CONELEC, 2008)

En la figura 14 se presenta la radiación solar promedio disponible en el sector según el Atlas solar del Ecuador es de $4787,5 \text{ Wh/m}^2/\text{día}$.

Figura 14. Histograma de radiación solar



Elaborado por: los Investigadores

Según el estudio realizado por (Crespo, 2016) concluye que el recurso solar que tiene la zona es de 4719,61 (Wh/m²/día) nos basamos en esta referencia para dimensionar el sistema fotovoltaico ya que no se contó con los registros de la hacienda además que es aledaña a la hacienda en donde se implementó el sistema y los datos son similares.

10.12.3. Número de Horas Sol

Según (Durán, 2016) el número promedio de horas en que se tendrá el sol al día se obtiene si dividimos la radiación solar disponible en el área entre la radiación solar incidente utilizada para calibrar los módulos (potencia pico), entregada por los fabricantes, la cual generalmente es de 1000 W/m² o 1 kW/m², de esta forma se obtendrá la cantidad de horas sol pico (HSP*).

$$\# \text{ horas equivalentes teóricas} = \frac{4,7 \text{ kW/m}^2}{1,0 \text{ kW/m}^2} = 4,7 \text{ HPS} \quad [7]$$

10.13. Selección del número de módulos fotovoltaicos

Se utilizaron paneles monocristalinos ya que tienen un mayor rango de eficiencia, el voltaje de salida considerado es 12 Volts.

La radiación global es: 4,71 kWh/m²/día.

La demanda de energía diaria es: 1200 [Watts/horas día].

A la demanda de energía diaria la multiplicamos por un factor de seguridad de 1,25 para asegurar que no existan pérdidas.

$$\begin{aligned} E_T &= [E_d] \cdot [fs] \\ E_T &= 1200 \left[\frac{W}{\text{horas día}} \right] \cdot [1,25] \\ E_T &= 1500 \left[\frac{W}{\text{horas día}} \right] \end{aligned} \quad [8]$$

Dónde:

E_T =demanda total de energía diaria.

E_d =demanda de energía diaria.

fs = factor de seguridad.

Calculamos la Intensidad total del sistema:

$$\begin{aligned}
 I_s &= \frac{E_T}{12v} \cdot fp \\
 I_s &= \frac{1500}{12v} \cdot 1,25 \\
 I_s &= 156,25 [Ah]
 \end{aligned}
 \tag{9}$$

Dónde:

I_s =intensidad del sistema.

E_T =demanda total de energía diaria.

fs = factor de seguridad.

También se calcula la Intensidad máxima del sistema con la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned}
 I_{m\acute{a}x} &= \frac{I_s}{\text{radiación solar}} [A] \\
 I_{m\acute{a}x} &= \frac{156,25}{4,8} = 32,52 [A]
 \end{aligned}
 \tag{10}$$

Dónde:

I_s =intensidad del sistema.

$I_{m\acute{a}x}$ =intensidad máxima del sistema.

Se realiza el arreglo de módulos fotovoltaicos:

$$\begin{aligned}
 A_m &= \frac{I_{m\acute{a}x}}{I_c} \\
 A_m &= \frac{32,52}{8,42} = 3,8660 \\
 3,8660 &\approx 4
 \end{aligned}
 \tag{11}$$

Dónde:

A_m =arreglo de módulos fotovoltaicos.

I_c = Corriente pico del panel Modelo SM636-150= 8.42 A.

$I_{m\acute{a}x}$ =intensidad máxima del sistema.

Relación del voltaje total en CC:

$$V_{TCC} = \frac{V_n}{V_m} = \frac{12}{12} = 1
 \tag{12}$$

Dónde:

V_{Tcc} = voltaje total en corriente continua.

V_n = voltaje nominal del sistema en corriente continua.

V_m = voltaje de los módulos fotovoltaicos en corriente continua.

Se multiplica el arreglo de módulos fotovoltaicos por la relación del voltaje total en CC para obtener el número final de módulos fotovoltaicos como en la ecuación:

$$N = A_m \cdot V_{TCC} = 4 * 1 = 4 \text{ paneles} \quad [13]$$

Dónde:

N = número de módulos fotovoltaicos.

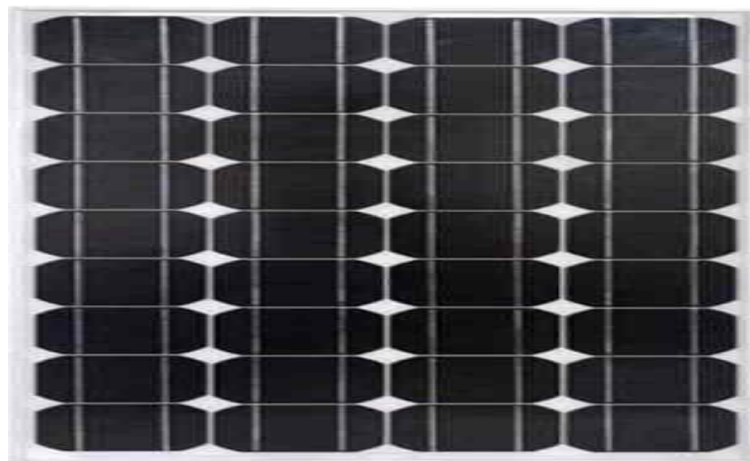
A_m = arreglo de módulos fotovoltaicos.

V_{Tcc} = voltaje total en corriente continua.

El número total de módulos fotovoltaicos requeridos para ser instalados es 4: Modelo SM636-150 -potencia de 150 Wp, corriente máxima de 8,46 Amperes-Monocristalino, 156mm×156mm de dimensiones- Certificación IEC 61215, IEC 61730, TUV, CE, ISO9001:2000, deben ser monocristalinos debido al nivel de eficiencia que tienen, como se ilustra en la figura 13.

Silicio monocristalino: en este caso todos los átomos están ubicados simétricamente, tienen una orientación cristalina. Tienen un color azul oscuro con cierto brillo, con una eficiencia mayor respecto a las anteriores, entre el 15-18 %.

Figura 15. Panel monocristalino SM636-150



Fuente: (PROVIENTO, 2017)

10.14. Inclinación de los paneles solares

Se define mediante el ángulo de inclinación β este es el ángulo formado entre el plano horizontal y la superficie de los paneles solares.

El tipo de inclinación de los módulos fotovoltaicos es el de plano inclinado fijo.

Los módulos fotovoltaicos o paneles solares se instalaron en la parte superior de la vivienda a un ángulo de inclinación de 15° ya que según (Suárez, 2010) se relaciona con la latitud del lugar de instalación en grados en este caso el proyecto es instalado en la latitud $-0,8$ y por tanto el ángulo es 15° , debido a la acumulación de polvo y elementos contaminantes además debido a que esta vivienda cuenta con un diseño especial de losa o terraza como se muestra en la figura 16.

Figura 16. Inclinación de los paneles solares.



Elaborado por: los Investigadores

El ángulo de inclinación que tiene es de 15 grados; esta inclinación es favorable ya que ayuda a la limpieza y cuando existe lluvia esta se dispersa por la superficie además que no es necesario tener un mayor ángulo debido a que en el Ecuador la radiación es casi perpendicular al plano es decir a los módulos fotovoltaicos.

10.15. Selección del inversor

En esta propuesta tecnológica el inversor transforma la corriente continua obtenida del aerogenerador y los módulos fotovoltaicos es decir los 12 Volts en corriente alterna 110 Volts.

La potencia de selección del inversor es igual a la potencia total de la carga instalada en corriente alterna más un 25%, como se muestra a continuación:

$$\begin{aligned}
 P_I &= [E_d][1,25] \\
 P_I &= [1200].[1,25] \\
 P_I &= 1500 [Watts]
 \end{aligned}
 \tag{14}$$

Dónde:

P_I = Potencia del inversor seleccionado.

E_d =demanda de energía diaria.

El inversor seleccionado es de tipo ZONHAN de 12/24Vdca-110vac-Potencia 1500W Onda Sinoidal Pura 60hz, Eficacia máxima:> 90%, como se ilustra en la figura 15.

Figura 17.Inversor de 1500W



Fuente: (PROVIENTO, 2017)

10.15.1. El controlador.

El controlador determina la energía disponible para cada componente del sistema y es capaz de proporcionar el costo de producción, la energía que requiere la carga y la que se desperdicia, y las pérdidas de carga y descarga de la batería.

El modelo funciona de la siguiente forma:

Las fuentes de energía primaria se conectan al puerto de corriente directa mediante convertidores DC-DC para obtener una potencia regulada y un voltaje constante

10.16. Dimensionamiento de las baterías

Las baterías se clasifican en Amperio hora (Ah), el tamaño depende del consumo de energía requerido.

También se requiere conocer los días de autonomía del sistema para lo cual utilizamos como base 2 días, el porcentaje de descarga de la batería de 80%:

La intensidad del sistema es: $I_S = 156,25 [Ah]$

Días de reserva: 2 días

Porcentaje de descarga de la batería = 80%

Capacidad nominal del banco de baterías:

$$C_n = I_s \cdot \text{días de reserva} \quad [15]$$

$$C_n = (156,25) \cdot (2)$$

$$C_n = 312,5 [Ah.día]$$

Dónde:

C_n = capacidad nominal del banco de baterías.

E_T =demanda diaria de energía.

I_s =Intensidad del sistema.

Capacidad corregida del banco de baterías:

$$C_c = \frac{C_n}{\text{factor de profundidad}} \quad [16]$$

$$C_c = \frac{312,5}{0,8} = 390,625$$

Dónde:

C_n = capacidad nominal del banco de baterías

$$N_{\text{baterías}} = \frac{C_c}{\text{Capacidad no min al de la bateria}} \quad [17]$$

$$N_{\text{baterías}} = \frac{390,625}{150} = 2,44$$

El número de baterías es 2,44 por tanto se aproxima a tres baterías de Gel selladas de 150 Ah.

10.17. Conexión de las baterías

Las baterías se conectaron en paralelo para conseguir mayor capacidad de almacenaje de las baterías por tanto es mayor la capacidad de carga almacenada para esta configuración se suman los amperios hora y se mantiene el voltaje de las baterías los 12 Volts.

10.18. Determinación del consumo eléctrico mensual de la hacienda Barrancas

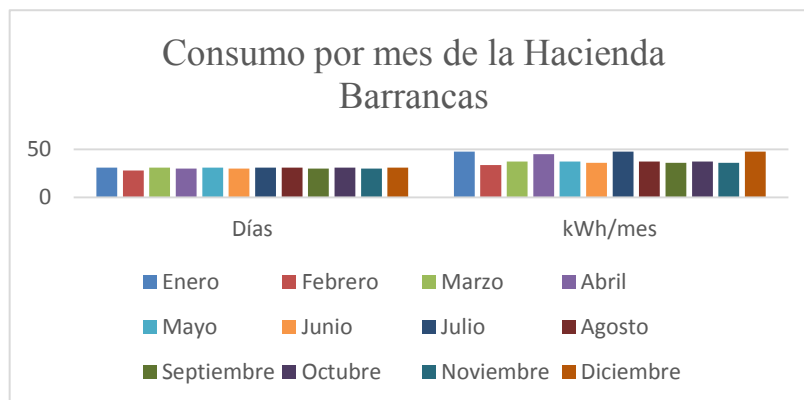
Para conocer el consumo de electricidad por parte de los beneficiarios se multiplica la potencia estimada es decir los 1200 Watts diarios por los días del año, como se ilustra en tabla 8.

Tabla 8.Consumo mensual de energía

CONSUMO MENSUAL DE ENERGÍA DE LA HACIENDA BARRANCAS		
Mes	Días	kWh/mes
Enero	31	47,5
Febrero	28	33,6
Marzo	31	37,2
Abril	30	45
Mayo	31	37,2
Junio	30	36
Julio	31	47,5
Agosto	31	37,2
Septiembre	30	36
Octubre	31	37,2
Noviembre	30	36
Diciembre	31	47,5
TOTAL	365	477,9

Fuente: Elaborado por los investigadores

Figura 18. Histograma consumo mensual



Elaborado por: Los Investigadores

Como se aprecia en la figura 18 el mes de mayor consumo es diciembre el proyecto está diseñado para cubrir con esta demanda.

11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Mediante el estudio realizado se obtuvo que la demanda de energía requerida es de 1200 Watts diarios.

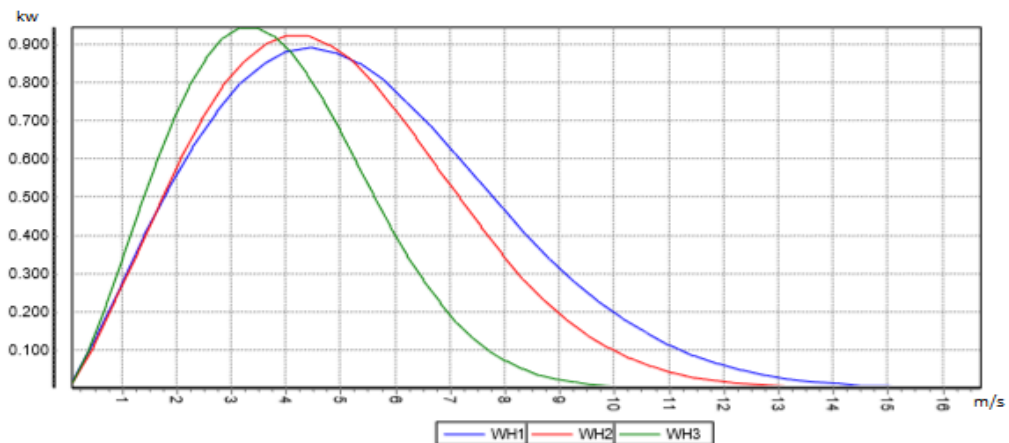
Mediante el estudio realizado se obtuvo el histograma de velocidad del viento arrojando la siguiente velocidad promedio del viento = 7,9057 m/s.

Mediante el análisis realizado se obtuvo la siguiente radiación solar promedio disponible en el sector es de 4719,61 (Wh/m²/día).

Se tiene como promedio una potencia disponible de 900 [Watts] y un máximo de 1500 [Watts]. la potencia eléctrica que se puede extraer del viento con el aerogenerador ZONHAN seleccionado es de $P_e = 1003.8519$ [Watts] lo cual es aceptable para conjuntamente con la potencia de los paneles cubrir el consumo de energía de la Hacienda.

Según la curva de Weibull para las alturas de (50, 20 y 12) m, como se ilustra en la figura 5.1. se tiene una curva para tipo de montañas a 3435 metros a nivel del mar, como se tiene en la hacienda barrancas, la cual se ha instalado una torre de 12 metros de altura según los cálculos realizados y simulados en Homer Energy.

Figura 19. Curva característica a 12m con color verde.



Elaborado por: Los Investigadores

12. IMPACTOS TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS

12.1. Impacto práctico:

Se implementó el sistema híbrido eólico solar para generar energía eléctrica en la hacienda ya que sin ella los usuarios no cuentan con los servicios básicos necesarios.

Se presenta un análisis del costo de implementación del sistema híbrido eólico solar obteniendo la factibilidad del proyecto desde el punto de vista económico, además de la valoración del proyecto desde un enfoque social y ambiental.

12.2. Impacto ambiental:

Para la realización del proyecto se modificó el suelo debido a que se realizó una excavación de 1mx1mx2m para colocación de la torre del aerogenerador y de 50cmx2m para colocar los tensores tomando en cuenta a la extensión de terreno con que cuenta la hacienda no se tiene un mayor grado de impacto; en cuanto al aire el área de intervención es de 5,7256 m^2 se considera un área pequeña que no afecta significativamente al disponible en el sector. El sistema híbrido está en funcionamiento en un sector intervenido por el hombre motivo por el cual la fauna existente se vería afectada por el ruido en menor grado y no se ve afectada la flora de este sector.

12.3. Componentes socio económico:

Con la implementación del sistema se modificó las características visuales del paisaje en un grado no considerable; por tener corta duración la ejecución del proyecto en cuanto al empleo se realizó por los desarrolladores del mismo proyecto desde el inicio hasta la fase de implementación y pruebas de funcionamiento; desde este punto en adelante los beneficiarios serán los encargados de realizar el respectivo mantenimiento ya sea por si mismos o por terceras personas.

13. PRESUPUESTO

Tabla 9. Presupuesto para la elaboración (recursos directos).

PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN				
RECURSOS DIRECTOS				
Materiales equipos y suministros	Cantida d	Unida d	Precio	Valor Total \$
Aerogenerador Zonhan ZH750 a 12 Voltios	1	U	1400	1400
PANEL SOLAR JKM100PP-60, 100Wp 12Vdc nominal, 24 V	3	U	145	435
Baterías Selladas Rita Power 12 VDC 26Ah, TIPO (AGM)	4	U	132	528
Inversor Corriente 12/24 Vdc a 110vac Potencia 1500 W Onda Seno Pura 60hz, Eficacia máxima:> 90%	1	U	349,20	349,20
Torre de hormigón armado	1	m	500	500
Cable de Tensor	40	m	0,75	30
Varilla para Tensor	3	U	9	27
Varilla cooperweld 5/8"-1,80 m	1	U	8	8
Enchufe de 3 terminales	2	U	3	3
Cable 1/0 AWG de cobre con aislamiento para puesta a tierra	15	m	2,2	33
Cable 1/0 AWG de cobre desnudo para puesta a tierra	4	m	2,2	8,8
Punta Franklin para puesta a tierra	1	U	180	180
Conectores para varilla de puesta a tierra de 1/8"	4	U	3	12
Tubo de 12m de 2" metálico o plástico para puesta a tierra	1	U	20	20
Cable sucre 3x 10	32	m	1,8	57,6
Bornera de unión #10	6	U	1,8	10,8
Focos LED 7 W	12	U	1,5	18
Reflector 20 W	1	U	40	40
Caja para tablero metálico	1	U	25	25
Interruptor termomagnético para tablero eléctrico 20 A	1	U	10	10
Cinta aislante (Taype)	1	U	1	1
Riel DIN	1	U	3	3
Canaletas	2	U	3	3
Grúa	6	Hora	300	300
Sub Total				4002,4
12%				480,288
TOTAL				\$4002,4

Fuente: Elaborado por los Investigadores

Tabla 10. Presupuesto para la elaboración (recursos indirectos).

PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN				
RECURSOS INDIRECTOS				
Suministros	Cantidad	Unidad	Precio	Valor Total \$
Hojas de papel bond	2	Resma	3,00	6,00
Fuentes de información	50	Hora	0,60	30,00
Transporte al interior de la provincia	20	U		20,00
Otros			50	50,00
Total				106,00

Fuente: Elaborado por los Investigadores

Tabla 11. Presupuesto para la elaboración (mano de obra).

PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN				
DETALLE DE MANO DE OBRA				
Rubro	Cantidad	Unidad	Precio	Valor Total \$
Dimensionamiento del sistema híbrido	6	Meses	436,39	2618,34
Instalaciones del aerogenerador, paneles y torre	1	Semana	109,09	109,09
Instalación Eléctricas	2	Días	21,81	43,63
Imprevistos			40	40
Total				\$ 2811,06

Fuente: Elaborado por los Investigadores

Tabla 12. Costo total del proyecto.

COSTO TOTAL DEL PROYECTO	
RUBRO	COSTO UNITARIO
Recursos directos	4002,4
Recursos indirectos	106,00
Mano de obra	2811,06
TOTAL	\$ 6919,46

Fuente: Elaborado por los Investigadores

14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

14.1. Conclusiones

- Se realizaron las mediciones de la velocidad del viento a una altura de 6 metros en donde la cual no resulto factible para seleccionar un aerogenerador, mediante el análisis se obtuvo la altura adecuada de la torre a 12 metros con una velocidad del viento de $7,9057 \text{ m/s}$.
- La radiación solar que incide sobre el sector es de $4719,61 \text{ (Wh/m}^2\text{/día)}$, con la cual mediante el análisis se seleccionó 4 módulos fotovoltaicos, pero como es un sistema hibrido se puede dividir para 2 al ser de compensación al eólico, los mismos que son de 150 W cada uno.
- Se seleccionó un inversor para transformar de corriente continua a corriente alterna 1500 W con sus respectivas protecciones para asegurar que no exista una sobrecarga de energía en los equipos.
- La implementación de sistemas eólico-solar es factible en este sector ya que los niveles de velocidad y radiación son los adecuados para generar energía eléctrica.

14.2. Recomendaciones

- Para la potencia generada según el análisis es necesario cambiar el cableado de la vivienda, por un conductor 10 AWG para evitar caídas de voltaje.
- Para proteger los equipos contra descargas atmosféricas es necesario instalar un pararrayos de cebado o a su vez una punta Franklin triple.
- Es necesario realizar el mantenimiento máximo cada 5 años del cableado de la instalación eléctrica.
- Es necesario realizar el mantenimiento preventivo de las partes móviles y puntos de ajustes del sistema hibrido máximo cada 4 meses de la instalación eléctrica.
- Instalar un piranómetro para obtener datos de radiaciones solares en la hacienda.

15. BIBLIOGRAFÍA

- Adejumobi, I. (2011). HYBRID SOLAR AND WIND POWER: AN ESSENTIAL FOR INFORMATION COMMUNICATION TECHNOLOGY INFRASTRUCTURE AND PEOPLE IN RURAL COMMUNITIES. Nigerya: IJRRAS.
- Albornoz, E. (2013). ATLAS EÓLICO DEL ECUADOR. Quito, Ecuador: MINISTERIO DE ELECTRICIDAD Y ENERGÍA RENOVABLE.
- Ansón, S. (2013). SEGÚN INSTALACIÓN EÓLICO-FOTOVOLTAICA PARA SUMINISTRO ELÉCTRICO A UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO PARA USO AGRÍCOLA. Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena.
- Bañuelos, F. R. (2008). ANÁLISIS Y VALIDACIÓN DE METODOLOGÍA USADA PARA LA OBTENCIÓN DE PERFILES DE VELOCIDAD DE VIENTO. México: Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México.
- BENAVENTE, I. (08 de enero de 2015). Repositorio institucional escuela politecnica. Obtenido de Universidad de Carlos III Madrid: https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/23575/TFG_Ismael_Candial_Benavente_2015.pdf
- Castillo, R. (2013). SISTEMA HÍBRIDO FOTOVOLTAICO-EÓLICO PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA. México: Universidad Autónoma de San Luís Potosí.
- Chercca, A. (2014). “APROVECHAMIENTO DEL RECURSO EÓLICO Y SOLAR EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y LA REDUCCIÓN DE EMISIONES DE CO₂ EN EL POBLADOR RURAL LA GRAMITA DE CASMA”. Lima, Perú: UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA .
- CONELEC. (2008). ATLAS SOLAR DEL ECUADOR. Ecuador: Corporación para la Investigación Energética (CIE).
- Crespo, M. (2016). “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA HÍBRIDO DE 1000 WATTS MEDIANTE EL USO DE ENERGÍA EÓLICA Y SOLAR PARA EL ELECTRIFICADO DE UNA VIVIENDA DE LA HACIENDA EL TAMBO”. Latacunga, Ecuador: Universidad Técnica de Cotopaxi.

- Cucó, S. P. (2017). MANUAL DE ENERGÍA EÓLICA DESARROLLO DE PROYECTOS E INSTALACIONES. Valencia: UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA.
- Feijoo, J. (2009). PROYECTO DE IMPLEMENTACIÓN DE PANELES SOLARES EN HACIENDAS ALEJADAS DE LA FUENTE DE ENERGÍA CONVENCIONAL.CASO HACIENDA EL VADO.
- Herrera, J. (2012). PROSPECTIVA DE ENERGÍAS RENOVABLES 2012-2026. México: SENER.
- Him Díaz, M. (2013). DISEÑO DE UN SISTEMA HÍBRIDO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA A PARTIR DE FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA [CASO DE BOCA DE LURÁ]. Panamá: PRISMA.
- Ingole, A. (2015). HYBRID POWER GENERATION SYSTEM USING WIND ENERGY AND SOLAR ENERGY. Maharashtra: International Journal of Scientific and Research Publications.
- IRENA. (2017). RENEWABLE CAPACITY STATISTICS 2017. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency (IRENA).
- J.B.V., S. (2012). Renewable Energy Systems: Development and Perspectives of a Hybrid Solar-Wind System. India: Engineering, Technology & Applied Science Research.
- Juwi, S. G. (2009). SOLAR STAND-ALONE POWER AND BACKUP POWER SUPPLY. Ntarama, Ruanda,: SMA.
- Neira, M. (2009-2020). PLAN MAESTRO DE ELECTRIFICACIÓN. Quito - Ecuador: CONELEC.
- OLLAGUE, H. (2014). “ESTUDIO Y EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE OPERACIÓN DEL PROYECTO EÓLICO VILLONACO DE LA PROVINCIA DE LOJA-ECUADOR”. Cuenca : UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.
- PROVIENTO. (01 de Noviembre de 2017). Energías renovables. Recuperado el 10 de 01 de 2018, de <http://www.proviento.ec>
- RENOVABLE, L. (2007). Sistemas eólicos para generación de electricidad EEUU. EEUU: America Wind Powering.

Suárez, P. (2010). IMPACTO DE LA GENERACIÓN EÓLICA Y SOLAR EN EL SISTEMA ELÉCTRICO DE BAJA CALIFORNIA NORTE. México, DF: INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL.

Tocte, W. (2014). “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN ELÉCTRICO HIBRIDO, MEDIANTE EL USO DE ENERGÍAS SOLAR-EÓLICA, PARA LA EXTRACCIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA PARA EL ABREVADERO DE LA VILLA TOTORAS, COMUNA WINTZA, CANTÓN LATACUNGA AÑO 2014.”. Ecuador: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI.

ANEXOS

HOJA DE VIDA

APELLIDOS Y NOMBRES: ANGULO RUIZ ESTEFANIA
MONSERRATH

ESTADO CIVIL: soltera

CÉDULA DE IDENTIDAD: 050362731-7



DOMICILIO: COTOPAXI – SALCEDO – PANZALEO – BARRIO CENTRO

TELÉFONO: 032 378 156 **CELULAR:** 0983230335

EMAIL: te_fy1993@hotmail.es / estefania.angulo7@utc.edu.ec

ESTUDIOS REALIZADOS

SUPERIOR: Universidad Técnica de Cotopaxi, carrera de Ingeniería Electromecánica

SECUNDARIA: Unidad Educativa “Nacional Experimental Salcedo” - **TÍTULO:** Físico - Matemáticas

PRIMARIA: Escuela Fiscal Mixta “José Mejía Lequerica”

CURSOS REALIZADOS

II Seminario internacional de Prevención de Riesgos en el trabajo

Seminario taller internacional empoderamiento personal para la competitividad global

Jornadas de capacitación “hacia la aplicación del modelo educativo liberador de la UTC”

Participación en el programa Nacional de Educación Básica para Jóvenes y Adultos

HOJA DE VIDA

LUIS ANTONIO TAIPE



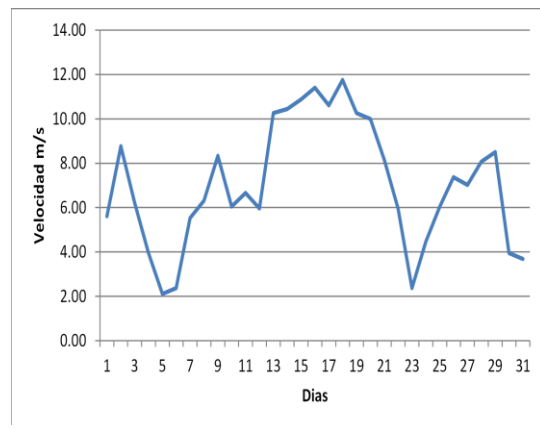
NOMBRE: LUIS ANTONIO TAIPE JAYA
CÉDULA DE IDENTIDAD: 0503507899
FECHA DE NACIMIENTO: 02 de diciembre de 1992
LUGAR DE NACIMIENTO: Latacunga- Cotopaxi
ESTADO CIVIL: Soltero
DIRECCIÓN: Latacunga-Aláquez
Barrio El Puente
TELÉFONO: 0979116031
E-MAIL: luis.taipe9@utc.edu.ec

NIVEL DE ESTUDIOS:

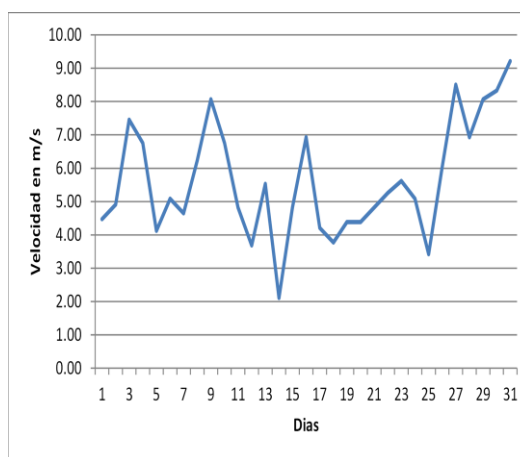
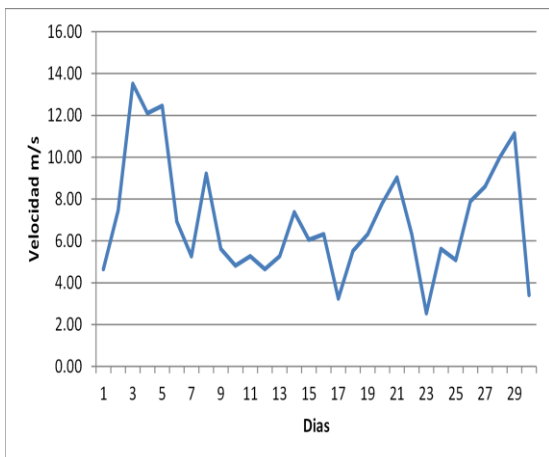
PRIMARIA: Escuela “Manuel de Jesús Calle”
SECUNDARIA: ITI. “Ramón Barba Naranjo”
UNIVERSITARIOS: Universidad Técnica de Cotopaxi

INFORME DE LA ESTACION METEOROLOGICA DE LA "HACIENDA BARRANCAS"				
SEPTIEMBRE				
Dias	Hora	velocidad del viento (KM/h)	velocidad del viento (m/s) Altura 12m	Direccion del viento
1	05:30	11.1	9.74	WSW
2	05:00	12.4	10.88	WSW
3	07:00	12.7	11.14	WSW
4	12:30	9.7	8.51	WSW
5	06:00	13.2	11.58	WSW
6	05:30	14.8	12.98	WSW
7	04:00	15.1	13.25	WSW
8	07:00	15.4	13.51	WSW
9	05:30	14.8	12.98	WSW
10	08:00	15.3	13.42	WSW
11	00:30	10.3	9.04	WSW
12	04:00	10.5	9.21	WSW
13	06:30	6.1	5.35	NE
14	01:00	2.6	2.28	SW
15	03:30	7.6	6.67	WSW
16	04:00	10.9	9.56	WSW
17	01:30	13	11.40	WSW
18	23:30	10.5	9.21	WSW
19	18:30	13.5	11.84	WSW
20	17:00	12.4	10.88	WSW
21	12:00	11.4	10.00	WSW
22	12:30	12.7	11.14	WSW
23	01:30	11.6	10.18	WSW
24	03:30	12.6	11.05	WSW
25	05:00	12.9	11.32	WSW
26	04:00	10.6	9.30	WSW
27	06:30	11.6	10.18	WSW
28	04:30	8.7	7.63	WSW
29	02:30	1.8	1.58	NE
30	07:00	2.3	2.02	ENE

OCTUBRE				
Dias	Hora	velocidad del viento (KM/h)	velocidad del viento (m/s) Altura 12m	Direccion del viento
1	05:30	6.4	5.61	NE
2	05:30	10	8.77	WSW
3	02:00	7.1	6.23	W
4	04:30	4.5	3.95	WSW
5	05:00	2.4	2.11	NNE
6	04:00	2.7	2.37	NE
7	03:00	6.3	5.53	SW
8	04:00	7.2	6.32	WSW
9	04:00	9.5	8.33	WSW
10	06:00	6.9	6.05	WSW
11	02:00	7.6	6.67	WSW
12	12:30	6.8	5.96	SW
13	03:00	11.7	10.26	WSW
14	00:30	11.9	10.44	WSW
15	04:00	12.4	10.88	WSW
16	05:00	13	11.40	WSW
17	05:30	12.1	10.61	WSW
18	05:30	13.4	11.75	WSW
19	03:00	11.7	10.26	WSW
20	00:30	11.4	10.00	WSW
21	01:00	9.3	8.16	WSW
22	05:30	6.8	5.96	WSW
23	06:30	2.7	2.37	N
24	06:00	5.1	4.47	N
25	05:30	6.9	6.05	NE
26	06:00	8.4	7.37	NNE
27	23:30	8	7.02	N
28	08:30	9.2	8.07	NNE
29	07:00	9.7	8.51	N
30	04:30	4.5	3.95	ENE
31	02:00	4.2	3.68	NE



NOVIEMBRE					DICIEMBRE				
Dias	Hora	velocidad del viento (KM/h)	velocidad del viento (m/s) A ltura 12m	Direccion del viento	Dias	Hora	velocidad del viento (KM/h)	velocidad del viento (m/s) A ltura 12m	Direccion del viento
1	06:30	5.3	4.65	N	1	16:30	5.1	4.47	NNE
2	02:30	8.5	7.46	NNE	2	17:00	5.6	4.91	NNE
3	15:00	15.4	13.51	NNE	3	13:00	8.5	7.46	NNE
4	01:30	13.8	12.11	NNE	4	12:00	7.7	6.75	NNE
5	04:00	14.2	12.46	NNE	5	16:00	4.7	4.12	NNE
6	03:30	7.9	6.93	N	6	15:00	5.8	5.09	N
7	23:30	6	5.26	N	7	15:30	5.3	4.65	E
8	04:00	10.5	9.21	N	8	14:00	7.1	6.23	NE
9	03:30	6.4	5.61	NNE	9	17:00	9.2	8.07	NNE
10	05:00	5.5	4.82	N	10	09:30	7.7	6.75	NNE
11	07:30	6	5.26	N	11	14:00	5.5	4.82	NNE
12	04:30	5.3	4.65	NNE	12	16:30	4.2	3.68	NNE
13	06:00	6	5.26	SSE	13	01:00	6.3	5.53	NNE
14	05:00	8.4	7.37	S	14	13:30	2.4	2.11	NNE
15	17:30	6.9	6.05	NNE	15	09:00	5.5	4.82	N
16	17:30	7.2	6.32	NNE	16	09:00	7.9	6.93	NNE
17	15:00	3.7	3.25	NE	17	08:00	4.8	4.21	NNE
18	15:30	6.3	5.53	S	18	16:30	4.3	3.77	NNE
19	16:00	7.2	6.32	N	19	14:30	5	4.39	NE
20	16:30	8.9	7.81	NNE	20	14:00	5	4.39	ENE
21	15:00	10.3	9.04	N	21	16:30	5.5	4.82	NNE
22	18:30	7.2	6.32	NNE	22	12:30	6	5.26	NNE
23	14:00	2.9	2.54	NE	23	17:30	6.4	5.61	NNE
24	16:30	6.4	5.61	NNE	24	13:00	5.8	5.09	NNE
25	15:00	5.8	5.09	NNE	25	15:30	3.9	3.42	NE
26	12:00	9	7.89	NNE	26	14:30	6.9	6.05	N
27	14:00	9.8	8.60	NNE	27	20:00	9.7	8.51	N
28	10:00	11.4	10.00	NNE	28	15:30	7.9	6.93	NNE
29	15:30	12.7	11.14	N	29	14:30	9.2	8.07	NNE
30	13:30	3.9	3.42	NNE	30	15:00	9.5	8.33	N
					31	16:30	10.5	9.21	NNE



Elaborado por: Los Investigadores

ENERO				
Dias	Hora	velocidad del viento (KM/h)	velocidad del viento (m/s) A ltura 12m	Direccion del viento
1	13:30	13.7	12.02	N
2	16:00	9.5	8.33	NNE
3	14:00	4.2	3.68	NNE
4	11:30	5.6	4.91	NNE
5	14:30	9.5	8.33	NNE
6	15:00	5.5	4.82	NNE
7	14:30	3.9	3.42	E
8	17:30	3.2	2.81	E
9	14:30	3.1	2.72	NNE
10	20:00	6.1	5.35	NNE
11	08:30	5.1	4.47	NNE
12	17:00	4	3.51	NNE
13	15:00	3.9	3.42	E
14	15:00	5.6	4.91	SSE
15	12:30	6.4	5.61	NNE
16	16:30	5.8	5.09	NNE
17	16:00	5.8	5.09	NNE
18	18:30	4.8	4.21	NNE
19	09:30	2.9	2.54	NE
20	17:00	7.4	6.49	S
21	15:00	6.1	5.35	ENE
22	15:30	6	5.26	ENE
23	19:00	10.5	9.21	NNE
24	09:00	11.1	9.74	N
25	15:00	14.2	12.46	N
26	19:00	12.7	11.14	NNE
27	14:30	11.7	10.26	NNE
28	17:30	6.8	5.96	NNE
29	16:00	9	7.89	N
30	13:00	8	7.02	NNE
31	16:30	7.6	6.67	NNE

FEBRERO				
Dias	Hora	velocidad del viento (KM/h)	velocidad del viento (m/s) A ltura 12m	Direccion del viento
1	15:30	10.3	9.04	NNE
2	17:00	11.3	9.91	N
3	09:30	13.2	11.58	N
4	13:30	11.9	10.44	N
5	16:30	11.7	10.26	N
6	15:30	8	7.02	NNE
7	14:00	8.2	7.19	NNE
8	16:00	7.1	6.23	NNE
9	14:30	4	3.51	ENE
10	14:00	5	4.39	S
11	16:30	6.1	5.35	SSE
12	13:00	4.3	3.77	SSE
13	14:00	3.7	3.25	NE
14	17:00	4.2	3.68	SSE
15	12:00	5	4.39	S
16	15:00	4	3.51	ENE
17	18:30	5.3	4.65	NNE
18	16:00	4.2	3.68	NNE
19	08:30	2.9	2.54	NE
20	01:30	1.8	1.58	NNE
21	13:30	2.6	2.28	ENE
22	21:00	4.3	3.77	NNE
23	12:00	1.4	1.23	NE
24	17:00	3.2	2.81	ENE
25	13:30	4.7	4.12	NNE
26	01:00	3.2	2.81	NNE
27	14:30	3.2	2.81	NNE
28	22:30	4	3.51	NNE

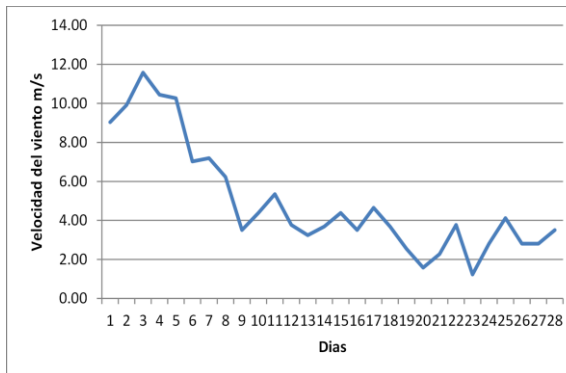
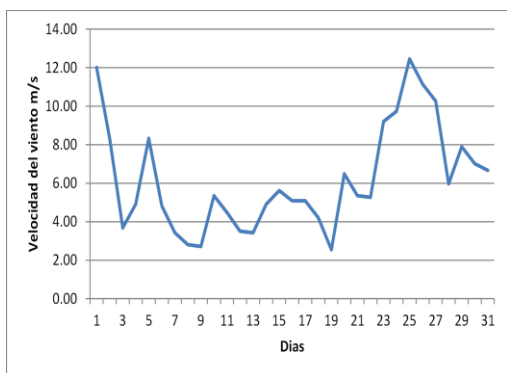
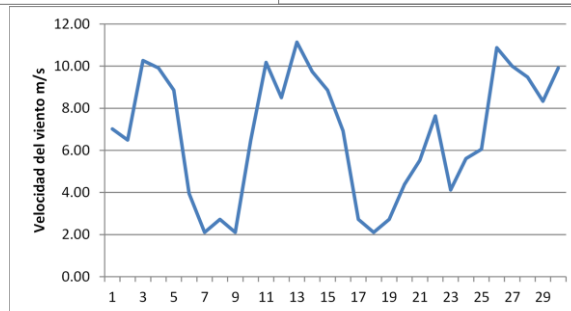
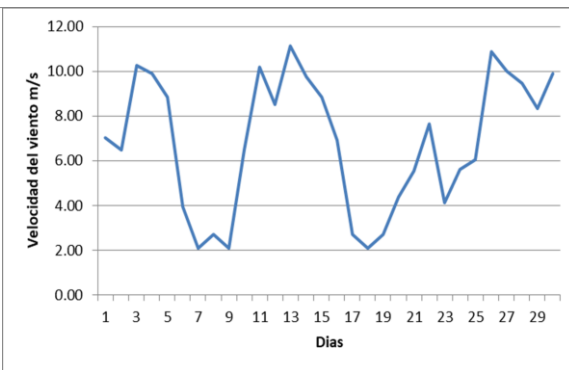
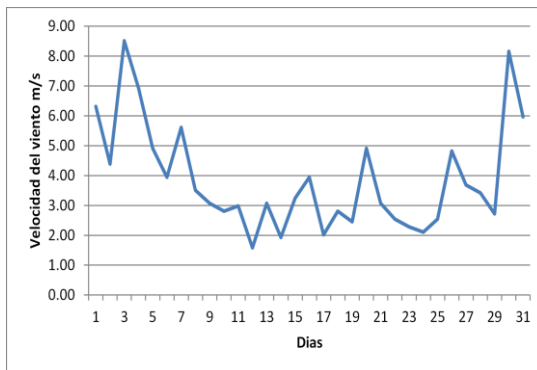


Tabla I. 3. Velocidad del viento 2017

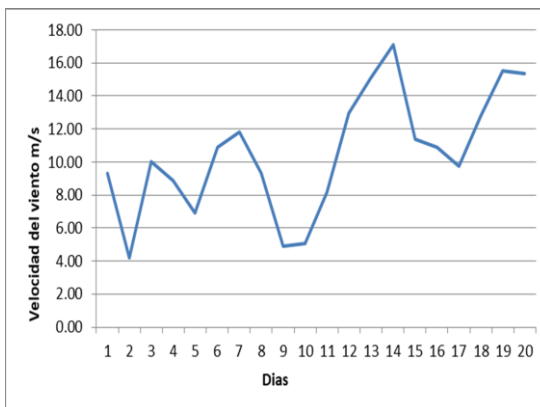
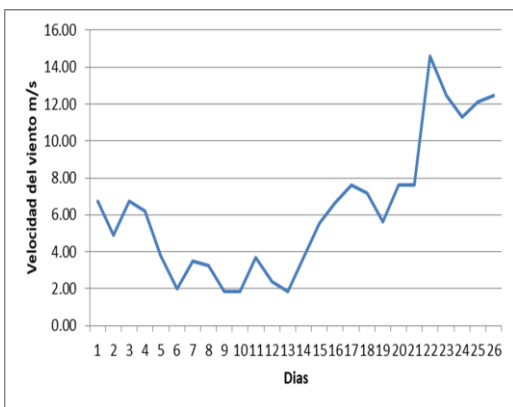
ANEXO I.

Elaborado por: Los Investigadores

MARZO					ABRIL				
Dias	Hora	velocidad del viento (KM/h)	velocidad del viento (m/s) Altura 12m	Direccion del viento	Dias	Hora	velocidad del viento (KM/h)	velocidad del viento (m/s) Altura 12m	Direccion del viento
1	00:00	7.2	6.32	N	1	14:00	8	7.02	NNE
2	17:00	5	4.39	NNE	2	12:00	7.4	6.49	NNE
3	14:30	9.7	8.51	NNE	3	11:30	11.7	10.26	NNE
4	14:30	7.9	6.93	NNE	4	11:00	11.3	9.91	NNE
5	03:00	5.6	4.91	NNE	5	14:30	10.1	8.86	NNE
6	17:00	4.5	3.95	NNE	6	13:30	4.5	3.95	NNE
7	21:30	6.4	5.61	NNE	7	13:30	2.4	2.11	NE
8	16:00	4	3.51	NNE	8	16:30	3.1	2.72	NE
9	14:30	3.5	3.07	NNE	9	13:30	2.4	2.11	ENE
10	14:30	3.2	2.81	NNE	10	18:30	7.4	6.49	NNE
11	00:30	3.4	2.98	NNE	11	12:00	11.6	10.18	NNE
12	14:30	1.8	1.58	E	12	14:00	9.7	8.51	NNE
13	03:30	3.5	3.07	E	13	15:30	12.7	11.14	NNE
14	12:30	2.2	1.93	NE	14	17:30	11.1	9.74	NNE
15	14:30	3.7	3.25	N	15	16:00	10.1	8.86	NNE
16	18:00	4.5	3.95	NNE	16	13:30	7.9	6.93	NNE
17	15:00	2.3	2.02	NE	17	03:30	3.1	2.72	ENE
18	15:00	3.2	2.81	ENE	18	14:30	2.4	2.11	NNE
19	18:00	2.8	2.46	NNE	19	16:00	3.1	2.72	ENE
20	14:00	5.6	4.91	NNE	20	19:30	5	4.39	NNE
21	01:30	3.5	3.07	NNE	21	15:30	6.3	5.53	NNE
22	10:00	2.9	2.54	NE	22	12:30	8.7	7.63	NNE
23	16:00	2.6	2.28	NNE	23	11:00	4.7	4.12	NNE
24	14:00	2.4	2.11	NE	24	23:00	6.4	5.61	NNE
25	14:30	2.9	2.54	NE	25	15:00	6.9	6.05	NNE
26	15:30	5.5	4.82	NNE	26	10:30	12.4	10.88	NNE
27	04:30	4.2	3.68	NNE	27	12:30	11.4	10.00	NNE
28	02:30	3.9	3.42	NNE	28	17:00	10.8	9.47	NNE
29	10:30	3.1	2.72	NNE	29	18:00	9.5	8.33	NNE
30	16:30	9.3	8.16	NNE	30	11:30	11.3	9.91	NNE
31	00:30	6.8	5.96	N					

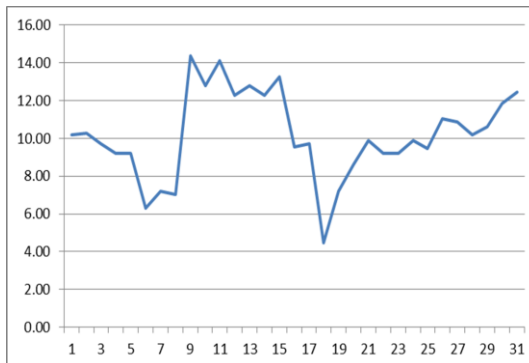
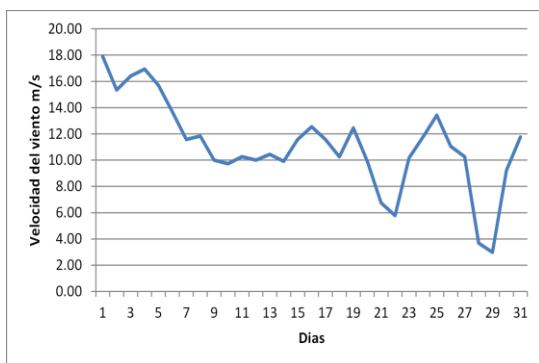


MAYO					JUNIO				
Dias	Hora	velocidad del viento (KM/h)	velocidad del viento (m/s) Altura 12m	Direccion del viento	Dias	Hora	velocidad del viento (KM/h)	velocidad del viento (m/s) Altura 12m	Direccion del viento
1	13:30	7.7	6.75	NNE	11	16:00	10.6	9.30	NNE
2	08:30	5.6	4.91	NNE	12	07:30	4.8	4.21	NNE
3	17:00	7.7	6.75	NNE	13	18:30	11.4	10.00	NNE
4	13:30	7.1	6.23	NNE	14	18:30	10.1	8.86	NNE
5	01:30	4.3	3.77	NNE	15	21:00	7.9	6.93	NNE
6	13:30	2.3	2.02	NNE	16	21:30	12.4	10.88	NNE
7	12:00	4	3.51	NNE	17	17:30	13.5	11.84	N
8	13:00	3.7	3.25	NNE	18	18:30	10.6	9.30	NNE
9	01:00	2.1	1.84	NNE	19	03:00	5.6	4.91	NNE
10	13:30	2.1	1.84	E	20	19:00	5.8	5.09	NNE
11	16:00	4.2	3.68	NNE	21	22:00	9.3	8.16	NNE
12	01:00	2.7	2.37	E	22	19:30	14.8	12.98	NNE
13	14:30	2.1	1.84	NNE	23	00:30	17.2	15.09	N
14	15:00	4.2	3.68	NNE	24	18:00	19.5	17.11	NNE
15	13:30	6.3	5.53	NNE	25	15:00	13	11.40	NNE
16	13:00	7.6	6.67	NNE	26	18:30	12.4	10.88	NNE
17	15:00	8.7	7.63	NNE	27	19:00	11.1	9.74	NNE
18	18:30	8.2	7.19	NNE	28	18:00	14.6	12.81	NNE
19	13:30	6.4	5.61	NNE	29	15:00	17.7	15.53	N
20	16:30	8.7	7.63	NNE	30	17:00	17.5	15.35	NNE
21	14:00	8.7	7.63	N					
22	12:00	16.6	14.56	NNE					
23	10:30	14.2	12.46	N					
24	12:00	12.9	11.32	NNE					
25	12:30	13.8	12.11	NNE					
26	02:00	14.2	12.46	NNE					

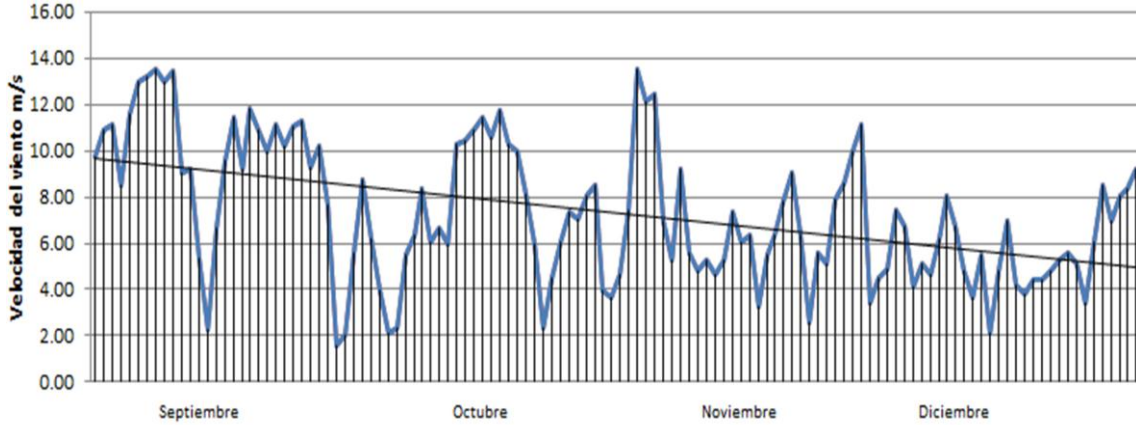


Elaborado por: Los Investigadores

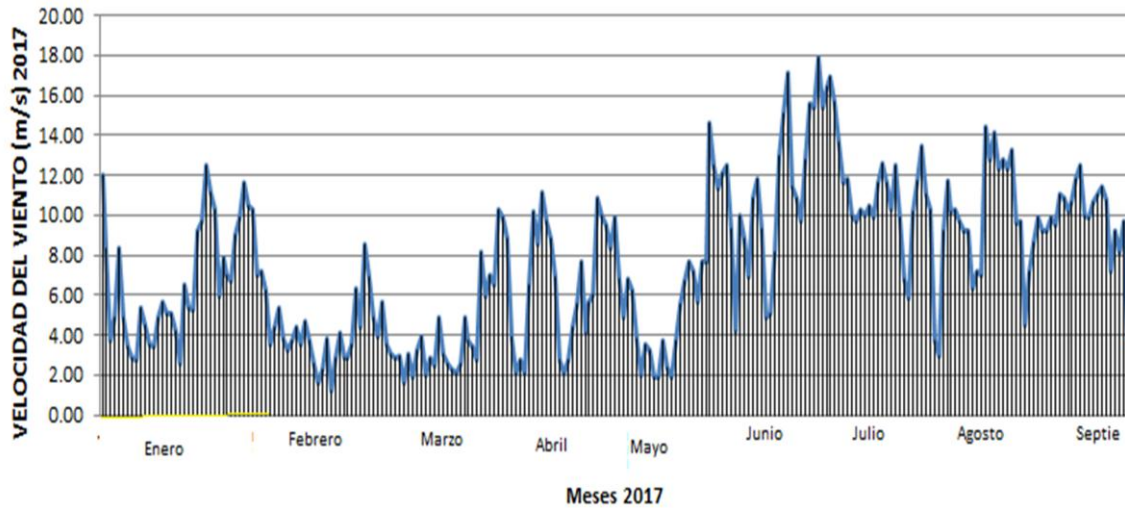
JULIO					AGOSTO				
Dias	Hora	velocidad del viento (KM/h)	velocidad del viento (m/s) Altura 12m	Direccion del viento	Dias	Hora	velocidad del viento (KM/h)	velocidad del viento (m/s) Altura 12m	Direccion del viento
1	15:30	20.4	17.89	N	1	08:30	11.6	10.18	NNE
2	16:00	17.5	15.35	NNE	2	11:00	11.7	10.26	NNE
3	10:00	18.7	16.40	NNE	3	08:30	11.1	9.74	NNE
4	06:00	19.3	16.93	NNE	4	12:30	10.5	9.21	NNE
5	10:00	17.9	15.70	NNE	5	11:30	10.5	9.21	NNE
6	10:30	15.6	13.68	NNE	6	07:30	7.2	6.32	NNE
7	10:00	13.2	11.58	NNE	7	10:30	8.2	7.19	NNE
8	11:00	13.5	11.84	NNE	8	10:00	8	7.02	NNE
9	08:00	11.4	10.00	NNE	9	21:30	16.4	14.39	N
10	10:30	11.1	9.74	NNE	10	08:00	14.6	12.81	NNE
11	10:30	11.7	10.26	NNE	11	12:00	16.1	14.12	N
12	11:30	11.4	10.00	NNE	12	05:30	14	12.28	NNE
13	13:00	11.9	10.44	NNE	13	08:30	14.6	12.81	NNE
14	14:00	11.3	9.91	NNE	14	09:30	14	12.28	N
15	12:30	13.2	11.58	NNE	15	09:00	15.1	13.25	N
16	08:30	14.3	12.54	N	16	07:30	10.9	9.56	N
17	09:30	13.2	11.58	N	17	09:00	11.1	9.74	NNE
18	09:30	11.7	10.26	NNE	18	07:30	5.1	4.47	NNE
19	06:00	14.2	12.46	NNE	19	09:00	8.2	7.19	NNE
20	08:30	11.3	9.91	N	20	13:00	9.8	8.60	NNE
21	13:00	7.7	6.75	NNE	21	09:30	11.3	9.91	N
22	13:30	6.6	5.79	NNE	22	09:00	10.5	9.21	N
23	08:00	11.6	10.18	N	23	10:00	10.5	9.21	NNE
24	11:00	13.4	11.75	NNE	24	08:00	11.3	9.91	NNE
25	08:30	15.3	13.42	N	25	06:30	10.8	9.47	NNE
26	07:30	12.6	11.05	NNE	26	08:00	12.6	11.05	N
27	10:00	11.7	10.26	NNE	27	06:30	12.4	10.88	NNE
28	07:00	4.2	3.68	NNE	28	07:30	11.6	10.18	NNE
29	22:30	3.4	2.98	NNE	29	08:00	12.1	10.61	NNE
30	10:30	10.5	9.21	N	30	12:30	13.5	11.84	NNE
31	10:00	13.4	11.75	N	31	12:30	14.2	12.46	NNE



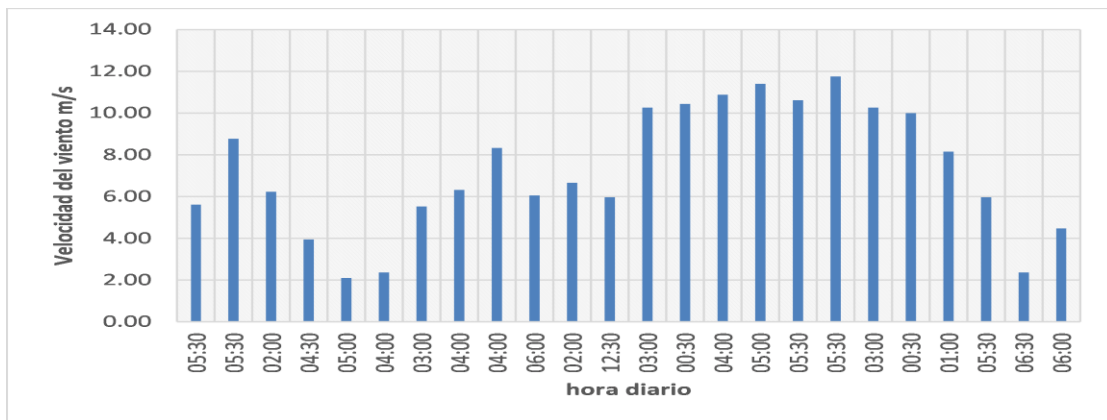
Velocidad del viento anual 2016

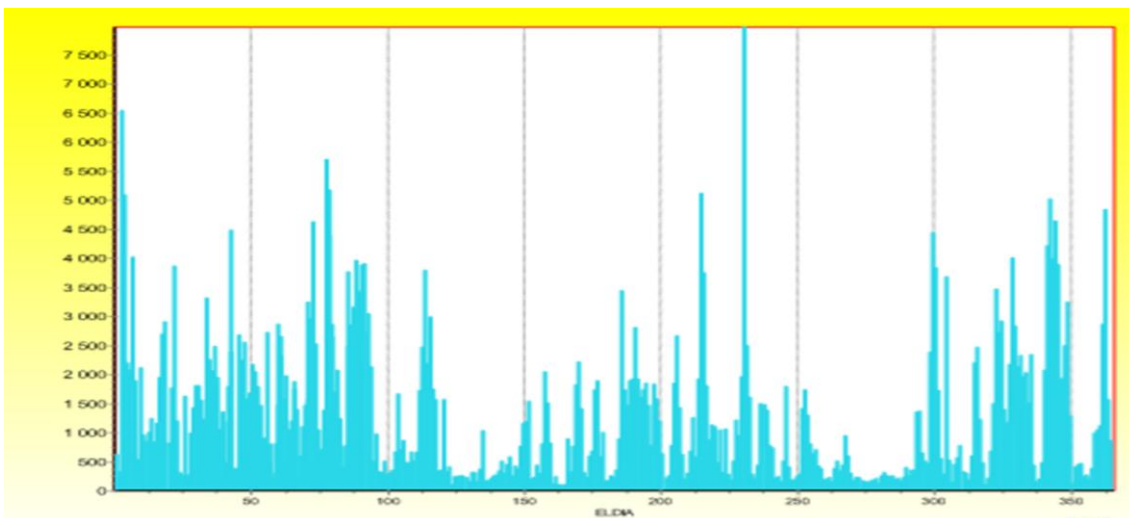


Velocidad del viento anual 2017

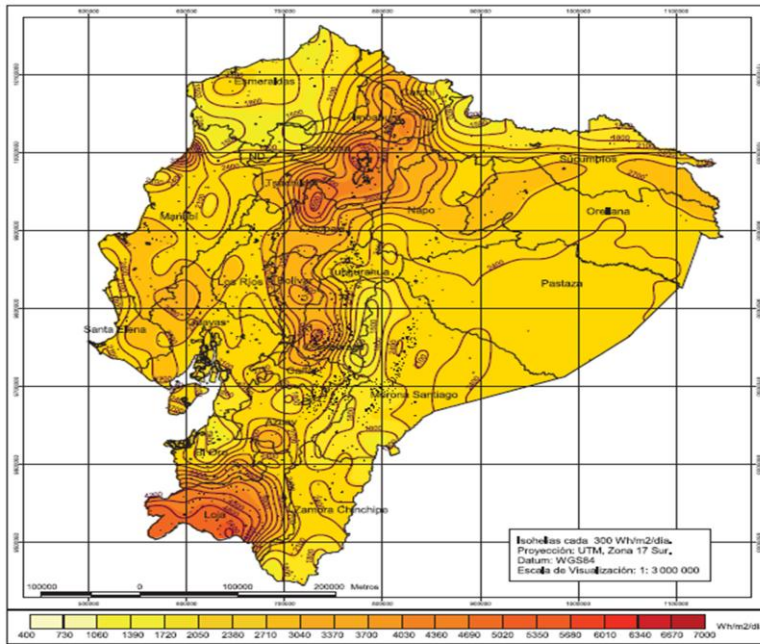


Velocidad del viento Diario 2017

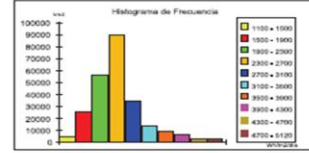




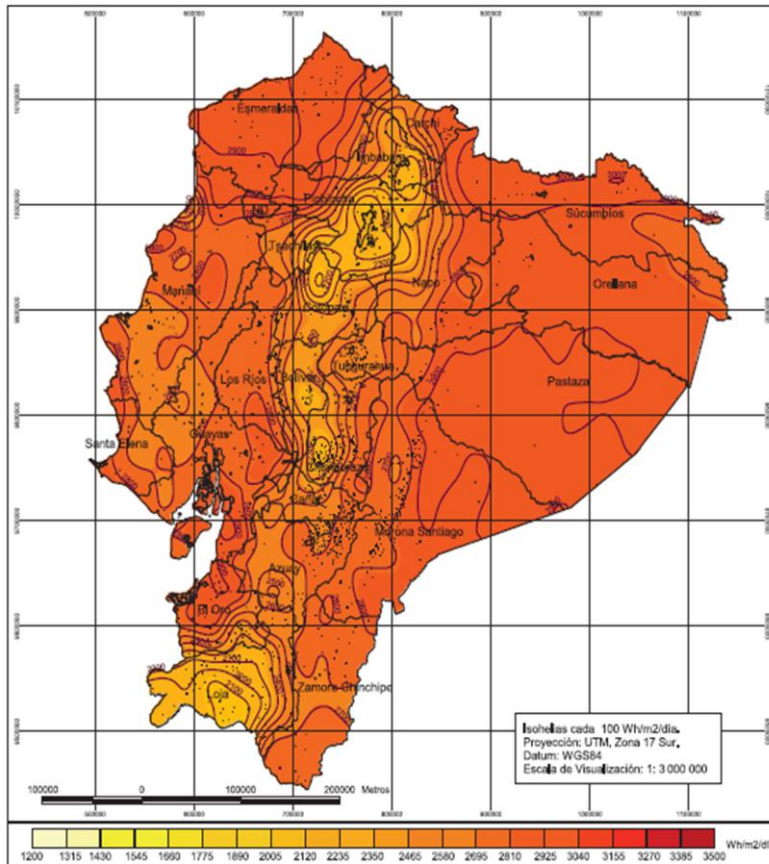
Fuente: (CONELEC, 2008)



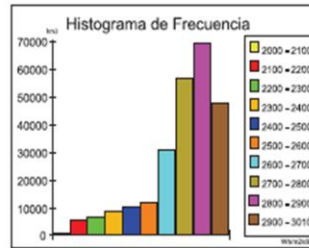
Insolación Directa Promedio



Valor Máximo: 5 119 Wh/m²/día
 Valor Mínimo: 1 147 Wh/m²/día
 Valor Promedio: 2543,01 Wh/m²/día
 Desviación Estándar: 643,1627 Wh/m²/día



Insolación Difusa Promedio



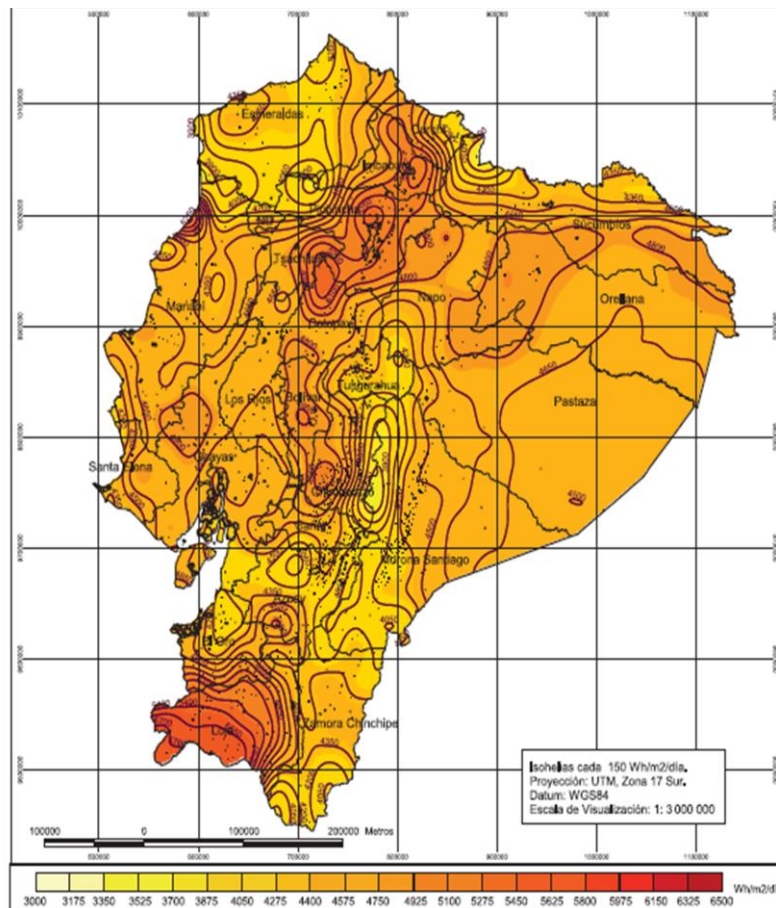
Valor Máximo: 3 105 Wh/m²/día
 Valor Mínimo: 2 032 Wh/m²/día
 Valor Promedio: 2737,05 Wh/m²/día
 Desviación Estándar: 196,6432 Wh/m²/día

ANEXO II.

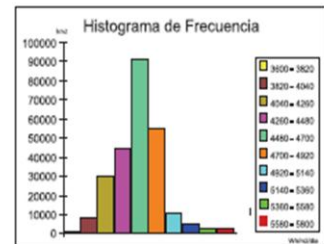
Tabla I I.2. Radiación solar promedio Global y promedio

2/2

Fuente: (CONELEC, 2008)



Insolación Global Promedio



Valor Máximo: 5 748 Wh/m²/dia
 Valor Mínimo: 3634 Wh/m²/dia
 Valor Promedio: 4574,99 Wh/m²/dia
 Desviación Estándar: 301,4093 Wh/m²/dia

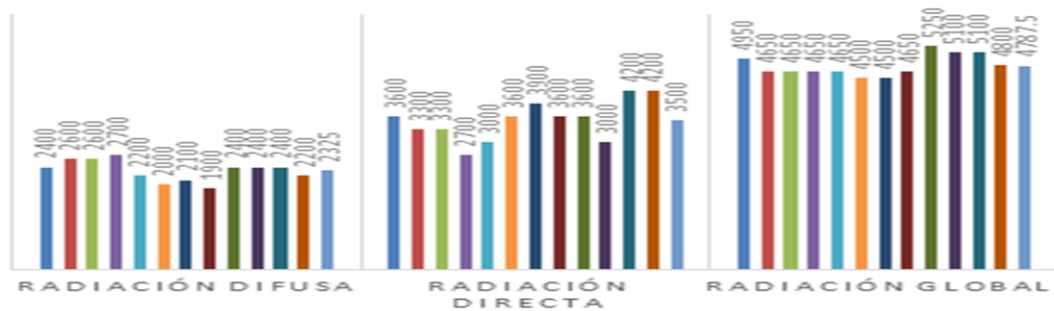
Corporación para la Investigación Energética

ATLAS SOLAR DEL ECUADOR CON FINES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA

Contenido: Insolación Global Anual Promedio Fecha: Agosto del 2008

RADIACIÓN SOLAR PROMEDIO

- Enero
- Febrero
- Marzo
- Abril
- Mayo
- Junio
- Julio
- Agosto
- Septiembre
- Octubre
- Noviembre
- Diciembre
- Promedio Total



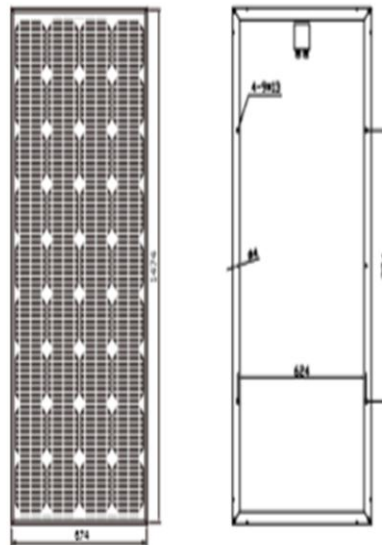
Fuente: (PROVIENTO, 2017)

TECHNICAL DATA SHEET SM636-150



Technical Data

Type	SM636-150
Type of Solar Cell	Mono-crystalline, 156mm×156mm
Number of Cells	36 pcs
Size of module	1482×676×35mm (156×156mm cell)
Module, Weight	12 kg
Connector / Cross-Section	Cixi Renhe
Cables, Length (+/-)	Customizable
Front Cover Glass	Safety Glass
Front Cover Glass, Thickness	3.2 mm
Frame	Anodized Aluminium



Electrical Data

Maximum Power	$P_{max, STC}$	150 W
Power Tolerance	Δ_{STC}	+2%
Maximum Power Voltage	$U_{mp, STC}$	18.1 V
Maximum Power Current	$I_{mp, STC}$	8.42 A
Open Circuit Voltage	$U_{oc, STC}$	22.6 V
Short Circuit Current	$I_{sc, STC}$	8.88 A
Cell Efficiency	η_{STC}	15.5 %
Maximum System Voltage	U_{oc}	1000 V

STC: Irradiance 1000 W/m²; Spectrum AM 1.5; Cell Temperature 25°C; Wind 0 m/s

Temperature Coefficients

Power Coefficient	$\alpha_p (P_{mp})$	- 0.50 ± 0.05 %/K
Voltage Coefficient	$\beta_v (U_{oc})$	- 0.35 ± 0.01 %/K
Current Coefficient	$\alpha_i (I_{sc})$	0.06 ± 0.01 %/K

Power Warranty

- 10 years performance warranty to 90 %
- 25 years performance warranty to 80 %
- 5 years warranty against production and material defects

Certifications

IEC 61215, IEC 61730 ,TUV, CE, ISO9001:2000

Simax(suzhou) Green New Energy Co.,Ltd Add:beibanjing riverside,suzhou road,taicang city,jiangsu province,China

Tel: +86 - 512 - 53378555 Fax: +86-512-53378556

Url: www.simaxsolar.com Email: info@simaxsolar.com

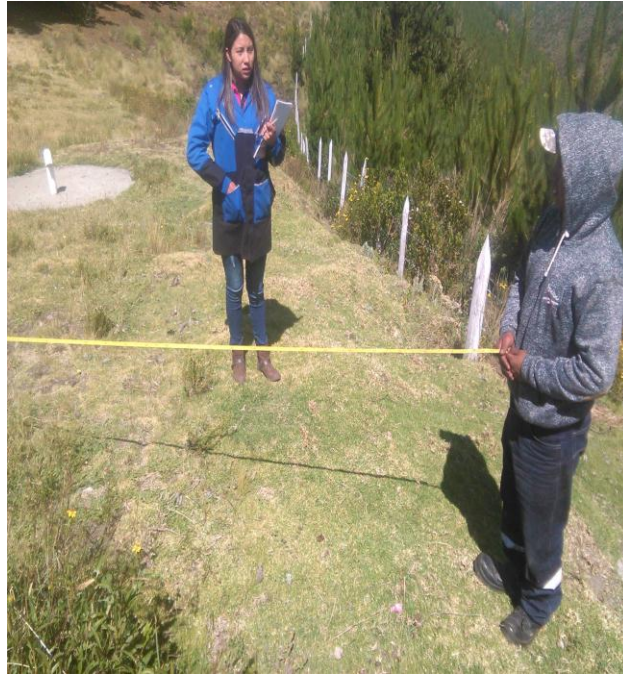


Model : TW-1500		TW-1500-12V	TW-1500-24V	TW-1500-48V
SALIDA AC:	Potencia continua:	1500W		
	Potencia Pico:	3000W		
		120% < carga		
		150% < carga		
	Tipo de onda	Sinoidal Pura (THD < 3%)		
	Frecuencia de salida	50Hz±0.1% or 60Hz±0.1% (Opcional)		
	Voltaje de salida AC	100~120VAC / 200~240VAC (Opcional)		
DC Input	Voltajes DC de entrada	12V DC	24V DC	48V DC
	Rango de voltaje DC	10.8V-15.5V	21.6V-31V	43.2V-62V
	Alarma de batería baja	10.8V±0.2V	21.6V±0.4V	43.2V±0.8V
	Desconexión de batería baja	10.2V±0.2V	20.4V±0.4V	40.8V±0.8V
	Desconexión por voltaje alta	15.5V±0.2V	31V±0.4V	62V±0.8V
Eficiencia máxima	90% (a toda carga) / 95% (1/3 carga)			
Autoconsumo	<0.8A	<0.4A	<0.2A	
Protección	Temido	Apagado automático con Temperatura >75°C		
	Contra corto circuito	Polaridad Externa a través de fusible		
	Ventilador enfriamiento	A partir de temperatura ≥45°C		
Environmental	Temperatura de operación	-10°C ~ +50°C		
	Humedad	20% ~ 90% RH		
	Bodegaje	-30°C ~ +70°C		
Indicadores, LED		Inversor, Falla		
Físico	Dimensiones (mm)	315*196*136mm		6pcs /Carton
	Peso (kg)	2.6 kg		
	Dimensiones Carton(mm)	420*340*460 mm		
	Peso Carton (kg)	16 kg		

ANEXO IV.

Reconocimiento del Lugar
Elaborado por: Los Investigadores

4/1



ANEXO IV.

Anemómetro y GPS de la hacienda Barrancas

Elaborado por: Los Investigadores

4/2



ANEXO IV.

Extracción de datos del anemómetro

Elaborado por: Los Investigadores

4/3



ANEXO IV.

Terraza de la vivienda para base de los módulos fotovoltaicos y presentación del proyecto final en la empresa NOVOPAN Del Ecuador S.A.

4/4

Elaborado por: Los Investigadores

