



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y
APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA.

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“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”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de
Ingeniero Electromecánico.

Autores:

Crespo Paredes Marco Antonio

Quimbita Pachucho Roberto Xavier

Director:

Ing. Gallardo Molina Cristian Fabián

Latacunga – Ecuador

2016



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Unidad Académica de Ciencias de la ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes; **Crespo Paredes Marco Antonio con CI: 050339938-8 y Quimbita Pachucho Roberto Xavier con CI: 050328312-9** con el título de Proyecto de Investigación:

“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” 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, julio 2016

Para constancia firman:

Lector 1
Ing. Mauro Albarracín
CC: 050311373-0

Lector 2
Ing. Carlos Espinel
CC: 050268518-3

Lector 3
Ing. Edwin Moreano
CC: 050260750-0



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros **Crespo Paredes Marco Antonio** y **Quimbita Pachucho Roberto Xavier** declaramos ser autores del presente proyecto de investigación:

“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”

Siendo director **Ing. Cristian Fabián Gallardo Molina** del presente trabajo; y eximimos expresamente a la **Universidad Técnica de Cotopaxi** y a sus representantes legales de posibles acciones legales.

Además certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en la presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Crespo Paredes Marco Antonio
C.I. 050339938-8

Quimbita Pachucho Roberto Xavier
C.I. 050328312-9



AVAL DEL DIRECTOR DE PROYECTO

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“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”, de Crespo Paredes Marco Antonio y Quimbita Pachucho Roberto Xavier, de la carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científicos – técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Unidad Académica Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, julio 2016

El Tutor

Ing. Cristian Fabián Gallardo Molina

AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por guardarme de todo mal y su misericordia concediéndome la vida, siempre tendrá el primer lugar en mi vida y corazón, me ha dado mucho, su Presencia en mi vida ha sido fundamental para alcanzar cada meta propuesta.

Un sincero agradecimiento a mis maestros y tutores, por compartir de sus conocimientos conmigo. Por toda la confianza y apoyo brindados por parte de mi padre, mi madre que siempre ha querido lo mejor para mí, mis hermanos, mis jefes y amigos. Gratitud a mis tías por apoyarme de todos los modos posibles en especial a Martha Crespo.

Antonio

AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradezco a Dios todo Poderoso y a mi Virgen Santísima, a mis Padres que supieron brindarme su apoyo, siempre estuvieron ahí para guiarme y me dedicaron su vida para que yo salga adelante.

También agradezco a la prestigiosa alma mater, la Universidad Técnica de Cotopaxi, por darme la oportunidad de alcanzar un objetivo más en mi vida, de igual manera a los Docentes con mucha estima y aprecio quienes impartieron sus conocimientos y experiencias para alcanzar un mejor porvenir.

Un agradecimiento especial al Ing. Cristian Gallardo por la contribución con entereza que nos supo brindar.

Xavier

DEDICATORIA

Este trabajo es el resultado de esfuerzo y constancia, ha sido un camino largo con altos y bajos, superando obstáculos, con días buenos y malos con la esperanza en que hay una recompensa al final del sendero. Es por eso que dedico este trabajo con todo mi amor y cariño a mis padres, mis hermanos Carlos y Elizabeth, mis tías, mis profesores, mis amigos, pero por sobre todo va dedicado al Único y Soberano Dios, mi amigo ideal y Salvador, que me ha dado la fuerza, la sabiduría, salvación y gracia; sin Él no soy nada. Toda la gloria y honra sea para Dios.

“Mira que te mando que te esfuerces y seas valiente; no temas ni desmayes, porque Jehová tu Dios estará contigo en dondequiera que vayas”. Josué 1:9

Antonio

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a Dios que me ha guiado por el buen camino, brindado sabiduría, por darme la fuerza necesaria para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentan en la vida diaria.

Con mucho amor le dedico a mi Madre querida Carmen Piedad por ser un apoyo incondicional en toda mi vida, gracias por brindarme tu confianza, apoyo, amor, cariño y más que todo por llenar mi corazón.

Con cariño a mi enamorada y futura esposa María Belén, por ser un pilar importante en mi vida, gracias por confiar en mí y enseñarme el valor y deseo de superación para triunfar en la vida.

Con gratitud a mi Padre Leoncio Fernando por haberme apoyado en mi formación profesional, por haberme guiado, y apoyado, también a mi hermano Kevin Fernando por estar presente en cada logro importante en mi vida; a todas las personas y familiares que creyeron en mí y me impulsaron a seguir adelante con mis estudios.

Xavier

ÍNDICE

1. INFORMACIÓN GENERAL	1
EQUIPO DE TRABAJO:.....	2
COORDINADORES DEL PROYECTO.....	2
2. RESUMEN DEL PROYECTO	4
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	5
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	5
5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:.....	6
6. OBJETIVOS:.....	7
6.1 Objetivo General:.....	7
6.2 Objetivos Específicos:.....	7
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	7
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA	8
8.1 Energía Renovable	8
8.2 Energía solar	8
8.3 Energía Solar Fotovoltaica	8
8.4 Tipos de células fotovoltaicas:.....	9
8.5 Componentes de paneles fotovoltaicos	9
8.6 Inclinación de los paneles.....	10
8.7 Dimensionamiento Del Generador Fotovoltaico.	11
8.7.1 Estimación de pérdidas.....	12
8.8 Instrumentos De Medición Solar	13
8.8.1 El Piranómetro	13
8.9 Energía Eólica.....	14
8.10 Aerogeneradores	14
8.11 Funcionamiento.....	14
8.12 Componentes	15
8.13 Cálculo del Aerogenerador	16
8.14 Instrumentos de Medición Eólica	21
8.14.1 Anemómetro (weatherwise WS-2080).....	21
8.15 Componentes Adicionales de un Sistema Híbrido.....	21
8.15.1 Controlador de carga	21

8.15.2 Bateria	22
8.15.3 Inversor	23
8.16 Dimensionamiento de los Conductores	23
8.18 Cálculo de la potencia generada anual del Panel solar.....	24
9. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS:	24
9.1 Hipótesis:	24
9.2 Variables:.....	24
9.3 Operacionalización de las variables	25
10. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL:.....	27
10.1 Metodología.....	27
10.1.1 Métodos de investigación	27
10.1.2 Técnicas de investigación:.....	27
10.1.3 Nivel de investigación	28
10.2 Diseño Experimental	28
10.2.1 Determinación de los recursos energéticos locales.....	28
10.2.2 Selección de los componentes del sistema energético Híbrido	30
11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS:	30
11.1 Dimensionamiento del sistema eólico.....	32
11.1.1 Dimensionamiento del sistema de energía solar y eólica.....	33
11.1.2 Promedio de Velocidad Total del Viento para la altura final a instalarse.	33
11.1.3 Dimensionamiento del aerogenerador.....	34
11.2 Dimensionamiento del sistema Fotovoltaico.....	35
11.2.1 Dimensionamiento de los paneles.....	35
11.2.2 Dimensionamiento del Sistema de Acumulación.	36
11.2.3 Dimensionamiento del Inversor.	37
11.2.4 Dimensionamiento del Regulador (controlador).....	37
11.2.5 Dimensionamiento de los Conductores.....	38
11.2.6 Cálculo de la potencia anual del panel solar.....	38
11.3 Selección de las capacidades de los equipos	39
11.4 Diseño del diagrama unifilar del sistema Híbrido	39
11.5 Instalación del Sistema de Generación Híbrida Eólico-Solar	40
11.5.1 Traslado de Materiales.	40
11.5.2 Preparación del Terreno.....	40

11.5.3 Levantamiento de la Torre e Instalación del Aerogenerador.....	40
11.5.4 Adecuación del Cableado	41
11.5.5 Instalación del Módulo Fotovoltaico.....	41
11.5.6 Instalación del Banco de Baterías.	41
11.5.7 Instalación de las protecciones del sistema.	42
11.5.8 Instalación del controlador.	42
11.5.9 Conexiones a Tierra.	42
11.5.10 Pruebas de funcionamiento del sistema Híbrido instalado.	42
11.6 Configuración del sistema	43
11.7 Resultados.....	44
11.8 Características del sistema seleccionado.....	45
12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS):	46
12.1 Los impactos económicos:.....	46
12.2 Los impactos sociales.....	46
13. PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO:	47
13.1 Análisis de Factibilidad	47
13.1.1 Factibilidad Técnica	47
13.1.2 Factibilidad Operativa	47
13.1.3 Factibilidad Económica	47
13.1.4 Ingresos y Egresos del sistema Híbrido	48
14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	52
14.1 Conclusiones.....	52
14.2 Recomendaciones.....	52
15. BIBLIOGRAFÍA	53
Páginas web.....	53
Libros	54
16. ANEXOS	55

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	9
FIGURA 2. ELEMENTOS PANEL FOTOVOLTAICO.....	10
FIGURA 3. ÁNGULO DE INCLINACIÓN.....	11
FIGURA 4. PIRANÓMETRO	13
FIGURA 5. POTENCIAL EÓLICO ESTIMADO EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI.....	14
FIGURA 6. ENERGÍA EÓLICA - TIPOS DE TURBINAS DE VIENTO	15
FIGURA 7. COMPONENTES DE UN AEROGENERADOR	15
FIGURA 8. PARTES DE UN AEROGENERADOR DE EJE VERTICAL	16
FIGURA 9. RELACIÓN ENTRE LA RAZÓN DE VELOCIDAD DE PUNTA Y EL COEFICIENTE DE POTENCIA, PARA DIFERENTES TIPOS DE MÁQUINAS EÓLICAS.....	20
FIGURA 10. ESTACIÓN METEOROLÓGICA AMBIENT WEATHER WS-2080 WIRELESS	21
FIGURA 11. POTENCIAL EÓLICO DE LA HACIENDA EL TAMBO	31
FIGURA 12. POTENCIAL SOLAR DE LA HACIENDA EL TAMBO	31
FIGURA 13. PROMEDIO VELOCIDAD DE VIENTO.....	32

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS DE LOS OBJETIVOS.....	7
TABLA 2. DEMANDA ENERGÉTICA CARGAS DC	11
TABLA 3. CLASES Y LONGITUDES DE RUGOSIDAD.....	18
TABLA 4. CAÍDAS DE TENSIÓN DE LOS CONDUCTORES ENTRE COMPONENTES.....	23
TABLA 5. VARIABLE INDEPENDIENTE: IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA HÍBRIDO SOLAR – EÓLICO.	25
TABLA 6. VARIABLE DEPENDIENTE: GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD PARA LA VIVIENDA.	26
TABLA 7. DISPONIBILIDAD DE LOS RECURSOS RENOVABLES.....	29
TABLA 8. PROMEDIO DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO	32
TABLA 9. CÁLCULOS DE LA DEMANDA ENERGÉTICA	33
TABLA 10. DATOS PARA EL CÁLCULO DEL PROMEDIO DE VELOCIDAD.....	33
TABLA 11. PROMEDIO DE RADIACIÓN SOLAR	35
TABLA 12. CONSUMO ENERGÉTICO SEMANAL	44
TABLA 13. COSTO ECONÓMICO DEL PROYECTO	48
TABLA 14. INGRESOS POR INSTALACIÓN EÓLICA.....	49
TABLA 15. INGRESOS POR INSTALACIÓN SOLAR	49
TABLA 16. EGRESOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	50
TABLA 17. FLUJO DE CAJA POR INSTALACIÓN EÓLICA	50
TABLA 18. FLUJO DE CAJA POR INSTALACIÓN SOLAR.....	51

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE INGENIERÍA Y APLICADAS

TEMA: “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”

Autores:

Crespo Paredes Marco Antonio

Quimbita Pachucho Roberto Xavier

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se buscó una solución al problema que se presenta comúnmente en el Ecuador, con respecto al escaso abastecimiento de energía eléctrica en las zonas rurales, debido a la dificultad de construir una línea de alimentación de corriente, ya sea por el difícil acceso al lugar, la distancia, y también en este caso el número de beneficiarios hacen que los costos sean muy altos, por lo que en estas zonas en su mayoría sólo cuentan con fuentes de energía tradicional como leña o carbón vegetal para satisfacer sus necesidades energéticas; es así que se escogió las viviendas de los cuidadores de la Hacienda el Tambo ubicadas en el sector del mismo nombre, del cantón Latacunga de la provincia de Cotopaxi, para la Implementación de un Sistema Híbrido de 1000 W, tomando en cuenta el análisis del potencial eólico-solar del sector se obtuvieron los siguientes datos: 8,2 m/s de velocidad del viento y 4719,61 Wh/m² de radiación solar, medidos con el anemómetro y piranómetro respectivamente, lo cual ratifico que las condiciones ambientales del sector son idóneas para la implementación del Sistema Híbrido que consiste en el uso un aerogenerador para la conversión de la energía cinética del viento a eléctrica, a más de esto se empleó paneles fotovoltaicos que al tener contacto con los rayos del sol separa los electrones de las placas solares para generar electricidad; por otra parte la geografía del lugar mostró que el viento en el sitio no tiene una dirección estable, y que además es muy baja en ciertas ocasiones llegando a un valor de 0,5 m/s al día, por lo que se dimensionó un aerogenerador de eje vertical para el aprovechamiento de hasta la velocidad más baja del viento que en muchas de las veces viene de diferentes direcciones, acompañado además de un panel solar con capacidad de 120W, un banco de baterías de 100Ah, un controlador de carga de 40A, un inversor de 1000W de 12V/120V, para que de esta manera el sistema cubra la demanda energética de las viviendas.

Palabras Clave: Sistema Híbrido, Potencial Eólico-Solar, Conversión de Energía

TECHNICAL COTOPAXI UNIVERSITY

APPLIED AND ENGINEERING SCIENCE ACADEMICAL UNIT

TOPIC: “IMPLEMENTATION OF A HYBRID SYSTEM OF 1000 WATTS THROUGH THE USE OF WIND AND SOLAR ENERGY FOR A HOME ELECTRIFIED OF THE HACIENDA EL TAMBO”

AUTHORS: Crespo Paredes Marco Antonio

Quimbita Pachucho Roberto Xavier

ABSTRACT

In this research a solution to the problem that commonly occurs in Ecuador, with respect to the limited supply of electricity in rural areas is sought because of the difficulty of building a line of power supply, either by the difficult access to the site, distance, and in this case the number of beneficiaries make the costs are very high, so in these areas, mostly have only traditional energy sources such as firewood or charcoal to meet their needs energy; so it was chosen of the keepers of the Hacienda el Tambo homes located in the sector which has the same name, of the Latacunga canton in the province of Cotopaxi, for the implementation of a Hybrid System of 1000 W, taking into account the analysis of the wind-solar potential of the sector following data were obtained: 8.2 m / s wind speed and 4719.61 Wh / m² of solar radiation measured by the anemometer and pyranometer respectively which affirm that environmental conditions in the sector are suitable for the implementation of the Hybrid system consisting of a wind turbine for use converting the kinetic energy of wind to electricity, from the solar panels to generate electricity, On the other hand the geography of the place showed that the wind on the site does not have a stable address , and that is also very low on certain occasions, reaching a value of 0.5 m/s per day, by what they chose a wind vertical turbine axis for the exploitation most of these were used photovoltaic panels that have contact with the sun's rays separates electrons of even the lowest speed of the wind that often comes from different directions, accompanied as well as a solar panel with a capacity of 100W, a Bank of batteries of 100Ah a 40A charge controller, inverter 1000W 12V/120V, so that in this way the system covers the energy demand of homes.

Key Words: System hybrid, Wind-solar potential, Energy conversion.

AVAL DE TRADUCCIÓN

1. INFORMACIÓN GENERAL

Titulación del Proyecto

“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”.

Fecha de inicio: Septiembre 2015

Fecha de finalización: Julio 2016

Lugar de ejecución:

El Tambo, Parroquia Mulaló, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi, Zona 3, Universidad Técnica de Cotopaxi.

Unidad Académica que auspicia:

Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

Carrera que auspicia:

Carrera de Ingeniería Electromecánica

Proyecto de investigación vinculado:

“Diseño y construcción de un prototipo transportable de generación eléctrica con energías alternativas, para cubrir la demanda de una vivienda rural con potencia máxima de 500w”
Investigadores principales: Aguayo Mopocita Jorge Alejandro y Bejarano Rivera Edward Serafín (2013-2014)

Equipo de Trabajo:

Gallardo Molina Cristian Fabián

Coordinadores del Proyecto

Crespo Paredes Marco Antonio

Quimbita Pachucho Roberto Xavier

EQUIPO DE TRABAJO:

Nombre: Cristian Fabián
Apellidos: Gallardo Molina
Cedula de identidad: 050284769-2
Fecha de Nacimiento: 09/06/1982
Lugar de nacimiento: Latacunga – La Matriz
Estado civil: Casado
Dirección: Avenida Oriente y Pasaje Ricaurte
Teléfono: 0984698851
E-mail: cristian.gallardo@utc.edu.ec

Formación Académica

Primaria: Escuela “Simón Bolívar”
Secundario: Instituto Tecnológico Superior Ramón Barba Naranjo
Superior: Escuela Politécnica del Ejército sede Latacunga

COORDINADORES DEL PROYECTO

Nombre: Roberto Xavier
Apellidos: Quimbita Pachucho
Cedula de identidad: 050328312-9
Fecha de Nacimiento: 09/10/1990
Lugar de nacimiento: Ignacio Flores
Estado civil: Soltero
Dirección: El Niagara – Cdla. La Esperanza
Teléfono: 0983024815
E-mail: xaviquimbita@hotmail.com

Formación Académica

Primaria: Escuela San José “La Salle”
Secundario: Colegio Nacional “Primero de Abril”

Nombre: Marco Antonio
Apellidos: Crespo Paredes
Cedula de identidad: 050339938-8
Fecha de Nacimiento: 19/01/1990
Lugar de nacimiento: Quito
Estado civil: Soltero
Dirección: Barrio Santa Ana de la parroquia Tanicuchí
Teléfono: 0992960495
E-mail: marcoantcrespo@hotmail.com

Formación Académica

Primaria: Escuela “Batalla de Panupáli”
Secundario: Colegio Técnico Humanístico “Marco Aurelio Subía”

Área de Conocimiento:

- Electrónica
- Electricidad
- Instalaciones Eléctricas
- Energías Renovables

Se aplica principalmente en mecanismos eléctricos, máquinas eléctricas, generación y transformación de energía.

Línea de investigación:

Línea de investigación: El proyecto de investigación acerca de la Implementación de un Sistema Híbrido aprovechando la radiación solar y la fuerza del viento, se relaciona con los lineamientos de investigación propuestos por la Universidad Técnica de Cotopaxi, donde se establece que en Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental: “Se integran todas aquellas investigaciones que busquen promover el aprovechamiento de las energías alternativas y renovables, fomentar y promocionar el uso eficiente de la energía (Eficiencia Energética) en los diferentes sectores (Industrial, Residencial, Público, Transporte y Agrícola), y reducir el impacto medioambiental derivado de la utilización de los recursos energéticos”

Sub líneas de investigación de la Carrera:

Además el proyecto se encuentra en concordancia con las líneas de investigación de la carrera de la Ingeniería Electromecánica en la que se afirman que se puede realizar un: “Diseño y explotación de energías alternativas. En los temas de Eficiencia y gestión energética.”

2. RESUMEN DEL PROYECTO

En el presente trabajo de investigación se buscó una solución al problema que se presenta comúnmente en el Ecuador, con respecto al escaso abastecimiento de energía eléctrica en las zonas rurales, debido a la dificultad de construir una línea de alimentación de corriente, ya sea por el difícil acceso al lugar, la distancia, y también en este caso el número de beneficiarios hacen que los costos sean muy altos, por lo que en estas zonas en su mayoría sólo cuentan con fuentes de energía tradicional como leña o carbón para satisfacer sus necesidades energéticas; es así que se escogió las viviendas de los cuidadores de la Hacienda el Tambo ubicada en el sector del mismo nombre, del cantón Latacunga de la provincia de Cotopaxi.

Mediante la previa planificación y utilización correcta de los métodos y técnicas tales como; el método inductivo partiendo de un análisis individual del potencial Eólico y Solar, así como de una hipótesis para luego de esto realizando investigaciones científicas, finalmente realizar las demostraciones mediante el método experimental, y técnicas como la observación y las mediciones del potencial mencionado respecto a la generación limpia de electricidad para la Implementación de un Sistema Híbrido de 1000 W, tomando en cuenta los datos obtenidos en el sector: 8,2 m/s de velocidad del viento y 4719,61 Wh/m² de radiación solar, medidos con el anemómetro y piranómetro respectivamente, se ratificó que las condiciones ambientales del lugar son idóneas para la implementación del Sistema Híbrido que consiste en el uso un aerogenerador para la conversión de la energía cinética del viento a eléctrica, a más de esto se empleó paneles fotovoltaicos que al tener contacto con los rayos del sol separan los electrones de las placas solares para generar electricidad.

Por otra parte la geografía del lugar mostró que el viento en el sitio no tiene una dirección estable, y que además es muy baja en ciertas ocasiones llegando a un valor de 0,5 m/s al día, por lo que se dimensionó un aerogenerador de eje vertical para el aprovechamiento de hasta la velocidad más baja del viento que en muchas de las veces viene de distintas direcciones, acompañado además de un panel solar con capacidad de 120W, un banco de baterías de 100Ah,

un controlador de carga de 40A, un inversor de 1000W de 12V/120V, para que de esta manera el sistema cubra la demanda energética de las viviendas.

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

En la actualidad, obtener energía eléctrica en zonas aisladas es un problema complejo de resolver por parte de las empresas que se encargan del abastecimiento eléctrico en cada provincia; uno de ellos es la dificultad de construir una línea de alimentación de corriente, ya sea por el difícil acceso al lugar, la distancia, y también, en este caso el número de beneficiarios, hacen que los costos sean muy altos.

Para resolver este problema organismos sociales y comunidades alrededor del mundo proponen la idea de instalar sistemas Híbridos que a través de paneles fotovoltaicos, turbinas eólicas, generadores-diésel, e incluso generadores eléctricos basados en biomasa permiten satisfacer la necesidad de corriente produciendo electricidad en forma limpia y amigable al medio ambiente.

El problema más notable que se ha encontrado en la Hacienda el Tambo es que en las pequeñas viviendas de las personas que cuidan el lugar carecen de energía eléctrica, debido al difícil acceso de la red convencional, lo cual repercute en el estilo de vida de quienes viven allí. Esta situación se presenta debido a que no se cuenta con un sistema de generación que pueda satisfacer continuamente la demanda de consumo eléctrico de la vivienda.

El trabajo de investigación desarrollado por el grupo investigador, es de aporte tecnológico, fundamentando los conocimientos de los miembros, así mismo será de gran aporte para los residentes del sector y directos beneficiarios. Esto también ayudará al usuario a mejorar su forma de vida supliendo las distintas necesidades energéticas que se presenten en su diario vivir.

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

El proyecto tiene un gran impacto social, debido a que reúne los conocimientos y criterios para resolver problemas basándose en la vinculación de la Universidad con el pueblo, la ubicación donde se desarrollará el proyecto cuenta con 8 miembros en la cual los beneficiados serán todas las personas que trabajan en la hacienda en diferentes áreas como el ordeño de ganado y el pastoreo de las reses en el sector antes mencionado, actividades que realizan todo

el tiempo mientras cuidan de los animales de la hacienda como de los que están sueltos en el páramo.

Así también los beneficiarios indirectos son los estudiantes de Ingeniería electromecánica, al poder fortalecer sus conocimientos teóricos poniéndolos en práctica y demostrando la calidad de educación que han recibido durante su tiempo dentro de la institución.

5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:

Actualmente alrededor del mundo y dentro del Ecuador existen varias fuentes de generación eléctrica, entre ellas están sobresaliendo las energías no convencionales como el sol y el viento. Las energías solar fotovoltaica y eólica se denominan renovables debido a que trata de un recurso limpio, abundante e inagotable. Las aplicaciones más comunes que tienen las mismas en el sector eléctrico son la generación de energía eléctrica limpia para la utilidad de los menos favorecidos o que se encuentran distanciados de una red eléctrica. La generación eléctrica con energías renovables, tienen mucha utilidad especialmente en el medio rural donde no hay suministro de energía eléctrica convencional.

Al hablar del suministro eléctrico en zonas aisladas observamos que es un problema complejo de resolver, debido a que las empresas encargadas del abastecimiento de la energía eléctrica se enfrentan a la dificultad de construir una línea de alimentación, debido al difícil acceso al lugar, la distancia, y también el número de personas que viven en el lugar, por lo que los costos son muy altos, para brindar el servicio eléctrico al sector en tal sentido se ha decidido aprovechar los recursos naturales de la zona y así poder mejorar la calidad de vida de los habitantes de dicha hacienda.

Además es importante destacar que por su situación geográfica, el sitio posee características óptimas debido a la buena radiación solar que existe, así también los vientos en el lugar son lo suficientemente fuertes para facilitar el movimiento del aerogenerador, estas características adecuadas en el sector, nos facilita el aprovechamiento eficiente de los recursos eólico y solar para el desarrollo del proyecto, dichos recursos servirán a estudiantes o particulares que implementen a futuro nuevos trabajos de investigación.

6. OBJETIVOS:

6.1 Objetivo General:

Implementar 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, en el cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi en el año 2016.

6.2 Objetivos Específicos:

- Analizar el potencial de generación eólico – solar con anemómetro, piranómetro, para demostrar los recursos existentes en el lugar, la aplicación de cálculos, para la respectiva adquisición de los componentes del sistema Híbrido.
- Determinar la carga y consumo energético de la vivienda y los parámetros necesarios para la correcta elección del equipo que puedan ser parte del sistema.
- Implementar el sistema Híbrido con un aerogenerador de eje vertical para aprovechar las máximas y mínimas velocidades del viento así como también el cambio de dirección del mismo, procurando un óptimo y correcto funcionamiento.

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

Tabla 1. Actividades y Sistema de Tareas de los Objetivos

Objetivos	Actividades	Resultado de actividades	Descripción de la metodología por actividades.
Analizar el potencial de generación eólico-solar	Mediciones meteorológicas del viento y radiación solar	Datos del potencial eólica-solar	Se aplica la observación y medición.
Determinar la carga y consumo energético	Levantar información técnica de la vivienda y realizar los respectivos cálculos.	Elección optima de los equipos de medición.	Se aplica la observación y medición.
Implementar el sistema Híbrido	Se instala cada uno de los componentes del sistema Híbrido.	Generación de energía eléctrica.	Se aplicara el método de campo y la observación.

Elaborado por: Los investigadores

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

8.1 Energía Renovable

Las energías renovables han aparecido dentro de la generación eléctrica al ver que los recursos de los que se lo producía se van agotando o en otros casos contaminan el ambiente por lo tanto. Jara (2006) menciona: “Se denomina energía renovable a la energía que se obtiene de la naturaleza, se las considera inagotables, de gran cantidad de energía almacenada, y capaces de regenerarse por medios naturales” (p.14)

8.2 Energía solar

Dentro de la generación eléctrica uno de los recursos renovables que va abriéndose un campo amplio dentro del mismo es la que produce el Sol la misma que es captada de manera directa por sistemas diseñados para ese objetivo. Schallernberg (2008) afirma:

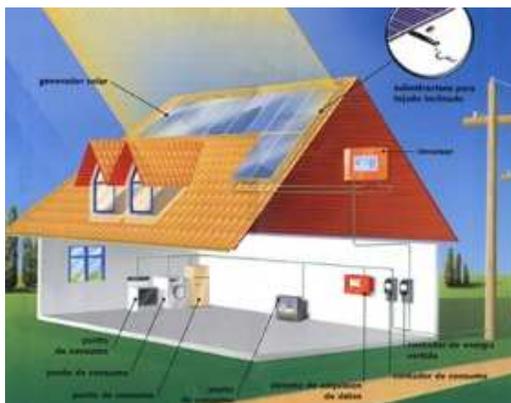
El Sol, de forma directa o indirecta, es el origen de todas las energías renovables, exceptuando la energía mareomotriz y la geotérmica. La energía del Sol se desplaza a través del espacio en forma de radiación electromagnética, llegando una parte de esta energía a la atmósfera.

De esta energía que llega a la atmósfera, una parte es absorbida por la ítniósfera y por el suelo, y otra parte es reflejada directamente al espacio desde el suelo. Es por esto por lo que menos de la mitad de la radiación solar llega efectivamente a la superficie terrestre, siendo esta parte la que podemos utilizar con fines energéticos en nuestro planeta. (p.50)

8.3 Energía Solar Fotovoltaica

La energía solar al ser aprovechada en su máximo potencial puede facilitar la vida de quienes no cuentan con una red eléctrica en su hogar y necesitan del uso de la electricidad para diferentes elementos de la misma Izquierdo (2008) nos dice: “El Ecuador es un país con características topográficas muy variadas, de gran diversidad climática y condiciones únicas que le confieren un elevado potencial de energías renovables y limpias, las cuales no pueden quedar al margen del Inventario de los Recursos Energéticos para Producción Eléctrica” (p.4) como se muestra en la figura 1.

Figura 1. Energía solar fotovoltaica



Fuente: A. 2012, 12. Energía solar fotovoltaica. Revista ARQHYS.com. Obtenido 07, 2016, de <http://www.arqhys.com/construccion/energia-solar-fotovoltaica.html>

8.4 Tipos de células fotovoltaicas:

Las células fotovoltaicas en su mayor parte están constituidas por silicio, debida a que este se consigue con mayor facilidad. Moro (2010) menciona:

Tradicionalmente han coexistido tres tipos de células de silicio.

Silicio monocristalino: Utiliza lingotes puros de silicio (los mismos que utiliza la industria de chips electrónicos). Son los más eficientes, con rendimientos superiores al 12%.

Silicio policristalino: Se fabrica a partir de restos de piezas de silicio monocristalino. Su rendimiento es algo inferior pero su menor coste ha contribuido enormemente a aumentar su uso.

Silicio amorfo: Se obtiene por deposición de capas delgadas sobre vidrio. El rendimiento es bastante menor que los anteriores, por lo que su uso se limita a aplicaciones de pequeña potencia como calculadoras, relojes, etc. (p.35)

8.5 Componentes de paneles fotovoltaicos

Los paneles solares están diseñados para resistir los cambios ambientales del lugar donde se los ubique por lo tanto León & Tigse (2013) manifiestan:

Los principales elementos que lo conforman son los siguientes:

Encapsulante: Material que protege las celdas dentro del panel, debe presentar un índice elevado de transmisión de la radiación y baja degradación por efecto de los rayos solares.

Cubierta exterior de vidrio templado: Permite que el panel resista condiciones climatológicas adversas y maximiza la transmisión luminosa, debe soportar cambios bruscos de temperatura.

Cubierta posterior: Constituida normalmente por varias capas opacas que reflejan la luz que ha pasado entre las células, haciendo que vuelva a incidir otra vez sobre éstas.

Marco de metal: Se construye generalmente de aluminio lo que asegura rigidez y estanqueidad al conjunto. En él se encuentran mecanismos que permiten el montaje del panel sobre la estructura de soporte.

Caja de terminales: Incorpora los bornes para la conexión del módulo. En el cual se encuentra en la mayoría de veces con conectores MC4.

Diodo de protección: Impide daños por sombras parciales en la superficie del panel. (pp. 38-39) los mismos que se muestran en la figura 2

Figura 2. Elementos panel fotovoltaico



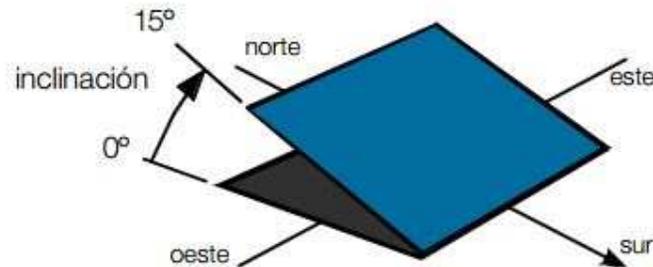
Fuente: CURSOLAR (2005), Elementos panel fotovoltaico, Recuperado de https://www.ujaen.es/investiga/solar/07cursosolar/home_main_frame/04_componen/01_generador/01_basico/images/elem_panel.gif

8.6 Inclinación de los paneles.

Un punto importante dentro del diseño de las instalaciones fotovoltaicas es la inclinación a la cual se debe configurar el panel solar para la captación del mayor porcentaje de radiación solar que sea posible. León & Tigse (2013) afirman: “La inclinación de los módulos solares se define mediante el ángulo de inclinación θ , que es el ángulo que forma la superficie de los módulos

con el plano horizontal. Su valor varía entre 15" y 20° para módulos verticales u horizontales” (p.41) así como se muestra en la figura 3.

Figura 3. Ángulo de inclinación



Fuente: Eliseo, S. (2013), Angulo de inclinación, Recuperado de <http://eliseosebastian.com/wp-content/uploads/2013/08/inclinacion.jpg>

8.7 Dimensionamiento Del Generador Fotovoltaico.

Para los cálculos pertinentes de la estimación del consumo energético diario se debe hacer tabla donde estará contenido los siguientes datos: nombre, cantidad y potencia de los equipos, número promedio de horas de utilización de los mismos y energía promedio diaria resultante en Wh, necesaria para el cálculo estimado del consumo energético de la vivienda. Hidalgo & Toapanta (2014) nos dicen:

La estimación de carga se hará para DC y AC.

$$\frac{\text{Energía Wh}}{\text{día}} = W * N * h \quad \text{(Ecuación 1)}$$

En las cargas de DC se detallan los equipos que suelen utilizar voltaje continuo y se calculará la energía total sumando el consumo de energía diaria de cada equipo como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Demanda energética cargas DC

equipo DC	Voltaje	Potencia	Cantidad	horas de uso N	energía Wh/d
equipo 1	V	W	N	H	w*N*h
total DC					

Fuente: Burbano, G. (2010) normativa para el diseño y diagnóstico de sistemas fotovoltaicos, Recuperada de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2252/1/CD-2992.pdf>.

En las cargas de AC, se debe realizar el mismo procedimiento que en la estimación de carga de DC (subtotal), agregando un porcentaje de energía adicional para tomar en cuenta el rendimiento del inversor (% consumo del Inversor).

8.7.1 Estimación de pérdidas.

Para el cálculo de las pérdidas se debe tomar el valor de rendimiento global de la instalación fotovoltaica definido como:

$$R_G = (1 - K_b - K_c - K_v) * \left(1 - \frac{K_a * D_A}{P_d}\right) \quad \text{(Ecuación 2)}$$

Dónde:

K_b = Coeficiente de pérdidas debidas al rendimiento del acumulador: 0,05 en sistemas que no se producen descargas intensas 0,1 en sistemas con descargas profundas.

K_c = Coeficiente de pérdidas en el inversor: 0,005 para inversores de salida sinodal pura, en condiciones óptimas. 0,1 para condiciones de trabajo lejos de las óptimas.

K_v = Coeficiente de pérdidas varias (transmisión, efecto Joule, etc.): Este parámetro que se toma como referencia es $0,05 < K_v < 0,15$.

K_a = Coeficiente de auto descarga diaria de las baterías, los valores típicos son: 0,002 para baterías de baja auto descarga (Ni-Cd). 0,005 para baterías estacionarias de plomo ácido (las más usuales). 0,012 para baterías de alta auto descarga (SLI).

D_a = Días de autonomía de la instalación: 3 – 5 días como valores de referencia.

P_d = Profundidad de descarga diaria de la batería: No deberá exceder el 80% de la capacidad nominal del acumulador.

Para el cálculo de la potencia de los paneles y el número de estos, a utilizarse, se debe tomar en cuenta lo siguiente:

El lugar donde va a ser instalado para el cálculo de la radiación solar promedio mensual, tomando desde bases de datos, que den valores confiables o midiendo los datos con un equipo de medida adecuado.

La radiación G_D se escogerá como el valor medio mensual durante el peor mes.

La potencia total del generador P_G se calcula, tomando en cuenta la demanda de energía total del sistema E_T , la radiación G_d antes mencionada y el rendimiento global de la instalación R_G .

$$P_G = \frac{E_T}{R_G * G_D} \text{ (Vatios)} \quad \text{(Ecuación 3)}$$

El número de paneles del generador se calcula con la potencia nominal P_N del panel a ser utilizado y la potencia del generador P_G . Como normalmente el resultado de número de paneles va a ser un número decimal, se recomienda la opción por exceso, es decir se debe aproximar al entero superior, excepto si el decimal se aproxima mucho al entero inferior, en cuyo caso se coloca el valor del entero; por ejemplo: si se obtuvo 1.5, entonces se debe poner 2 paneles, y si se obtuvo 1.1, entonces se debe poner 1 panel. (pp. 25-28)

$$N_P = \frac{P_G}{P_N} \quad \text{(Ecuación 4)}$$

8.8 Instrumentos De Medición Solar

8.8.1 El Piranómetro

La medición de la cantidad de radiación solar debe realizarse con los instrumentos adecuados para obtener datos reales y confiables para la implementación del sistema fotovoltaico en este caso el piranómetro. Herrera (2011) afirma: “Tiene una pequeña plancha de metal negro dentro con una termocupla unida a ella. Esta plancha negra se calienta al sol y con la termocupla el aumento de temperatura se puede medir. La plancha y la termocupla están cubiertas y aisladas por una cúpula de vidrio” (p.19) como se muestra en la figura 4.

Figura 4. Piranómetro



Fuente: Viewport (1999), Piranómetro, Recuperado de <http://ambientweather.wikispaces.com/sp216>

8.9 Energía Eólica

El recurso eólico en el Ecuador viene formando parte importante en la generación eléctrica al igual que la solar por su gran aporte dentro de la misma. Schallernberg (2008). “La energía eólica es una de las fuentes de energía con mayor crecimiento de implantación en el mundo. Su utilización a finales del siglo XX para la generación de energía eléctrica limpia, la ha conducido rápidamente a ser una fracción importante de la generación eléctrica” (p.33) en la figura. 5 se muestra el potencial de la Provincia de Cotopaxi

Figura 5. Potencial eólico estimado en la provincia de Cotopaxi

POTENCIAL BRUTO									
PROVINCIA	POTENCIAL INSTALABLE					INTEGRACIÓN ACUMULADA			
	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: MEER (2013) Atlas Eólico del Ecuador, Recuperado de <http://www.energia.gob.ec/biblioteca>

8.10 Aerogeneradores

Mosquera (2007) manifiesta: “Un aerogenerador es una maquina capaz de transformar la energía cinética del viento en electricidad” (p.3). Este elemento es esencial para la generación de electricidad mediante el uso del potencial eólico. Moncada (2004) afirma:

El funcionamiento de esta máquina se basa en el movimiento de su hélice, la cual aprovecha la energía eólica proveniente del aire y mientras más pesado se encuentra el aire, más fuerza podrá entregar el aerogenerador. Debido a que la velocidad del viento aumenta con la altura respecto a la superficie, se ubica el aerogenerador tan alto como sea posible. (p.109)

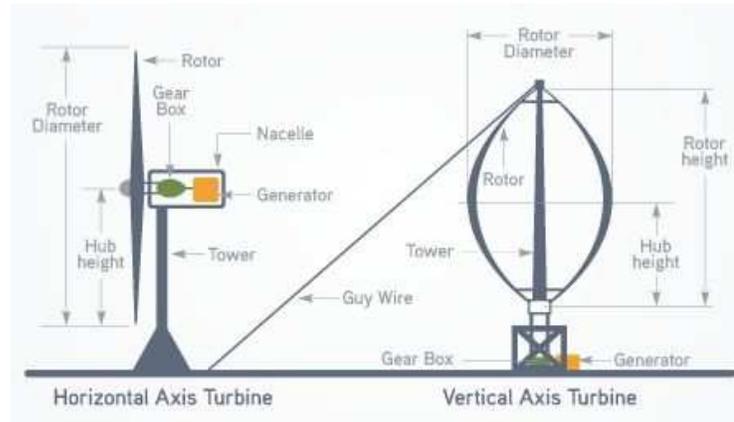
8.11 Funcionamiento

La energía que produce el viento es la encargada de hacer que las aspas del aerogenerador se muevan para que se produzca la conversión de la energía cinética en eléctrica. Tocte (2014) nos dice:

Es muy simple: el viento incide sobre las aspas del aerogenerador y lo hace girar, este movimiento de rotación se transmite al generador a través de un sistema multiplicador

de velocidad. Actualmente, los aerogeneradores se diseñan con su eje horizontal, diseño más usual, pero también existen los de eje vertical (p.17) mostrado en la figura 6.

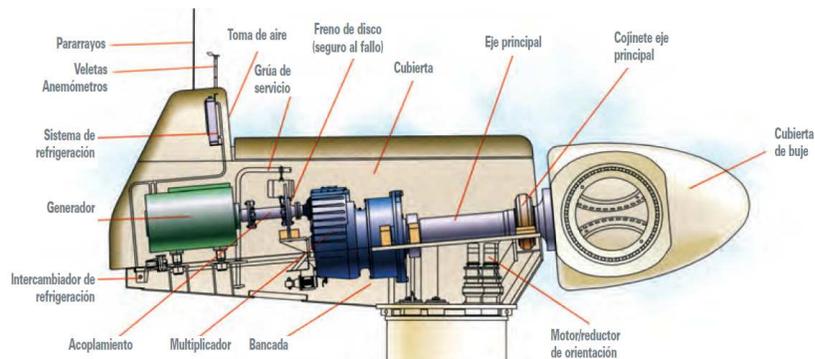
Figura 6. Energía Eólica - Tipos de Turbinas de Viento



Fuente: Gonzales (2015) Energía Eólica – Tipos de Turbinas de Viento, Recuperado de <http://www.gstriatum.com/energiasolar/blog/2015/01/08/energia-eolica-tipos-de-turbinas-de-viento/>

8.12 Componentes

Figura 7. Componentes de un aerogenerador



Fuente: Mosquera (2007) Energías renovables para todos

Cada elemento que constituye un aerogenerador cumple una función importante Mosquera (2007) afirma:

Torre. Soporta la góndola y el rotor. Puede ser tubular o de celosía (estas últimas, aunque más baratas, están en desuso ya que las tubulares son mucho más seguras). El grosor y la altura de la torre varían en función de las características de la turbina.

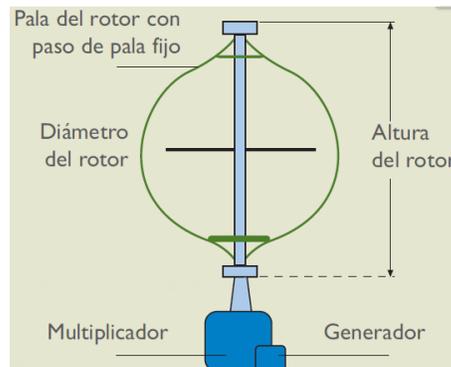
Rotor. Es el conjunto formado por las palas y el eje al que van unidas, a través de una pieza llamada buje. Las palas capturan el viento de manera perpendicular a su dirección.

Las palas se parecen mucho a las alas de un avión. Sin embargo, los perfiles gruesos de la parte más interior de la pala suelen estar específicamente diseñados para turbinas eólicas. La mayoría están fabricadas con poliéster o epoxi reforzado con fibra de vidrio

Góndola. Contiene, entre otros componentes, el generador eléctrico, el multiplicador y los sistemas hidráulicos de control, orientación y freno. El multiplicador funciona de manera similar a la caja de cambios de un coche, multiplicando unas 60 veces, mediante un sistema de engranajes, la velocidad del eje del rotor.

La veleta y el anemómetro, situados en la parte posterior de la góndola, miden la dirección y la velocidad del viento en cada instante y mandan órdenes a los sistemas de control que accionan el aparato para que el rotor y las aspas se sitúen en la posición óptima contra el viento. (pp.4-5)

Figura 8. Partes de un aerogenerador de eje vertical



Fuente: Schallernberg (2008), Energías renovables y eficiencia energética

8.13 Cálculo del Aerogenerador

El correcto dimensionamiento de cada uno de los componentes del sistema ayuda a que este funcione en óptimas condiciones y aproveche al 100% la energía del viento. Tocte (2014) manifiesta:

La energía eólica disponible en una determinada zona es función de la velocidad (V), del área (A) barrida por las palas del molino y de la densidad (ρ) del aire. De esta forma, y aplicando los principios de la física (mecánica) clásica, se obtiene la expresión teórica de la potencia disponible:

$$P_v = \frac{1}{2} A \rho v^3 \quad \text{(Ecuación 5)}$$

P_v = Potencia del viento

A = Superficie que cubre el aerogenerador (área de barrido).

ρ = Densidad del aire

v = Velocidad del viento

Si ρ es la densidad del aire de la corriente uniforme, la energía por unidad de volumen de esta masa es:

$$e = \frac{1}{2} \rho v^2 \quad \text{(Ecuación 6)}$$

El flujo volumétrico Q a través de una superficie de control estacionaria de sección frontal es:

$$Q = Av \quad \text{(Ecuación 7)}$$

El flujo de energía (flujo de aire que atraviesa la superficie que cubre un aerogenerador) o potencia eólica (potencia disponible en el aire) de la corriente a través de A

$$P = eQ = \frac{1}{2} A \rho v^3 \quad \text{(Ecuación 8)}$$

P = Potencia disponible en el aire.

A = Superficie que cubre el aerogenerador (área de barrido).

v = Velocidad del viento.

ρ = Densidad del aire.

Una turbina eólica nunca va a ser capaz de extraer toda esta energía, por lo que es interesante disponer de un factor que nos indique la eficiencia de una determinada máquina. Ese factor es el coeficiente de potencia C_p , que determina el rendimiento aerodinámico del rotor. Es decir:

$$C_p = \frac{\text{Energía captada}}{\frac{\rho \cdot A \cdot v^3}{2}} \quad \text{(Ecuación 9)}$$

En forma teórica se ha obtenido el máximo valor que puede obtener este coeficiente que se denomina "límite de Betz" y su valor representativo es del orden de 0,5926.

Cálculo de velocidad total del viento:

$$V = V_0 \left(\frac{h}{h_0} \right)^n \quad \text{(Ecuación 10)}$$

Donde:

V = Velocidad Total del Viento.

v_0 = Velocidad Inicial.

h = Altura final de la torre.

h_0 = Altura inicial.

n = Rugosidad

La rugosidad se obtiene de la siguiente manera:

Si ($hr \leq 0,03$)

$$n = 1.699823015 \ln. (hr) / \ln (150) \quad (\text{Ecuación 11})$$

Si ($hr > 0,03$)

$$n = 3.912489289 \ln. (hr) / \ln (3.3333333) \quad (\text{Ecuación 12})$$

Donde:

hr = es la clase de rugosidad que depende de la longitud de rugosidad medida en metros, es decir, la altura sobre el nivel del suelo donde la velocidad del viento es teóricamente cero. Como se muestran a continuación en la tabla 3:

Tabla 3. Clases y longitudes de rugosidad

Clase de rugosidad	Longitud de rugosidad z_0 (m)	Usos del suelo
0	0.0002	Superficie del agua en calma.
0.5	0.0024	Terreno abierto con superficie lisa: pistas de hormigón en los aeropuertos, césped cortado, etc.
1	0.03	Área agrícola abierta sin cercados ni setos y con edificios muy dispersos.
1.5	0.055	Terreno agrícola con algunas casas y cercados de hasta 8 m de altura separados por más de 1 km.
2	0.1	Terreno agrícola con algunas casas y cercados de hasta 8 m de altura separados por aproximadamente 500 m.
2.5	0.2	Terreno agrícola con varios árboles, arbustos y plantas, o cercados de hasta 8 m de altura separados por 250 m.
3	0.4	Ciudades, villas, terreno agrícola con muchos cercados o muy altos, bosques.
3.5	0.6	Grandes ciudades con edificios altos con bosques altos.
4	1.6	Ciudades muy grandes con edificios altos y rascacielos.

Fuente: Módulo III de Energía Eólica de la Maestría de Energías Alternativas realizada en la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Área de barrido del rotor, se consigue así:

$$A = \pi * \frac{D^2}{4} \quad \text{(Ecuación 13)}$$

Donde:

A= Área de barrido del rotor.

π = 3.1416.

D= Diámetro del rotor.

Luego se debe calcular la potencia en función del área de barrido.

$$\frac{P}{A} = \frac{1}{2} \rho V^3 \quad \text{(Ecuación 14)}$$

Se debe calcular la intensidad de turbulencia.

$$I_V = \frac{\sigma}{V} \quad \text{(Ecuación 15)}$$

Donde:

I_V = Intensidad de Turbulencia.

σ = Desviación Estándar.

V= Velocidad del viento.

La potencia del viento mediante la ecuación 5, anteriormente estudiada, la potencia eléctrica es:

$$P_e = n * P \quad \text{(Ecuación 16)}$$

Donde:

P_e = Potencia eléctrica.

n = Factor de eficiencia total de conversión.

P = Potencia de viento.

Para calcular el número de revoluciones por minuto de una eólica se obtiene a partir de la siguiente ecuación.

$$n = (60 \cdot \lambda \cdot v) / (\pi \cdot D) \quad \text{(Ecuación 17)}$$

Donde:

n : Es el número de revoluciones por minuto [r.p.m.]

λ : Se llama velocidad específica del rotor eólico y depende de la anchura y del ángulo de calado de las palas. Puede tener un valor nominal comprendido entre aprox. 1 y 14.

En la eólica que se suele montar, este factor será de 8.

v : Es la velocidad del viento en metros por segundo [m/s].

d: Es el diámetro de la eólica en metros [m]

Finalmente se calcula la producción eléctrica anual.

$$P_{GA} = \frac{P}{A} * A * (\text{eficiencia}) * (8640 \text{ h/a}) * \left(\frac{1\text{kW}}{1000\text{W}}\right) \quad (\text{Ecuación 18})$$

Donde.

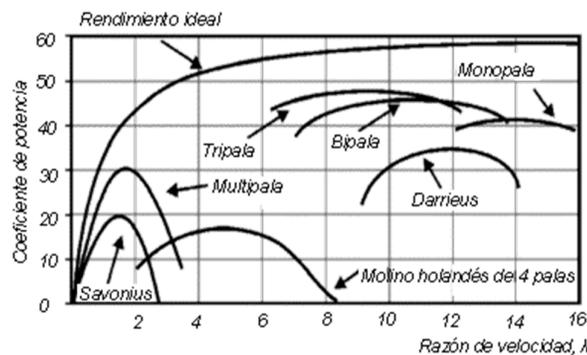
P_{GA} = Potencia de generación anual en kWh

$\frac{P}{A}$ = Densidad de potencia del aerogenerador

A=Área de barrido del aerogenerador

El motivo de que el número de palas sea 3 es el resultado del compromiso existente entre criterios:

Figura 9. Relación entre la razón de velocidad de punta y el coeficiente de potencia, para diferentes tipos de máquinas eólicas



Fuente: Corado, (2012) Una, dos tres... ¿cuántas palas? Recuperado de <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Energia/Energia57/HTML/articulo03.htm>

- La energía máxima extraíble del viento es independiente del número de palas y se define por la Ley de Betz. Según esta ley, la máxima extracción de energía cinética del viento se sitúa en 16/27 de la energía cinética (59%). A partir de ese máximo, incrementar el número de palas de 1 a 100 no aumentaría el rendimiento del aerogenerador.
- Un menor número de palas reduce los costes de fabricación e instalación.
- Dada las dimensiones mayores de las palas y las cargas y tensiones asociadas, un mayor número de palas permite obtener sistemas más equilibrados y estables. (pp. 20-24)

8.14 Instrumentos de Medición Eólica

8.14.1 Anemómetro (weatherwise WS-2080)

Los datos al ser obtenidos con el respectivo instrumento de medición garantiza la puesta en marcha del sistema de una manera eficiente Cabaleri (2013) afirma: “La estación de monitoreo del clima Weatherwise funciona perfectamente para cualquier ambiente de hogar, oficina, campo abierto, obra en progreso. El monitor interior muestra la información importante del clima en tiempo real gracias a los monitores inalámbricos externos” como se muestra en la figura 10.

Figura 10. Estación meteorológica Ambient Weather WS-2080 Wireless



Fuente: Cabaleri (2013) Estación Meteorológica USB WS-2080, Recuperado de <http://www.cabaleri.com/estacion-meteorologica/estacion-meteorologica-usb-ws-2080.html>

8.15 Componentes Adicionales de un Sistema Híbrido

8.15.1 Controlador de carga

Hidalgo & Toapanta (2014) mencionan:

Es el dispositivo encargado de proteger las baterías frente a sobrecargas o sobredescargas profundas. Su función es comparar valores deseados por la carga con uno de referencia y efectúa los cambios necesarios para compensar, cumple con un rol pasivo cuando el nivel voltaje es baja y no pueden cargar las baterías, cuando aumenta el voltaje de los paneles superan al banco de baterías entonces el control de carga tiene un rol activo.

Para calcular el valor de la Corriente del controlador I_R , para lo cual se requiere la corriente de cortocircuito de cada panel y el número de paneles N .

$$I_R = I_{SC} * N[A] \quad \text{(Ecuación 19)}$$

$$I_R = 1,25 \frac{P_N * N}{V} [A] \quad \text{(Ecuación 20)}$$

Donde:

I_{SC} = corriente de cortocircuito (Amperios)

v = voltaje nominal del sistema fotovoltaico (voltios)

8.15.2 Bateria

Se denomina batería, acumulador eléctrico o simplemente acumulador, al dispositivo que consiste en una o más celdas electroquímicas que pueden convertir la energía química almacenada en electricidad. Cada celda consta de un electrodo positivo, o ánodo y un electrodo negativo, o cátodo y electrolitos que permiten que los iones se muevan entre los electrodos. Para una instalación aislada debemos conocer el consumo diario y debemos establecer la autonomía deberá tener la instalación, es decir, cuántos días podrá funcionar en ausencia total de generación eléctrica, también debemos tener en cuenta la profundidad de descarga máxima (PdD) a la que se someterá la batería. A partir de todos estos datos emplearemos las siguientes ecuaciones:

$$n_B = 100\% - K_b \quad \text{(Ecuación 21)}$$

$$Q_M = \frac{E_T}{n_B} \left[\frac{Wh}{\text{dia}} \right] \quad \text{(Ecuación 22)}$$

$$C_{DA} = \frac{Q_M}{V} \left[\frac{Ah}{\text{dia}} \right] \quad \text{(Ecuación 23)}$$

$$C_{TB} = \frac{C_{DA} * D_A}{PdD} [Ah] \quad \text{(Ecuación 24)}$$

$$N_B = \frac{C_{TB}}{C_{B_{USAR}}} \quad \text{(Ecuación 25)}$$

Donde:

K_b = Coeficiente de pérdidas debidas al rendimiento del acumulador.

n_B = Rendimiento de la batería.

Q_M = Energía diaria de acumulación requerida. $\left[\frac{Wh}{\text{dia}} \right]$

C_{DA} = Capacidad diaria de acumulación. $\left[\frac{Ah}{\text{dia}} \right]$

C_{TB} = La capacidad total de la batería. [Ah]

N_B = Número de baterías

8.15.3 Inversor

La función de un inversor es cambiar un voltaje de entrada de corriente continua a un voltaje simétrico de salida de corriente alterna, con la magnitud y frecuencia deseada por el usuario o el diseñador. Los inversores se utilizan para convertir la corriente continua generada por los paneles solares fotovoltaicos, acumuladores o baterías, etc., en corriente alterna y de esta manera poder ser inyectados en la red eléctrica o usados en instalaciones eléctricas aisladas.

La potencia nominal del inversor P_{inversor} debe ser igual a la potencia P_{TAC} de la carga instalada en AC más un 25%.

$$P_{\text{inversor}} = 1,25 * P_{\text{TAC}}[\text{Watt}] \quad (\text{Ecuación 26})$$

8.16 Dimensionamiento de los Conductores.

La longitud de los conductores entre los componentes del sistema debe realizarse lo más corta posible para minimizar las caídas de voltaje. Debe cumplir los valores de la tabla 4:

Tabla 4. Caídas de tensión de los conductores entre componentes

COMPONENTES	% DE CAÍDA
Generador – Controlador	< 3%
Baterías – Controlador	< 1%
Controlador – Cargas	< 5%

Fuente: Burbano, G. (2010) normativa para el diseño y diagnóstico de sistemas fotovoltaicos, Recuperada de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2252/1/CD-2992.pdf>.

Para calcular el calibre del conductor, sea en mm^2 o AWG, se utiliza la fórmula de caída de voltaje:

$$\Delta V = R * L * I \quad (\text{Ecuación 27})$$

Donde:

ΔV = Caída de voltaje entre los extremos de los conductores.

R = Resistencia del conductor en [Ω / m].

L = Longitud entre componentes en [m].

I = Corriente [A].

Se selecciona el calibre del conductor en base a la corriente que circula por él.

$$I_{\text{inversor}} = \frac{P_{\text{carga AC}}}{V_{\text{Bateria}}} \quad \text{(Ecuación 28)}$$

$$I_{\text{carga AC}} = \frac{P_{\text{carga AC}}}{V_{\text{AC}}} \quad \text{(Ecuación 29)}$$

Donde:

$P_{\text{carga AC}}$ = Potencia de carga en AC (vatios)

V_{Bateria} = Voltaje nominal de la batería. (Voltios)

V_{AC} = Voltaje de la carga en AC. (Voltios) (pp.47-50)

8.18 Cálculo de la potencia generada anual del Panel solar

El Ecuador al ser atravesado por la línea equinoccial tiene un máximo de 12 horas de luz solar al día, siendo 8 las de mayor potencia que son aprovechadas para la generación fotovoltaica por lo tanto Sana-Int (2013) afirma: “Los fabricantes tasan la potencia de sus Paneles Solares a la hora de máxima radiación solar. Por ejemplo un Panel Solar de 100 Watts quiere decir que a las 1:30 de la tarde ese panel nos va a dar 100 Watts/h”

$$P_{\text{AFV}} = P_{\text{FV}} * H_d * 30,4 \frac{\text{dias}}{\text{mes}} * 12 \text{ meses} \quad \text{(Ecuación 30)}$$

Donde

P_{AFV} = Potencia anual del panel fotovoltaico

P_{FV} = Potencia del panel solar

H_d = Horas de luz solar

9. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS:

9.1 Hipótesis:

¿La implementación de un sistema de generación eléctrica Híbrido, mediante el uso de energías renovables (solar – eólico), permitirá la generación de potencia eléctrica que requiere la vivienda ubicada en la hacienda El Tambo?

9.2 Variables:

- ✓ **Variable independiente:** Implementación de un sistema Híbrido solar - eólico.
- ✓ **Variable dependiente:** Generación de electricidad para la vivienda.

9.3 Operacionalización de las variables

Tabla 5. Variable independiente: Implementación de un sistema Híbrido solar – eólico.

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍAS	INDICADORES	ÍTEMS BÁSICOS	TÉCNICA E INSTRUMENTOS
Sistema Híbrido es formar un conjunto de elementos que aprovechan las fuentes de energía solar y eólica integradas en un mismo sistema para proveer electricidad.	Energía solar.		¿Qué instrumentos se requieren para medir la velocidad del viento y la radiación solar?	Instrumentos de medición: Piranómetro Anemómetro
	Energía eólica.	Estadísticas de energía eólica en m/s y energía solar en W/m ² .	¿Cuáles son los parámetros que se deben tomar en cuenta para dimensionar el sistema Híbrido?	Datos del Potencial Eólico - Solar
	Demanda	Cantidad de energía que se requiere la vivienda, en W/h	¿Cuánta energía eléctrica se requieren para cubrir la demanda energética?	Datos del consumo energético de las viviendas

Elaborado por: Los Investigadores

Tabla 6. Variable dependiente: Generación de electricidad para la vivienda.

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍAS	INDICADORES	ÍTEMS BÁSICOS	TÉCNICA E INSTRUMENTOS
Consiste en transformar la energía mecánica en energía eléctrica, se realiza básicamente mediante un generador que varía en función a la fuente de energía primaria.	Generar	Potencia		Instrumentos de Medición: Multímetro y Amperímetro
		Rendimiento del panel fotovoltaico watts/ hora	¿Cuáles son los cálculos para determinar cuál es la potencia máxima y minina a la que se debe dimensionar el sistema Híbrido?	Carga Instalada en las viviendas
		Rendimiento del aerogenerador. Watts/ hora		Aumento de carga en el sistema

Elaborado por: Los investigadores

10. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL:

10.1 Metodología

La investigación a realizarse está orientada a un enfoque cualitativo y cuantitativo, debido a que se realizará una evaluación del potencial eólico-solar del sector, con el propósito de generar electricidad, y mejorar el estilo de vida de los cuidadores de la hacienda.

10.1.1 Métodos de investigación

Para el buen desarrollo investigativo del proyecto propuesto es necesario el empleo de diferentes métodos de investigación, siendo los mismos analizados previamente para escoger los más adecuados y los que se acoplan al proyecto que se implementara, de los cuales los que han proporcionado los mejores resultados para el mismo siendo el primero el método Inductivo debido a que dentro del proyecto ayudara a comprender y analizar los resultados de las mediciones del potencial eólico-solar para un óptimo funcionamiento de los componentes que conforman el sistema de generación híbrida, el cual parte desde un problema al cual se le dará solución mediante la toma de datos.

Otro método importante para el desarrollo de la investigación es aquel que permita iniciar a partir de una Hipótesis misma que será demostrada y sustentada a través de los cálculos, mediciones, formulas, reglas y definiciones que permitirán al grupo de trabajo demostrar si la hipótesis planteada es o no verdadera.

A más de esto otro punto importante dentro del desarrollo de la investigación previo a la implementación del sistema Híbrido es la obtención de toda la información disponible que permitan al grupo de investigadores estar capacitados acerca del proyecto que se llevará a cabo, guiándose tanto en libros, revistas, el internet y los artículos científicos sobre esta nueva forma de generación eléctrica.

10.1.2 Técnicas de investigación:

Luego del respectivo análisis de los métodos que ayudan al desarrollo del proyecto de investigación, cabe resaltar otro punto importante y sin el cual los métodos aplicados no estarían complementados así que se mencionará las técnicas que ayudaron al proceso

matemático y práctico del proyecto partiendo así desde la investigación de campo, debido a que antes de la implementación se realizó el estudio del recurso energético del lugar, a través de la recolección de los datos obtenidos del sistema meteorológico, para la implementación del sistema Híbrido que generará energía sustentable en la Hacienda “El Tambo”.

Así también se emplea otra técnica de investigación como es la observación debido a que se aprecia cada una de las necesidades en cuanto se refiere a la falta de energía eléctrica en las viviendas de los cuidadores de la Hacienda, escogiendo así una rápida solución al problema mediante el método inductivo, adquiriendo además un equipo totalmente eficiente durante la generación de energía.

Por último una de las técnicas de mayor relevación dentro del proyecto es la medición, para la obtención de los datos necesarios que ayudarán en la implementación del sistema híbrido, la cual se realizará con los instrumentos de medición meteorológicos que permitirá tener datos reales y confiables, mismos que permitirán el correcto dimensionamiento de los componentes del sistema.

10.1.3 Nivel de investigación

El nivel aplicado para este proyecto de investigación, es el experimental debido a que fue necesario medir cada uno de los parámetros de implementación como la velocidad del viento y la radiación solar en primera instancia de manera empírica, partiendo de allí tomar con exactitud los datos meteorológicos que tiene la zona para la generación energética en la hacienda “El Tambo”, de modo que el sistema híbrido pueda contribuir con la necesidad de cubrir la demanda energética y satisfacer las necesidades de los cuidadores que viven allí.

10.2 Diseño Experimental

10.2.1 Determinación de los recursos energéticos locales

Teniendo claro el problema que se ha planteado para el desarrollo de la investigación acerca de la ausencia de redes eléctricas en sectores totalmente aislados así como distantes procedemos al análisis de los recursos naturales que serán aprovechados del lugar, los mismos que son el viento y el sol y de esta manera determinar si los mismos son los idóneos para la implementación del sistema híbrido.

Para el análisis de estos dos recursos se tomaron los respectivos datos con los instrumentos de medición adecuados (Ver Figura 4 y 10) obteniendo los valores que se muestran en la tabla 4, demostrando así que las condiciones son las más apropiadas para la implementación del sistema antes mencionado dentro del cual se constata velocidades de viento variables dependiendo del mes que trate y en el caso del sol la variabilidad es poco significativa, los datos presentados son un resumen y promedios calculados de los Anexos A y B respectivamente.

Ahora bien en el siguiente cuadro tenemos un resumen del recurso eólico y solar presente en la Hacienda el Tambo en donde se muestra el promedio mensual de cada uno de los recursos mencionados durante el año, lo que nos hace pensar que el potencial de energía renovable es el adecuado para la implementación del mencionado sistema, debido a la ubicación geográfica del sector y al encontrarse el Ecuador en la línea equinoccial, a pesar de que el ambiente este nublado existe la emisión de radiación solar que es captada por los instrumentos de medición lo que le permite al sistema fotovoltaico funcionar y al contar con un aerogenerador de eje vertical cuando la fuerza del viento sea mínima este tomara esos valores y los aprovechara al máximo para generar energía eléctrica por lo tanto habrá abastecimiento constante de electricidad.

Tabla 7. Disponibilidad de los recursos renovables

Recursos Meses	Viento (m/s)	Sol (Wh/m²/día)
jul-15	8,1	4561,04
ago-15	8,8	4676,12
sep-15	7,8	4144,25
oct-15	7	4406,83
nov-15	5,3	4533,61
dic-15	5	4703,63
ene-16	5,6	4878,44
feb-16	8,7	3377,86
mar-16	7,7	4802,02
abr-16	7,1	4942,57
may-16	7,3	4551,34
jun-16	7,8	4664,91

Elaborado por: Los investigadores

10.2.2 Selección de los componentes del sistema energético Híbrido

Debido a la imposibilidad (por los costos) de llevar la energía de la Red Eléctrica Nacional a lugares distantes como son los páramos u otros que se encuentran aislados, la alternativa que se escoge fue en virtud de la posibilidad real de llevar la electrificación con fuentes renovables a la hacienda el Tambo tomando en cuenta la disponibilidad de que recursos energéticos se cuenta en el lugar (Ver Tabla 7), de esta manera se selecciona los siguientes elementos que formaran parte del sistema:

- ✓ Generador Eólico
- ✓ Panel Fotovoltaico
- ✓ Batería eléctrica
- ✓ Inversor eléctrico

Se despreciaron otras alternativas (Biomasa, hidráulica, etc.) debido a la poca o ninguna existencia de recursos que puedan mantener durante largo tiempo el sistema.

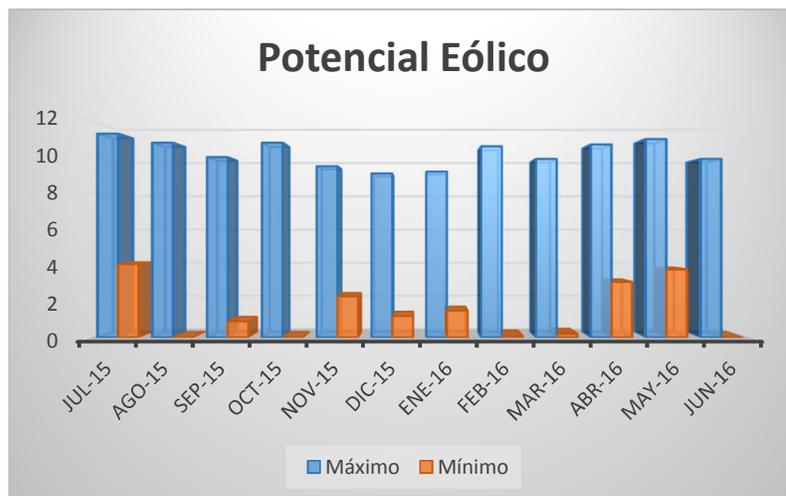
Una vez escogidos los elementos que formaran parte importante del Sistema Híbrido para generar electricidad basándose en los datos de las mediciones realizadas del potencial eólico y solar, se procede con los cálculos pertinentes para los respectivos dimensionamientos de los mismo y la correcta selección del potencial de generación, para suplir con la necesidad presente en la Hacienda el Tambo.

11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS:

De las mediciones realizadas del potencial eólico y solar presente en la Hacienda el Tambo, el análisis y cálculo de cada componente del Sistema Híbrido planteado en esta investigación, se realizó en base a los datos obtenidos de la velocidad del viento así como de la radiación solar (Ver tabla 7).

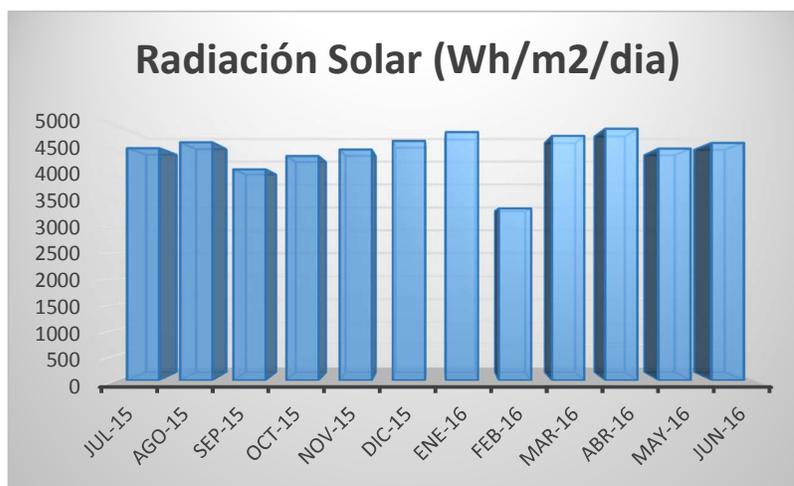
Continuando con la investigación se realizó un pequeño análisis a partir de los datos medidos donde se muestran las mediciones de todo un año del potencial renovable del lugar, indicando las variaciones que existen de cada uno de los recursos a ser aprovechados en cada mes del año, mostrados a continuación en las figuras 11 y 12 respectivamente

Figura 11. Potencial Eólico de la Hacienda el Tambo



Elaborado por: Los investigadores

Figura 12. Potencial Solar de la Hacienda el Tambo



Elaborado por: Los investigadores

En las dos graficas podemos hacer referencia que las condiciones ambientales durante el año en el sector cumplen con los requerimientos necesarios para la implementación y óptimo funcionamiento del Sistema Híbrido siendo los meses de Mayo y Julio los de mayor incidencia para la parte Eólica del sistema así como la poca variabilidad de la Radiación solar en los demás meses con excepción del mes de Febrero donde entraría en funcionamiento las baterías del sistema para bridar la autonomía del mismo en el caso de las bajas potencias de generación.

11.1 Dimensionamiento del sistema eólico

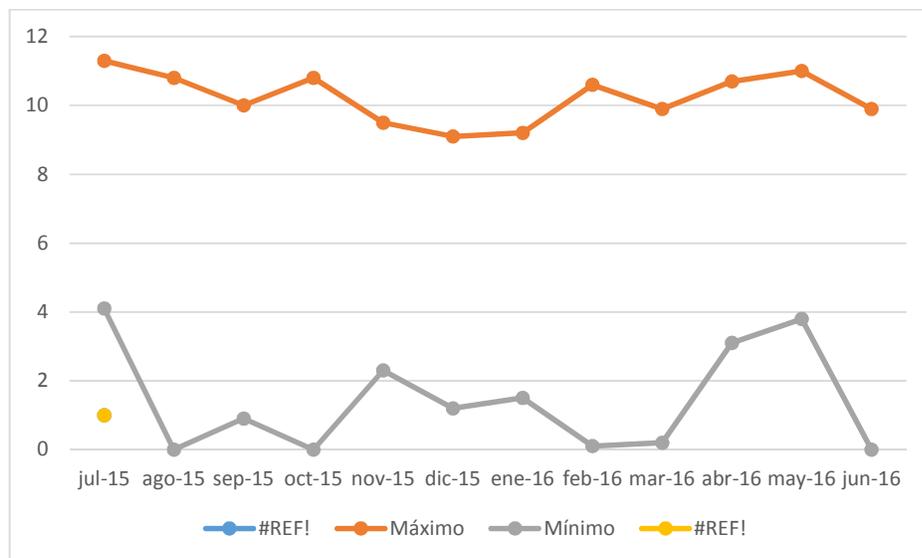
Para el correcto dimensionamiento del componente eólico que formará parte del sistema híbrido se toma en cuenta las mediciones del recurso mencionado, partiendo de los valores promedios del mismo, como se muestra en la tabla 8 y en la figura 13.

Tabla 8. Promedio de la velocidad del viento

Mes	Dirección	Promedio (m/s)	Máximo	Mínimo	Promedio
jul-15	SE	8,1	11,3	4,1	8,1
ago-15	W	8,8	10,8	0	8,8
sep-15	E	7,8	10	0,9	7,8
oct-15	SW	7	10,8	0	7
nov-15	E	5,3	9,5	2,3	5,3
dic-15	S	5	9,1	1,2	5
ene-16	NW	5,6	9,2	1,5	5,6
feb-16	W	8,7	10,6	0,1	8,7
mar-16	SE	7,7	9,9	0,2	7,7
abr-16	E	7,1	10,7	3,1	7,1
may-16	SE	7,3	11	3,8	7,3
jun-16	E	7,8	9,9	0	7,8
Promedio Anual					7,18

Elaborado por: Los Investigadores

Figura 13. Promedio velocidad de viento



Elaborado por: Los Investigadores

11.1.1 Dimensionamiento del sistema de energía solar y eólica

Tabla 9. Cálculos de la demanda energética

DEMANDA DE ENERGÍA DIARIA EN LA VIVIENDA						
Equipos	(Voltios)	Potencia	Cantidad	Potencia	Utilización	Energía
AC	(V)	(W)	(N)	Total	(h)	(Wh/día)
Radio	110	30W	1	30	4	120
Focos Led	110	9W	8	72	4	288
Subtotal				102		408
Consumo del inversor		10% del subtotal		10.2		40,8
TOTAL				112.2		448,8

Elaborado por: Los Investigadores

11.1.2 Promedio de Velocidad Total del Viento para la altura final a instalarse.

Mediante la ecuación 12 se obtuvo el valor de la rugosidad. Con la ayuda de la tabla 2: clases y de longitudes de rugosidad, se fijó que $hr = 0,04$, interpolando la longitud de rugosidad entre las clases 1 y 1,5 (0,03 – 0,055) en función de las características del paisaje en la zona de emplazamiento.

Tenemos que ($hr > 0,03$); entonces:

$$n = 3,912489289 + (hr)/\ln(3,3333333) \quad \text{Ecuación 12.8.13}$$

$$n = 3,912489289 + \ln(0,0425)/\ln(3,3333333)$$

$$n = 3,912489289 + (-2,6231)$$

$$n = 1,2893$$

Aplicando la ecuación 10 se calcula el promedio de la velocidad total del viento, considerando los valores que se ve en la tabla 7 para el siguiente cálculo:

Tabla 10. Datos para el cálculo del promedio de velocidad

Velocidad inicial	v_0	7,18 m/s
Altura inicial	h_0	1,9 m
Altura final de la torre	h	2,5 m
Rugosidad	n	1,2893

Elaborado por: Los Investigadores

$$v = v_0 \left(\frac{h}{h_0} \right)^n \quad \text{Ecuación 10.8.13}$$

$$v = 7,18 \frac{m}{s} \left(\frac{2,5}{1,9} \right)^{1,2893}$$

$$v = 10,23 \frac{m}{s}$$

Entonces se establece que a una altura de 2,5 metros de altura desde el suelo tendremos una velocidad promedio del viento en 10,23 m/s.

11.1.3 Dimensionamiento del aerogenerador

Para lo cual se deben seguir los siguientes pasos: Donde se calcula el área de barrido del rotor A:

$$A = \pi * \frac{D^2}{4} \quad \text{Ecuación 13.8.13}$$

$$A = \pi * \frac{(1,2m)^2}{4}$$

$$A = 1,13m^2$$

Luego se calcula la potencia en función del área de barrido con la ecuación:

$$\frac{P}{A} = \frac{1}{2} \rho V^3 \quad \text{Ecuación 14.8.13}$$

$$\frac{P}{A} = \frac{1}{2} * 0,8254 \frac{Kg}{m^3} * (10,23m)^3$$

$$\frac{P}{A} = 441,84 \frac{W}{m^2}$$

La potencia disponible del viento se calcula mediante la ecuación:

Reemplazando tenemos a (10,23 m/s)

$$P = \frac{1}{2} * 0,8254 \frac{Kg}{m^3} * 1,13m^2 \left(10,23 \frac{m}{s} \right)^3 \quad \text{Ecuación 14.8.13}$$

$$P = 499,3 W$$

La potencia eléctrica se calcula a través de la ecuación 16, como se muestra a continuación:

$$P_e = n * P \quad \text{Ecuación 16.8.13}$$

De acuerdo a la curva característica de los fabricantes de aerogeneradores la eficiencia será: $n = 95\%$

$$P_e = 0,95 * 499,3 W$$

$$P_e = 474,31 W$$

El cálculo de la potencia anual se utiliza la ecuación 18 como se muestra a continuación:

$$P_{GA} = \frac{P}{A} * A * (eficiencia) * (8640 h/a) * \left(\frac{1kW}{1000W}\right) \quad \text{Ecuación 18.8.13}$$

$$P_{GA} = 441,84 \frac{W}{m^2} * 1.13m^2 * 0,95 * (8640 h/a) * \left(\frac{1kW}{1000W}\right)$$

$$P_{GA} = 4098,08 \text{ kWh}$$

$$P_{GA} = 4,09 \text{ MWh}$$

11.2 Dimensionamiento del sistema Fotovoltaico

Para el correcto dimensionamiento del componente fotovoltaico que de igual manera que el anterior formara parte del sistema Híbrido se toma en cuenta las mediciones del recurso solar existente en el lugar, partiendo de los valores promedios del mismo, como se muestra en la tabla 11.

Tabla 11. Promedio de radiación solar

Mes	Radiación Solar (brillo solar) (horas)	Temperatura Ambiente (° C)	Total (Wh/m2/día)	Promedio (Wh/m2/día)
jul-15	4,68	9,4	4561,04	4561,04
ago-15	4,67	8,82	4676,12	4676,12
sep-15	4,29	8,25	4144,25	4144,25
oct-15	4,27	8,24	4406,83	4406,83
nov-15	4,05	9,29	4533,61	4533,61
dic-15	4,1	9,63	4703,63	4703,63
ene-16	4,52	9,66	4878,44	4878,44
feb-16	5,11	9,24	3377,86	3377,86
mar-16	4,34	8,55	4802,02	4802,02
abr-16	4,18	9,63	4942,57	4942,57
may-16	4,06	9,3	4551,34	4551,34
jun-16	4,1	9,63	4664,91	4664,91
Promedio Anual			4520,22	

Elaborado por: Los investigadores

11.2.1 Dimensionamiento de los paneles.

Estimación de pérdidas: Mediante la ecuación 2 se obtuvo el valor de rendimiento global

$$R_G = (1 - K_b - K_c - K_v) * \left(1 - \frac{K_a * D_A}{P_d}\right) \quad \text{Ecuación 2.8.7.1}$$

$$R_G = (1 - 0,05 - 0,005 - 0,05) * \left(1 - \frac{0,005 * 2}{0,8}\right)$$

$$R_G = 88,38 \%$$

Radiación del Lugar (G_D)= 4520,22 Wh/m²/día

Demanda de energía total del sistema (E_T)= 448,80 Wh/día

Rendimiento global (R_G)= 88,38

Aplicando la ecuación 3 se consiguió:

$$P_G = \frac{E_T}{R_G * G_d} [w] \quad \text{Ecuación 3.8.7.1}$$

$$P_G = \frac{448,8}{0,88 * 4,520} [w]$$

$$P_G = 112,34 [w]$$

Empleando la ecuación 4, el número de paneles será:

$$N_P = \frac{P_G}{P_N} \quad \text{Ecuación 4.8.7.1}$$

Donde P_N es la potencia del panel que vamos a usar en nuestro caso será de 120W.

$$N_P = \frac{112,34[W]}{120[W]} = 0,93$$

$$N_P = 1$$

Se deberá utilizar 1 panel de 120 W.

11.2.2 Dimensionamiento del Sistema de Acumulación.

Para el dimensionamiento del sistema de baterías, se calculó con los siguientes pasos:

Se calculó El rendimiento de la batería con la ecuación 21.

$$n_B = 100\% - K_b \quad \text{Ecuación 21.8.15.2}$$

$$n_B = 100\% - 01\%$$

$$n_B = 99\%$$

Energía diaria de acumulación requerida Q_M se aplicó la ecuación 22:

$$Q_M = \frac{E_T}{n_B} \left[\frac{Wh}{dia} \right] \quad \text{Ecuación 22.8.15.2}$$

$$Q_M = \frac{448,8}{99\%} \left[\frac{Wh}{dia} \right]$$

$$Q_M = 453,33 \left[\frac{Wh}{dia} \right]$$

Capacidad diaria de acumulación C_{DA} se obtuvo mediante la ecuación 23:

$$C_{DA} = \frac{Q_M}{V} \left[\frac{Ah}{dia} \right] \quad \text{Ecuación 23.8.15.2}$$

$$C_{DA} = \frac{453,33}{12} \left[\frac{Ah}{dia} \right]$$

$$C_{DA} = 37,77 \left[\frac{Ah}{dia} \right]$$

El valor de la profundidad de descarga PdD ,

$$PdH = 99\%$$

La capacidad total de la batería C_{TB} , se consiguió usando la ecuación 24, durante la investigación se analizó las variaciones de clima en el lugar del proyecto y determino un día de autonomía:

$$C_{TB} = \frac{C_{DA} * DA}{PdD} [Ah] \quad \text{Ecuación 24.9.15.2}$$

$$C_{TB} = \frac{37,77 * 1}{0,9} [Ah]$$

$$C_{TB} = 41,98 [Ah]$$

Aplicando la ecuación 25, se obtiene el número de baterías: donde se asume Capacidad de la batería que se va a utilizar es de 100 Ah.

$$N_B = \frac{C_{TB}}{C_{BUSAR}} \quad \text{Ecuación 25.8.15.2}$$

$$N_B = \frac{41,98 Ah}{100 Ah}$$

$$N_B = 0,42$$

Se deberá usar 1 batería, de 100Ah cada una. Para unos 2 días (48 horas) de autonomía.

11.2.3 Dimensionamiento del Inversor.

Se utilizará la ecuación 26 y la potencia total en AC ya calculada.

$$P_{inversor} = 1,25 * P_{TAC} [W] \quad \text{Ecuación 26.8.15.3}$$

$$P_{inversor} = 1,25 * 112,2 [W]$$

$$P_{inversor} = 140,25 [W]$$

Entonces se deberá usar un inversor de 800W como mínimo y máximo de 1000W

11.2.4 Dimensionamiento del Regulador (controlador).

Para dimensionar el regulador (controlador) se utilizará la ecuación 20:

$$I_R = 1,25 \frac{P_N * N}{V} [A] \quad \text{Ecuación 20.8.15.1}$$

$$I_R = 1,25 \frac{120 * 1}{20} [A]$$

$$I_R = 7,5 [A]$$

Entonces se utilizará un regulador de 10 A.

11.2.5 Dimensionamiento de los Conductores.

Para el dimensionamiento de los conductores se requiere las distancias entre cada uno de los componentes.

La corriente del regulador, se usará en las conexiones: panel – regulador.

$$I_R = 7,5[A]$$

Entonces se debe utilizar un calibre AWG número 12 proyectando a una caída de tensión. La conexión batería – inversor, se considerará la corriente requerida por $I_{inversor}$, mediante la ecuación 28.

$$I_{inversor} = \frac{P_{carga AC}}{V_{Bateria}} \quad \text{Ecuación 28.8.16}$$

$$I_{inversor} = \frac{448,8}{12}$$

$$I_{inversor} = 37 A$$

Entonces se debe utilizar un calibre AWG número 8 proyectando a una caída de tensión. La conexión inversor – breaker de carga AC, se considerará la corriente requerida por la carga AC, aplicando la ecuación 29.

$$I_{carga AC} = \frac{P_{carga AC}}{V_{AC}} \quad \text{Ecuación 29.8.16}$$

$$I_{carga AC} = \frac{448,8}{110}$$

$$I_{carga AC} = 4 A$$

Entonces se debe utilizar un calibre AWG número 14 proyectando a una caída de tensión

11.2.6 Cálculo de la potencia anual del panel solar

$$P_{AFV} = P_{FV} * H_d * 30,4 \frac{dias}{mes} * 12 meses \quad \text{Ecuación 20-8-18}$$

$$P_{AFV} = 0,12kW * 8 \frac{h}{dia} * 30,4 \frac{dias}{mes} * 12 meses$$

$$P_{AFV} = 350,21 \text{ kWh}$$

11.3 Selección de las capacidades de los equipos

Una vez que se han tomado las mediciones correspondientes del potencial eólico-solar del sector, así como también de la demanda energética de la vivienda, teniendo presente cada una de las necesidades en lo que es energía eléctrica se procede a la realización de los cálculos pertinentes para los dimensionamientos de los equipos y diferentes capacidades de ellos, que sean los adecuados para el óptimo funcionamiento y cobertura de la demanda de las viviendas de la Hacienda. En este caso (Ver Anexos G y H) los equipos son:

- Generador Eólico de eje vertical de 500W de potencia
- Panel Fotovoltaico de 120 W
- Controlador de carga de 40 A
- Baterías eléctricas: de 100 Ah.
- Inversor eléctrico de 1000 W

Cada uno de estos elementos trabajara constantemente en la generación de electricidad para cubrir con los requerimientos energéticos de las viviendas de los cuidadores de la Hacienda.

11.4 Diseño del diagrama unifilar del sistema Híbrido

Una vez conocido cada uno de los parámetros del rendimiento requerido, especificaciones técnicas y las características de cada uno de los equipos que forman parte del sistema híbrido de acuerdo a los cálculos realizados con anterioridad se realizó el diseño del mismo mediante un diagrama unifilar como se muestra en el plano del Anexo I, donde está configurado la conexión eléctrica de los generadores solar-eólico entre sí mediante conductores diferenciados (positivo-negativo), breakers, controlador de carga, visualizador de voltaje, batería y el inversor señalando como está conectado el sistema. (Ver Anexo G)

El diseño detallado para la implementación de cada uno de los componentes del sistema híbrido ya estudiados y descritos dentro del proyecto de investigación en sus conceptos y fórmulas para el dimensionamiento de los requerimientos técnicos y la ubicación de los mismos, previo a esto se realizó los respectivos planos de la instalación eléctrica de las viviendas tomando en cuenta la disponibilidad del espacio que se tiene en el lugar como se puede apreciar en el plano del Anexo J. donde se describe con detalle cada uno de los elementos que forman

el esquema eléctrico, para el electrificado de las viviendas y mantenimiento el mismo en el caso de ser necesario. (Ver Anexo H)

Así también contando con lo anterior se realizó un plano de los elementos que ayudan a la ubicación del aerogenerador como del panel solar estos son: la Torre y la base del panel, donde se especifica las medidas y datos exactos de los materiales de los que se los construyó para que aporten al desarrollo efectivo del proyecto (Ver Anexo K).

11.5 Instalación del Sistema de Generación Híbrida Eólico-Solar

11.5.1 Traslado de Materiales.

Los equipos del sistema (panel solar, aerogenerador, controlador, sistema de auto freno e inversor) fueron importados de Italia hasta la ciudad de Latacunga, donde se realizó las pruebas de funcionamiento de cada uno de los equipos.

Posteriormente se los transportó junto con la torre, caja de conexiones y todos los materiales necesarios a la Hacienda el Tambo para su implementación (Ver Anexo D)

11.5.2 Preparación del Terreno.

La preparación del terreno constituye en la limpieza de la maleza del área donde se colocara la base de la torre y nivelación del espacio, pues es necesario para la estabilidad y correcto levantamiento de la torre, así como se aprecia en el Anexo D

11.5.3 Levantamiento de la Torre e Instalación del Aerogenerador.

Para el levantamiento de la torre se realizó el siguiente proceso:

- 1) Armado de los alabes del aerogenerador de eje vertical que serán colocados luego en el alternador que ayudara a la generación eléctrica.
- 2) Acoplamiento del aerogenerador sobre la torre para su posterior verificación de estabilidad y levantamiento de la torre conjuntamente con el aerogenerador.
- 3) Cableado por el interior de los tubos de la torre, los cables positivo y negativo respectivamente.
- 4) Conexiones de las salidas del aerogenerador a los conductores que van al controlador y a la resistencia que será el autofreno del sistema.
- 5) El levantamiento de la torre.

- 6) Después del levantamiento se procedió al aseguramiento y ajuste de la base de la torre en la plancha de la base de hormigón por medio de pernos, tuercas y arandelas (planas y de presión).
- 7) Finalmente se procedió asegurar y a regular de la forma correcta el cable tensor en sus 3 respectivos anclajes, dejando así lista la torre donde está instalado el aerogenerador.
- 8) Cableado desde la caja de conexiones hacia la caja de distribución donde está ubicado la batería y el inversor.

11.5.4 Adecuación del Cableado

Basándonos en el diagrama unifilar y los planos realizados de las conexiones eléctricas del sistema híbrido así como del circuito eléctrico de las viviendas (Ver Anexos G y H) se procede al cableado de las mismas mediante el tendido de los cables por encima de las mismas y asegurándolos a las estructuras para que estas no se dañen o sufran algún tipo de deterioro, para esto se toma en cuenta las distancias pertinentes para la determinación de la cantidad de cable a emplearse durante la instalación eléctrica, y la realización de un mantenimiento como medida de seguridad por cualquier eventualidad que se presente cuando el sistema se encuentre energizado.

11.5.5 Instalación del Módulo Fotovoltaico.

Para la instalación de los paneles solares se realizó el siguiente procedimiento:

- 1) Se construyó una estructura rectangular, con las siguientes medidas; 110cm de largo x 68cm de ancho y 5 cm de alto, teniendo una inclinación de 20 grados para evacuación del agua del panel en caso de lluvia.
- 2) Ajustes y limpieza en la parte superior de la estructura, en la cual se instalaron los paneles.
- 3) Dimensionamiento del cableado para las conexiones eléctrica entre el panel y el controlador de carga. Para lo cual se usó conectores MC4 y su posterior conexión a la batería (Ver Anexo I).
- 4) Aseguramiento y colocación adecuada del módulo fotovoltaico.
- 5) Finalmente modulo fotovoltaico terminado listo para su funcionamiento.

11.5.6 Instalación del Banco de Baterías.

Para la correcta conexión de las baterías se realiza lo siguiente:

- 1) Conexión del cable en los conectores de cobre que van en los bornes de la batería.
- 2) Empalmes y aislamiento en los cables para la respectiva conexión del aerogenerador como del panel solar.
- 3) Instalación de los cables con sus respectivos empalmes y conectores de cobre en los polos de la batería
- 4) Finalmente banco de baterías listo para su correcto funcionamiento y transformación de CC a CA con ayuda del inversor.

11.5.7 Instalación de las protecciones del sistema.

Se instaló en la protección del panel y el aerogenerador al controlador un breaker de 60 A, y en la protección del inversor hacia los circuitos eléctricos de las viviendas un breaker de 16 A.

11.5.8 Instalación del controlador.

Para la instalación del controlador se procedió de la siguiente manera:

- 1) Se comprobó y se aseveró las especificaciones del controlador que coincida con el voltaje del panel solar, el aerogenerador y la batería.
- 2) Comprobación de voltaje en los terminales de los paneles solares y del aerogenerador.
- 3) Cableado de los terminales de los paneles, aerogenerador y banco de baterías.
- 4) Conexión de los terminales de cada uno de los elementos del sistema en las entradas específicas para cada uno dispuestas en el controlador.
- 5) Conexiones terminadas y correcto funcionamiento de los elementos del sistema.

11.5.9 Conexiones a Tierra.

- 1) Colocación a tierra de una Varilla Magnet 5/8* 1,80 metros (cooperwell), la misma que fue enterrada.
- 2) Toma del negativo general desde el controlador del sistema hacia la varilla de puesta a tierra.
- 3) Unión del cable y la varilla por medio del conector de cobre.

11.5.10 Pruebas de funcionamiento del sistema Híbrido instalado.

Las pruebas de funcionamiento del sistema se las realizó durante el transcurso de toda la instalación. Con el multímetro se midió y se comprobó las corrientes y voltajes de entrada y

de salida ya calculados anteriormente, dichos datos si cubren las necesidades requeridas del proyecto.

Las pruebas de funcionamiento ayudaron a verificar el correcto funcionamiento del banco de baterías y de la potencia entregada del sistema, la misma que es la necesaria para cubrir con la demanda energética expuesta en la Tabla 6 de las viviendas de los cuidadores de la Hacienda el Tambo.

11.6 Configuración del sistema

El sistema de generación Implementado se basa en el aprovechamiento del recurso eólico y fotovoltaico existente en la Hacienda.

Como otro punto adicional se puede mencionar que los sistemas Híbridos combinan ambas tecnologías, pero en el caso específico del eólico fotovoltaico en las condiciones de los páramos del Ecuador se puede lograr un mayor nivel de complementación. Esto se debe a que en los meses de Mayo y Junio de acuerdo a los datos obtenidos con el sistema meteorológico se registran las mayores velocidades de viento promedio (Ver figura 11). Y durante el mismo periodo de mediciones se registran los mayores valores de radiación solar en los meses de Enero y Abril los cuales son óptimos para la generación Eólica (Ver figura 12).

Por otra parte existen meses en el año en los cuales estas dos fuentes de generación presenta niveles muy bajos, es ahí donde el segundo propósito de este proyecto de investigación actúa, debido a que el aerogenerador no es el convencional de eje horizontal que generalmente se usa sino que cambia su configuración por el eje vertical para aprovechar incluso las velocidades más bajas existentes en el mencionado sector para así seguir suministrando energía eléctrica a las viviendas.

Cabe recalcar que al existir la presencia de estos niveles del recurso eólico sean bajos o altos ayuda, complementándose con el sistema fotovoltaico para disminuir la fluctuación en el suministro eléctrico y los beneficiarios de este sistema mantengan un abastecimiento eléctrico constante y confiable.

Los sistemas híbridos pueden tener múltiples configuraciones en función al porcentaje del potencial de generación para de esta manera todos y cada uno de los elementos pertenecientes al sistema logren suplir una demanda energética; con un nivel de calidad fijado por el usuario que se cuantifica la cantidad de energía en kW-h. El diseño se realiza a partir de

las variables planteadas en la hipótesis la cual partiendo de una problemática se intenta satisfacer una necesidad que al estar alejados de una red eléctrica no cuentan con este servicio.

11.7 Resultados

En el Anexo F se muestra el esquema del sistema híbrido eólico fotovoltaico diseñado para las viviendas de la Hacienda permitiendo así un pequeño análisis de los costos para la adquisición de los componentes del sistema, para decidir cuál es la más adecuada para las necesidades de los cuidadores del Tambo.

En la tabla que a continuación se muestra se observa la potencia de consumo que tienen las viviendas del Tambo. Debido a que cada uno de los cuidadores sale de la hacienda para su respectivo descanso son pocos los días donde la demanda de consumo alcanza niveles altos. Y por medio de estos datos se puede observar que el sistema de generación satisface con éxito la necesidad de energía eléctrica en las viviendas, demostrando así que el sistema puede abastecer una cantidad mayor de demanda en el caso de que a un futuro se aumentara la carga para la capacidad instalada con al que cuenta el Sistema Híbrido (Ver tabla 12).

Tabla 12. Consumo energético semanal

Días de la semana	Descripción	Consumo Energético			
		Cantidad (N)	Potencia (W)	Utilización (h)	Energía (Wh/día)
Lunes	Focos	7	9	10	630
	Cargador	0	0	0	0
	Radio	1	30	5	150
	Promedio día				780
Martes	Focos	6	9	8	432
	Cargador	1	3,5	4	14
	Radio	1	30	6	180
	Promedio día				626
Miércoles	Focos	5	9	12	540
	Cargador	0	0	0	0
	Radio	1	30	7	210
	Promedio día				750
Jueves	Focos	7	9	9	567
	Cargador	1	3,5	4	14
	Radio	1	30	6	180
	Promedio día				761
Viernes	Focos	6	9	10	540
	Cargador	0	0	0	0
	Radio	1	30	7	210
	Promedio día				750
Sábado	Focos	6	9	12	648

	Cargador	1	3,5	4	14
	Radio	1	30	6	180
			Promedio día		842
	Focos	8	9	7	504
Domingo	Cargador	1	3,5	4	14
	Radio	1	30	8	240
			Promedio día		758
Consumo Semanal					5267

Elaborado por: Los investigadores

Las mediciones tomadas luego de la instalación, dan como resultado los siguientes datos de consumo energético a la semana, teniendo un consumo promedio de 752,43 Wh/día y un consumo semanal que rodea los 5,27 kWh demostrando de esta manera que la carga instalada de 1000 W supe con la necesidad energética de las viviendas de los cuidadores de la hacienda el Tambo.

Además con los datos obtenidos y las mediciones respectivas se puede mencionar que la Hipótesis planteada con anterioridad ha sido demostrada y que mediante el uso de los respectivos métodos de investigación con el Inductivo – Deductivo, Hipotético y Técnicas como la Observación, la Medición y la investigación de campo se puede dar una pronta solución a un problema o satisfacer una necesidad.

11.8 Características del sistema seleccionado

Del total de la producción del potencial energético anual el sistema fotovoltaico aporta 80 % mientras que el eólico un 95 %.

Como se mencionó anteriormente el sistema híbrido cuenta con un módulo fotovoltaico SYSM de 120 Wp, un Inversor UKC de 1000 W, un aerogenerador de eje vertical DOMUS de 500 W de potencia nominal y 1 batería FirtsPower de 1000 Ah a 2 V.

Es de gran importancia actualmente hablar sobre la implementación de los sistemas híbridos que usan fuentes renovables de energía van abriéndose un camino más amplio dentro de la generación eléctrica y tienden cada vez a ser más competitivos tanto por el abaratamiento de la tecnología y bajos costos de mantenimiento, sin embargo la ventaja principal de estos sistemas es que son amigables con el medio ambiente, por tanto, es una fuente de energía sustentable a largo plazo.

12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS):

12.1 Los impactos económicos:

Los seres humanos hemos logrado prosperidad socioeconómica al desarrollar cada vez nuevas técnicas y tecnologías para extraer y utilizar los combustibles fósiles siendo estos el eje principal para el desarrollo tecnológico e industrial en muchas regiones del mundo. A su vez muchas otras personas defienden su punto de vista con respecto a la utilización de los sistemas energéticos no renovables sosteniéndose en que los combustibles fósiles siguen siendo mucho más factibles para la generación eléctrica que las fuentes de energía renovables.

Los defensores del medio ambiente y muchas otras organizaciones como por ejemplo las Naciones Unidas afirman que la energía renovable también puede tener un impacto económico positivo, poniendo como un claro ejemplo las fluctuaciones del precio en el mercado a las que no se ven propensas las energías renovables, como el petróleo o el gas natural, dando como otro punto a favor de las mismas que los sistemas de energía solar o eólica son capaces de suministrar energía a las zonas que se encuentran en desarrollo o tienen difícil acceso a una red eléctrica, lugares donde no se cuenta con los medios económicos o la infraestructura para utilizar combustibles fósiles.

Cabe recalcar que gran parte de los expertos predicen un aumento considerable de las inversiones en sistemas de energía renovable, puesto a que las mismas seguirán produciendo miles de empleos en todo el mundo.

12.2 Los impactos sociales

De acuerdo a los impactos económicos y ambientales mencionados con anterioridad acerca de los sistemas de energías renovables, el aumento del uso de energía sostenible probablemente tendrá importantes consecuencias sociales. Por ejemplo, el uso generalizado de los sistemas de energía renovable puede conducir a la disminución de las tasas de desempleo en algunas regiones.

Otros impactos sociales podrían incluir el mejoramiento en el estilo de vida de las personas que se encuentran en lugares aislados del abastecimiento de la energía eléctrica ya que a través de esto podrán contar con mejores métodos para la preparación de sus alimentos como las comodidades que ofrecen las telecomunicaciones de lo que ocurre en el mundo o en el país, y mejoras esperadas en materia de salud, ya que cada vez más ciudadanos ya no estarán expuestos a los desechos peligrosos y a las emisiones asociadas con los combustibles fósiles.

13. PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO:

13.1 Análisis de Factibilidad

13.1.1 Factibilidad Técnica

La propuesta proyectada sobre la implementación del sistema híbrido eólico-fotovoltaico para generar energía eléctrica cumple con la condición de factible desde el punto de vista técnico ya que los equipos requeridos con las especificaciones calculadas y los recursos tecnológicos que apoyaran al desarrollo de este proyecto existen en el mercado y se tiene un fácil acceso para su adquisición y posterior implementación.

13.1.2 Factibilidad Operativa

Desde un punto de vista operativo también cumple con la condición de factibilidad debido a que el lugar escogido para la implementación del sistema dentro de la Hacienda el Tambo cumple con los requerimientos físicos para la instalación así como también los recursos energéticos en el lugar son los más adecuados y óptimos para el funcionamiento del sistema híbrido.

13.1.3 Factibilidad Económica

El proyecto propuesto para la implementación en la hacienda “El Tambo” cumple a su vez en este último punto con la factibilidad ya que los costos de adquisición no son muy elevados y se puede adquirir fácilmente en el mercado a costos muy accesibles para los nuevos usuarios de estos sistemas de generación eléctrica.

Además se puede mencionar que cuando la persona no tiene acceso a la red eléctrica por la ubicación geográfica de su vivienda, según el Ministerio de Electricidad y Energías renovables (MEER) en su programa de Electrificación Rural, el costo de la instalación de proyectos con energías renovables en zonas Rurales y Aisladas tienen un costo que va desde los 170 mil hasta los 350 mil dólares siempre y cuando la cantidad de beneficiarios sea mayor a 10 familias, por tal razón no se invierte en lugares donde el número de personas no supera las 10 o en este caso 2 familias como en este caso.

También se puede decir que para obtener la viabilidad económica se realiza el análisis de flujo de caja durante un periodo de 15 años de vida útil del proyecto según la duración de la tarifa que establece el CONELEC. De este flujo de caja se evaluará dos herramientas financieras

como son el VAN (Valor Actual Neto) y la TIR (Tasa Interna De Retorno), indicadores usuales para el correcto análisis de este tipo de inversiones.

En la Tabla 13 se presenta el presupuesto de la instalación del sistema Híbrido en la hacienda el Tambo.

Tabla 13. Costo económico del Proyecto

Costos de equipos del sistema Híbrido.			
Cant.	Descripción	P. unitario	P. subtotal
1	Aerogenerador DOMUS 500W	975,00	975,00
1	Panel fotovoltaico de 12V SYSM 100 Watt.	280,00	280,00
1	Controladores ProEstar (40 A)	220,00	220,00
1	Batería FirstPower (12V)(100 Ah)	300,00	300,00
1	Inversor Portátil UKC (1000W)	140,00	140,00
1	Torre de 2,5m	160,00	160,00
Costos de componentes para la instalación			
2	Taype	0,70	1,40
5	Tomacorrientes polarizados	2,00	10,00
5	Interruptores	1,48	7,40
100m	Cable gemelo 14	0,80	80,00
8	Focos led 9w	3,85	27,72
1	Breaker de 16 Amperios	5,49	5,49
8	Boquillas	0,16	1,17
2	Cajas paso Rápido	17,88	35,76
1m	Riel din	5,40	5,40
50m	Cable Flexible 10	0,76	38,32
20	Terminales	0,15	3,00
8	Tornillo Colepato	0,02	0,16
10	Pernos 3/8x1,5"	0,05	0,50
1	Grapas de madera	1.50	1,50
Costos indirectos			
4	CDS	0,75	3,00
5	Lápices y borradores	0,40	2,00
6	Esferos	0,30	1,80
4	Carpetas	0,50	2,00
1	Resma de papel bon	3,40	3,40
4	Impresiones	0.10	6,00
Costo Total			\$ 2311,02

Elaborado por: Los Investigadores

13.1.4 Ingresos y Egresos del sistema Híbrido

De acuerdo al CONELEC en su Regulación no. CONELEC – 004/11 establece un valor de 40 centavos para el kilovatio hora de los proyectos fotovoltaicos que generan energía

eléctrica con el sol y de 9,13 centavos para el kilovatio hora de energía eólica que utiliza el viento para generar. Las tablas 14 y 15 presentan los ingresos económicos de la instalación híbrida, desde dos puntos de vista: el primero costo de energía eólica cuyo valor incrementa en cada año haciendo un análisis con datos históricos, es por eso que a pesar de que el rendimiento disminuya, los ingresos incrementan y el segundo en base al costo de la energía solar.

Tabla 14. Ingresos por instalación eólica

Año	Rendimiento	Ingresos	
		kWh	Total
0	0,00%	0	\$ -
1	100,00%	4098,08	\$ 382,35
2	99,30%	4069,39	\$ 393,82
3	98,60%	4012,42	\$ 405,64
4	97,90%	3928,16	\$ 417,81
5	97,20%	3818,17	\$ 430,34
6	96,50%	3684,54	\$ 443,25
7	95,80%	3529,79	\$ 456,55
8	95,10%	3356,83	\$ 470,24
9	94,40%	3168,84	\$ 484,35
10	93,70%	2969,21	\$ 498,88
11	93,00%	2761,36	\$ 513,85
12	92,30%	2548,74	\$ 529,26
13	91,60%	2334,64	\$ 545,14
14	90,90%	2122,19	\$ 561,50
15	90,20%	1914,22	\$ 578,34

Elaborado por: Los investigadores

Tabla 15. Ingresos por instalación solar

Año	Rendimiento	Ingresos	
		kWh	Total
0	0,00%	0	\$ -
1	100,00%	350,21	\$ 140,19
2	99,30%	347,76	\$ 144,39
3	98,60%	342,89	\$ 148,73
4	97,90%	335,69	\$ 153,19
5	97,20%	326,29	\$ 157,78
6	96,50%	314,87	\$ 162,52
7	95,80%	301,65	\$ 167,39
8	95,10%	286,86	\$ 172,41
9	94,40%	270,80	\$ 177,59
10	93,70%	253,74	\$ 182,91
11	93,00%	235,98	\$ 188,40
12	92,30%	217,81	\$ 194,05
13	91,60%	199,51	\$ 199,88
14	90,90%	181,36	\$ 205,87
15	90,20%	163,58	\$ 212,05

Elaborado por: Los Investigadores

La tabla 16 presenta los egresos anuales por mantenimiento preventivo del sistema híbrido para mantenerlo en óptimas condiciones.

Tabla 16. Egresos de mantenimiento preventivo

Año	Egresos			
	Inversión	Mantenimiento	Transporte	Total
0	\$ 2.311,02	\$ -	\$ -	\$ 2.311,02
1	\$ -	\$ 20,00	\$ 50,00	\$ 70,00
2	\$ -	\$ 20,60	\$ 51,50	\$ 72,10
3	\$ -	\$ 21,22	\$ 53,05	\$ 74,26
4	\$ -	\$ 21,85	\$ 54,64	\$ 76,49
5	\$ -	\$ 22,51	\$ 56,28	\$ 78,79
6	\$ -	\$ 23,19	\$ 57,96	\$ 81,15
7	\$ -	\$ 23,88	\$ 59,70	\$ 83,58
8	\$ -	\$ 24,60	\$ 61,49	\$ 86,09
9	\$ -	\$ 25,34	\$ 63,34	\$ 88,67
10	\$ -	\$ 26,10	\$ 65,24	\$ 91,33
11	\$ -	\$ 26,88	\$ 67,20	\$ 94,07
12	\$ -	\$ 27,68	\$ 69,21	\$ 96,90
13	\$ -	\$ 28,52	\$ 71,29	\$ 99,80
14	\$ -	\$ 29,37	\$ 73,43	\$ 102,80
15	\$ -	\$ 30,25	\$ 75,63	\$ 105,88

Elaborado por: Los investigadores

Tabla 17. Flujo de caja por Instalación Eólica

Año	Cash Flow
0	\$
1	\$ 312,35
2	\$ 321,72
3	\$ 331,38
4	\$ 341,32
5	\$ 351,55
6	\$ 362,10
7	\$ 372,97
8	\$ 384,15
9	\$ 395,68
10	\$ 407,55
11	\$ 419,78
12	\$ 432,36
13	\$ 445,34
14	\$ 458,70
15	\$ 472,46

Elaborado por: Los investigadores

Tabla 18. Flujo de caja por Instalación Solar

Año	Cash Flow
0	\$
1	\$ 70,19
2	\$ 72,29
3	\$ 74,47
4	\$ 76,70
5	\$ 78,99
6	\$ 81,37
7	\$ 83,81
8	\$ 86,32
9	\$ 88,92
10	\$ 91,58
11	\$ 94,33
12	\$ 97,15
13	\$ 100,08
14	\$ 103,07
15	\$ 106,17

Elaborado por: Los investigadores

Observando en las tablas 17 y 18 tenemos el flujo de caja del proyecto implementado, con una vida útil del proyecto de 15 años. Finalmente se obtiene los valores de VAN y TIR que definirán la rentabilidad del proyecto en mención.

Sistema Eólico		Sistema Solar	
TIR	13,27%	TIR	-6,07%
VAN	\$ 486,92	VAN	\$ -1.641,56

De acuerdo al cálculo del TIR y el VAN, conviene hacer el Sistema Eólico dado que me da un retorno mayor al mercado 10%, por otro lado, no conviene hacer el Sistema Fotovoltaico dado que da un retorno menor al del mercado 9%

Realizando el análisis por separado de cada uno de los dos el Sistema Eólico es el que conviene hacer dado que tiene un VAN mayor que el Sistema Fotovoltaico, pero al ser un sistema que combina los dos recursos para la generación eléctrica, este análisis sirve para decidir que el sistema Híbrido es rentable para su implementación, además de recalcar que este proyecto es de Servicio Social para dos familias ubicadas en un sector aislado de la red eléctrica.

14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

14.1 Conclusiones

- De acuerdo al análisis realizado se concluye que el recurso solar que tiene la zona es de 4719,61 (Wh/m²/día) y el recurso eólico es de 8,2 m/s a una altura de 3 metros sobre el nivel del suelo, los mismos que son aptos para la realización del diseño e implementación que cubren el requerimiento energético en las viviendas de la Hacienda El Tambo que tienen un consumo de 448,80 (Wh/día) diariamente.
- En base a los cálculos realizados en la propuesta se requiere de un panel fotovoltaico de 100 vatios, un aerogenerador de 500 vatios de eje vertical, un batería de gel de 100Ah, un controlador de carga de 40 Amperios y un inversor de 1000 vatios, mismos que interactuando entre sí generan un promedio de 1000 vatios de potencia al día.
- Finalmente se concluye que el aerogenerador de eje vertical es el más adecuado para lugares con condiciones similares a las del Tambo para el aprovechamiento máximo de la velocidad del viento para poder transformar la energía eólica en energía eléctrica complementado por un panel solar que es beneficiosa para el alumbrado de la vivienda

14.2 Recomendaciones

- Para aprovechamiento máximo de la radiación solar con paneles fotovoltaicos es necesario realizar una estructura automatizada que pueda seguir el direccionamiento del sol consiguiendo que el mismo incida perpendicularmente hacia la superficie para así tener eficiencia en rendimiento energético.
- Una vez que el usuario cuenta con electricidad y desee adquirir más electrodomésticos para su uso se recomienda instalar otros aerogeneradores o paneles solares según la necesidad para aumentar la potencia instalada del sistema.
- Para la implementación del aerogenerador es necesario realizar el armado de las partes en lugares donde no este expuesto a viento para evitar accidentes con las hélices ya que podrían girar al momento del armado.
- Es necesario realizar mantenimiento preventivo de los generadores de acuerdo a la necesidad siguiendo el procedimiento descrito en cada uno de los manuales esto permite un rendimiento más favorable y ventajoso.

15. BIBLIOGRAFÍA

Páginas web

- Cabaleri. (2013). Estación Meteorológica USB WS-2080, México, Fastdomain, Recuperado de <http://www.cabaleri.com/estacion-meteorologica/estacion-meteorologica-usb-ws-2080.html>
- Conrado, (2011), Estimación de la energía producida por un aerogenerador, Cuba, Recuperado de: <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Energia/Energia54/HTML/articulo03.htm>
- Conrado, (2012) Una, dos tres... ¿cuántas palas?, Cuba, Cubasolar, Recuperado de <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Energia/Energia57/HTML/articulo03.htm>
- Cursolar, (2005), Elementos panel fotovoltaico, España, Ujaen, Recuperado de https://www.ujaen.es/investiga/solar/07cursosolar/home_main_frame/04_componen/01_generator/01_basico/images/elem_panel.gif
- Eliseo, S. (2013), Angulo de inclinación, Perú, EliseoSebastian, Recuperado de <http://eliseosebastian.com/wp-content/uploads/2013/08/inclinacion.jpg>
- Gonzales (2015) Energía Eólica – Tipos de Turbinas de Viento, Utha, Gstriatum, Recuperado de <http://www.gstriatum.com/energiasolar/blog/2015/01/08/energia-eolica-tipos-de-turbinas-de-viento/>
- Likin, (2011), Diferentes fuentes renovables, Nicaragua, Swirly Blue Abstract, Recuperado de: <http://fuentesrenovables.blogspot.com/2008/11/clulasfotovoltaicas.html>
- MEER. (2013). Atlas Solar del Ecuador. Biblioteca Conelec. Recuperado de: http://www.conelec.gob.ec/archivos_articulo/Atlas.pdf
- Novo R, (2003) Sistema Híbrido eólico fotovoltaico. Cuba, Cubasolar Recuperado de: <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Energia/Energia18/HTML/articulo03.htm>
- Orbegozo C, (2010) Manual técnico para instalaciones domiciliarias. US, Recuperado de: http://energiaverde.pe/wp.content/uploads/2010/06/Manual_ES_Fotovoltaica.pdf.
- SANA-INT (2013) Cuanta Energía nos da cada Panel Solar?, Florida, Sana, Recuperado de <http://www.sana-int.com/ecology/calculando.php>

Sánchez (2007) Partes de un aerogenerador. Texas. UV, Obtenido de Google:
<http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/32733/1/sanchezdionisionorberto.pdf>

Libros

Herrera V. (2011). Sistema Híbrido Eólico-Fotovoltaico para la generación de energía eléctrica en el Departamento de Turismo del Ilustre Municipio de Baños de Agua Santa. (Ingeniería) Universidad Técnica de Ambato

Hidalgo J. & Toapanta S. (2014). Análisis e implementación de una pico central híbrida solar eólica para generar 500w en la hacienda “La Merced” ubicada en el barrio santa Ana del Pedregal, (Ingeniería). Universidad Técnica de Cotopaxi.

Izquierdo, F. (2008) Atlas solar del ecuador con fines de generación eléctrica, Quito-Ecuador, Ediciones CIE

Jara, W. (2006) Introducción a las Energías Renovables No Convencionales, Santa Rosa-Chile, Ediciones Endesaeco

Julieta, S., Gonzalo, P., & Carlos., H. (2008.). Energías renovables y eficiencia energética. (Primera edición).

León, E. & Tigse, W. (2013). Diseño e instalación de un sistema de captación de radiación solar para suplir de energía a un emplazamiento de vivienda en la laguna de Rasocochoa, reserva ecológica del ángel, Carchi. (Ingeniería). Universidad Técnica de Cotopaxi.

María, F. S. (2010). Fem Compendio de energía solar fotovoltaica, térmica y termoeléctrica. . Madrid – España.

Moncada, J. (2004). Ecuador: un país en transición. Loja, Ediciones Gallor Rojo.

Moro, M. (2010) Instalaciones solares fotovoltaicas, Madrid-España, Ediciones Parafino S.A

Mosquera, P. (2007). Energías Renovables Para Todos: Eólica. Ediciones Haya.

Tocte W. (2014). Diseño e implementación de un Sistema de Generación Eléctrico Híbrido, Mediante el Uso de Energías Solar-Eólica, para la Extracción de Agua Subterránea para el Abrevadero de la Villa Totoras, (Ingeniería) Universidad Técnica de Cotopaxi

ANEXOS

Anexo A	Mediciones de Velocidad del viento tomado en el sector de El Tambo Promedio de datos del mes de Julio 2015	1/1
---------	--	-----

Número de datos	Fecha	Promedio al día (m/s)	Máximo al día (m/s)	Mínimo al día (m/s)	Dirección	Promedio al mes (m/s)
1	01/07/2015	7,5	10,2	3,4	SW	8,1
2	02/07/2015	6,7	9,2	1,7	SE	8,1
3	03/07/2015	7,9	12,2	2,7	SE	8,1
4	04/07/2015	7,6	9,8	2	SE	8,1
5	05/07/2015	5,3	6,8	3,7	SE	8,1
6	06/07/2015	8,7	11,6	5,8	SE	8,1
7	07/07/2015	12,5	13,3	7,1	SE	8,1
8	08/07/2015	9,5	15	2,7	SE	8,1
9	09/07/2015	9,2	12,2	4,1	SE	8,1
10	10/07/2015	8,5	9,5	4,4	SE	8,1
11	11/07/2015	8,4	10,5	3,4	S	8,1
12	12/07/2015	8,7	13,3	4,4	SW	8,1
13	13/07/2015	9,8	14,6	6,5	SW	8,1
14	14/07/2015	6,6	10,2	3,4	S	8,1
15	15/07/2015	7,9	11,8	1,7	SW	8,1
16	16/07/2015	8,3	11,8	1,7	SW	8,1
17	17/07/2015	6,5	14,4	2,4	SW	8,1
18	18/07/2015	6,9	11,6	1,4	SW	8,1
19	19/07/2015	9,7	13,6	5,1	SW	8,1
20	20/07/2015	7,5	11,9	2,4	SSW	8,1
21	21/07/2015	9,3	12,2	6,1	SW	8,1
22	22/07/2015	5,6	8,5	2,4	SW	8,1
23	23/07/2015	8,9	9,4	1,4	NE	8,1
24	24/07/2015	7,3	10,5	3,7	NE	8,1
25	25/07/2015	8,8	16,8	2,4	N	8,1
26	26/07/2015	8,3	15	3,7	SW	8,1
27	27/07/2015	8,6	13,9	1	SW	8,1
28	28/07/2015	7,8	17,8	3,4	SSW	8,1
29	29/07/2015	6,1	9,2	3,4	SW	8,1
30	30/07/2015	9,2	13,9	5,1	N	8,1
31	31/07/2015	7,5	10,2	3,4	SE	8,1
	Promedio	8,1	11,3	4,1		

Anexo A	Mediciones de Velocidad del viento tomado en el sector de El Tambo Promedio de datos del mes de Agosto 2015	½
---------	---	---

Número de datos	Fecha	Promedio al día (m/s)	Máximo al día (m/s)	Mínimo al día (m/s)	Dirección	Promedio al mes (m/s)
1	01/08/2015	6,7	8,2	0	SE	8,8
2	02/08/2015	7,6	9,1	0	SE	8,8
3	03/08/2015	7,8	9,3	0,5	SEE	8,8
4	04/08/2015	8,9	12	0	SEE	8,8
5	05/08/2015	10,6	12,1	0	SW	8,8
6	06/08/2015	12,5	14	0	SW	8,8
7	07/08/2015	7,4	12	0	SSW	8,8
8	08/08/2015	9,3	10,8	0	SW	8,8
9	09/08/2015	5,4	10	0	SW	8,8
10	10/08/2015	7,6	10	0	NE	8,8
11	11/08/2015	8,4	10	0	NE	8,8
12	12/08/2015	6,9	9	0	N	8,8
13	13/08/2015	10,6	12,1	0,7	SW	8,8
14	14/08/2015	7,2	10	0,7	SE	8,8
15	15/08/2015	9,6	11,1	0,7	SE	8,8
16	16/08/2015	5,7	9	0	SSE	8,8
17	17/08/2015	8,7	10,2	0,3	N	8,8
18	18/08/2015	6,9	8,4	0	NE	8,8
19	19/08/2015	12,3	12	0	NE	8,8
20	20/08/2015	12,7	14,2	0	NE	8,8
21	21/08/2015	7,3	8,8	0	SW	8,8
22	22/08/2015	9,2	10,7	0	SW	8,8
23	23/08/2015	8,2	9,7	0	SSW	8,8
24	24/08/2015	9,4	10,9	0	SW	8,8
25	25/08/2015	8,2	9,7	0	SW	8,8
26	26/08/2015	9,2	10,7	0	NE	8,8
27	27/08/2015	14,2	15,7	0	NE	8,8
28	28/08/2015	5,2	9	0	N	8,8
29	29/08/2015	7,4	9,9	0	N	8,8
30	30/08/2015	6,7	8,2	0	NE	8,8
31	31/08/2015	5,2	9	0	N	8,8
	Promedio	8,8	10,8	0		

Anexo A	Mediciones de Velocidad del viento tomado en el sector de El Tambo Promedio de datos del mes de Septiembre 2015	1/3
---------	---	-----

Número de datos	Fecha	Promedio al día (m/s)	Máximo al día (m/s)	Mínimo al día (m/s)	Dirección	Promedio al mes (m/s)
1	01/09/2015	6,6	8,1	0,3	SW	7,8
2	02/09/2015	9,2	10,7	0,3	SE	7,8
3	03/09/2015	5,7	10	0,3	SE	7,8
4	04/09/2015	6,9	12	0,3	SE	7,8
5	05/09/2015	8,3	9,8	2	SE	7,8
6	06/09/2015	8,4	9,9	2,5	SE	7,8
7	07/09/2015	8,3	9,8	4	SE	7,8
8	08/09/2015	6,1	7,6	2	SE	7,8
9	09/09/2015	7,2	8,7	3	SE	7,8
10	10/09/2015	9,6	10	4	SE	7,8
11	11/09/2015	10	10	0,6	S	7,8
12	12/09/2015	6,3	11	0,6	SW	7,8
13	13/09/2015	7,2	8,7	0,6	SW	7,8
14	14/09/2015	8,2	9,7	0,6	S	7,8
15	15/09/2015	7,6	9,1	0,7	SW	7,8
16	16/09/2015	8,9	10,4	0	SW	7,8
17	17/09/2015	10,2	11,7	0,3	SW	7,8
18	18/09/2015	8,9	10,4	0	SW	7,8
19	19/09/2015	5,9	12	0	S	7,8
20	20/09/2015	6,7	11	3	SE	7,8
21	21/09/2015	8,3	9,8	0	SE	7,8
22	22/09/2015	7,5	9	1,2	SE	7,8
23	23/09/2015	6,2	12	0	SE	7,8
24	24/09/2015	8,9	10,4	0	SE	7,8
25	25/09/2015	9,2	10,7	0	SE	7,8
26	26/09/2015	6	9	0	SE	7,8
27	27/09/2015	8,4	9,9	0,2	SE	7,8
28	28/09/2015	6,7	8	0,2	SW	7,8
29	29/09/2015	8,2	9,7	0,2	NNW	7,8
30	30/09/2015	8,5	10	0	N	7,8
	Promedio	7,8	10,0	0,9		

Anexo A	Mediciones de Velocidad del viento tomado en el sector de El Tambo					1/4
Promedio de datos del mes de Octubre 2015						
Número de datos	Fecha	Promedio al día (m/s)	Máximo al día (m/s)	Mínimo al día (m/s)	Dirección	Promedio al mes (m/s)
1	01/10/2015	5,2	11,2	0	SE	7,0
2	02/10/2015	4,9	10,2	0	SW	7,0
3	03/10/2015	5,4	10,9	0,3	SW	7,0
4	04/10/2015	4,2	8,8	0,3	S	7,0
5	05/10/2015	4,5	6,5	0,3	SE	7,0
6	06/10/2015	8,7	11,6	0,3	SE	7,0
7	07/10/2015	9,6	13,3	0,3	SE	7,0
8	08/10/2015	6,1	9,5	0,3	SW	7,0
9	09/10/2015	6,1	9,5	0	NW	7,0
10	10/10/2015	7	9,5	0	SW	7,0
11	11/10/2015	3,2	10,5	0	NW	7,0
12	12/10/2015	8,7	13,3	0	SE	7,0
13	13/10/2015	9,8	14,6	0,1	SE	7,0
14	14/10/2015	6,3	10,2	0,1	SE	7,0
15	15/10/2015	5,7	7,8	0,1	SE	7,0
16	16/10/2015	5,7	7,8	0,1	SE	7,0
17	17/10/2015	5,7	7,5	0,1	N	7,0
18	18/10/2015	8,3	11,6	0,1	NE	7,0
19	19/10/2015	9,7	13,6	0	NE	7,0
20	20/10/2015	7,5	11,9	0	NE	7,0
21	21/10/2015	9,3	12,2	0	SW	7,0
22	22/10/2015	4,6	8,2	0,6	SW	7,0
23	23/10/2015	4	6,1	0,6	SW	7,0
24	24/10/2015	7,3	10,5	0,6	SW	7,0
25	25/10/2015	9,9	13,9	0	SW	7,0
26	26/10/2015	9,6	13,9	0	NE	7,0
27	27/10/2015	8,5	12,2	0,2	NE	7,0
28	28/10/2015	5,7	9,2	0	N	7,0
29	29/10/2015	8,8	13,9	0	N	7,0
30	30/10/2015	9,3	12,2	0	SE	7,0
31	31/10/2015	6,3	12,6	0	SE	7,0
	Promedio	7,0	10,8	0		

Anexo A	Mediciones de Velocidad del viento tomado en el sector de El Tambo					1/5
Promedio de datos del mes de Noviembre 2015						
Número de datos	Fecha	Promedio al día (m/s)	Máximo al día (m/s)	Mínimo al día (m/s)	Dirección	Promedio al mes (m/s)
1	01/05/2015	6,1	11,6	2,4	SE	5,3
2	02/05/2015	7,3	11,2	4,4	SE	5,3
3	03/05/2015	5,7	9,5	2,4	SE	5,3
4	04/05/2015	6,6	11,2	3,4	SE	5,3
5	05/05/2015	6,5	11,9	3,1	SE	5,3
6	06/05/2015	6,8	10,2	3,7	SE	5,3
7	07/05/2015	6,1	10,2	3,1	NW	5,3
8	08/05/2015	7,1	10,5	3,1	SW	5,3
9	09/05/2015	3,7	8,8	0,3	SW	5,3
10	10/05/2015	2,3	5,1	0	S	5,3
11	11/05/2015	2,4	5,8	0	SE	5,3
12	12/05/2015	1,6	5,4	0	SE	5,3
13	13/05/2015	2,3	7,1	0	SE	5,3
14	14/05/2015	2,1	5,8	0	SW	5,3
15	15/05/2015	5,5	8,5	2,7	SW	5,3
16	16/05/2015	5,5	8,5	2,7	SE	5,3
17	17/05/2015	5,7	8,8	2,4	N	5,3
18	18/05/2015	8,1	11,6	4,8	NE	5,3
19	19/05/2015	5,1	9,5	1,4	NE	5,3
20	20/05/2015	7,5	13,9	3,1	NE	5,3
21	21/05/2015	5,2	7,8	2,4	SW	5,3
22	22/05/2015	6,3	12,6	1,4	SW	5,3
23	23/05/2015	5,4	10,9	2,7	SW	5,3
24	24/05/2015	5	10,2	2	SW	5,3
25	25/05/2015	5,4	9,5	1,7	SW	5,3
26	26/05/2015	5,3	8,2	3,4	NE	5,3
27	27/05/2015	5	10,2	2	NE	5,3
28	28/05/2015	8,1	11,6	4,8	N	5,3
29	29/05/2015	5,1	9,5	1,4	N	5,3
30	30/05/2015	5,3	8,2	3,4	N	5,3
	Promedio	5,3	9,5	2,3		

Anexo A	Mediciones de Velocidad del viento tomado en el sector de El Tambo Promedio de datos del mes de Diciembre 2015					1/6
Número de datos	Fecha	Promedio al día (m/s)	Máximo al día (m/s)	Mínimo al día (m/s)	Dirección	Promedio al mes (m/s)
1	01/12/2015	5,7	10,5	2,4	SW	5,0
2	02/12/2015	7,5	11,2	4,4	SE	5,0
3	03/12/2015	5,4	9,5	2,4	SE	5,0
4	04/12/2015	6,8	11,2	3,4	SE	5,0
5	05/12/2015	6,4	11,9	3,1	SE	5,0
6	06/12/2015	7	10,2	3,7	SE	5,0
7	07/12/2015	6,3	10,5	3,1	SE	5,0
8	08/12/2015	7	10,2	3,1	SE	5,0
9	09/12/2015	3,1	8,5	0,3	SE	5,0
10	10/12/2015	2,7	4,8	0	SE	5,0
11	11/12/2015	5	10,2	2	S	5,0
12	12/12/2015	5,4	9,5	1,7	SW	5,0
13	13/12/2015	5,3	8,2	3,4	SW	5,0
14	14/12/2015	5	10,2	2	S	5,0
15	15/12/2015	3,6	7,1	0	SW	5,0
16	16/12/2015	3,6	7,1	0	SW	5,0
17	17/12/2015	4,1	8,5	2,4	SW	5,0
18	18/12/2015	4,2	8,8	0,7	SW	5,0
19	19/12/2015	1	4,1	0	S	5,0
20	20/12/2015	3,2	7,1	0	SE	5,0
21	21/12/2015	1,1	3,1	0	SE	5,0
22	22/12/2015	3,1	6,1	0	SE	5,0
23	23/12/2015	4,8	8,2	2,7	SE	5,0
24	24/12/2015	6,4	8,8	3,4	SE	5,0
25	25/12/2015	6,7	10,5	2,4	SE	5,0
26	26/12/2015	7,4	11,6	3,4	SE	5,0
27	27/12/2015	4,7	10,2	1,4	SE	5,0
28	28/12/2015	7,5	13,9	2,4	SW	5,0
29	29/12/2015	4,9	9,9	1,4	NW	5,0
30	30/12/2015	5,1	9,9	2,7	N	5,0
31	31/12/2016	4,9	9,9	1,4	N	5,0
	Promedio	5,0	9,1	1,2		

Anexo A	Mediciones de Velocidad del viento tomado en el sector de El Tambo Promedio de datos del mes de Enero 2016	1/7
---------	--	-----

Número de datos	Fecha	Promedio al día (m/s)	Máximo al día (m/s)	Mínimo al día (m/s)	Dirección	Promedio al mes (m/s)
1	01/01/2016	6,7	10,5	1,4	SE	5,6
2	02/01/2016	7,5	11,2	0,6	SE	5,6
3	03/01/2016	6,4	9,5	2,4	SEE	5,6
4	04/01/2016	7,9	11,2	0	SEE	5,6
5	05/01/2016	6,4	11,9	0	SE	5,6
6	06/01/2016	7	10,2	2,5	SE	5,6
7	07/01/2016	6,3	10,5	2,1	NW	5,6
8	08/01/2016	7	10,2	3,1	NW	5,6
9	09/01/2016	5,7	8,5	0	NW	5,6
10	10/01/2016	3,7	4,8	0	SW	5,6
11	11/01/2016	7	10,2	2	NW	5,6
12	12/01/2016	6,2	9,5	1,7	SE	5,6
13	13/01/2016	5,3	8,2	3,4	SE	5,6
14	14/01/2016	5	10,2	2	SE	5,6
15	15/01/2016	5,1	7,1	0	SE	5,6
16	16/01/2016	4,3	7,1	0	SSE	5,6
17	17/01/2016	4,1	8,5	2,4	N	5,6
18	18/01/2016	4,2	8,8	0,7	NE	5,6
19	19/01/2016	2,8	4,1	0	NE	5,6
20	20/01/2016	4,6	7,1	0	NE	5,6
21	21/01/2016	2,1	3,1	0	SW	5,6
22	22/01/2016	3,1	6,1	0	SW	5,6
23	23/01/2016	4,8	8,2	2,7	SSW	5,6
24	24/01/2016	6,4	8,8	3,1	SW	5,6
25	25/01/2016	7,9	10,5	2,4	SW	5,6
26	26/01/2016	7,4	11,6	3,4	NE	5,6
27	27/01/2016	5,8	10,2	1,4	NE	5,6
28	28/01/2016	7,5	13,9	2,4	N	5,6
29	29/01/2016	5,2	9,9	1,4	N	5,6
30	30/01/2016	5,1	9,9	2,7	SE	5,6
31	31/01/2016	6,3	12,6	1,4	SE	5,6
	Promedio	5,6	9,2	1,5		

Anexo A	Mediciones de Velocidad del viento tomado en el sector de El Tambo Promedio de datos del mes de Febrero 2016	1/8
---------	--	-----

Número de datos	Fecha	Promedio al día (m/s)	Máximo al día (m/s)	Mínimo al día (m/s)	Dirección	Promedio al mes (m/s)
1	01/02/2016	6,7	8,2	0	SE	8,7
2	02/02/2016	7,6	9,1	0	SE	8,7
3	03/02/2016	7,8	9,3	0,5	SEE	8,7
4	04/02/2016	8,9	12	0	SEE	8,7
5	05/02/2016	10,6	12,1	0	SE	8,7
6	06/02/2016	12,5	14	0	SE	8,7
7	07/02/2016	7,4	12	0	NW	8,7
8	08/02/2016	9,3	10,8	0	NW	8,7
9	09/02/2016	5,4	10	0	NW	8,7
10	10/02/2016	7,6	10	0	SW	8,7
11	11/02/2016	8,4	10	0	NW	8,7
12	12/02/2016	6,9	9	0	SE	8,7
13	13/02/2016	10,6	12,1	0,7	SE	8,7
14	14/02/2016	7,2	10	0,7	SE	8,7
15	15/02/2016	9,6	11,1	0,7	SE	8,7
16	16/02/2016	5,7	9	0	SSE	8,7
17	17/02/2016	8,7	10,2	0,3	N	8,7
18	18/02/2016	6,9	8,4	0	NE	8,7
19	19/02/2016	12,3	12	0	NE	8,7
20	20/02/2016	12,7	14,2	0	NE	8,7
21	21/02/2016	7,3	8,8	0	SW	8,7
22	22/02/2016	9,2	10,7	0	SW	8,7
23	23/02/2016	8,2	9,7	0	SSW	8,7
24	24/02/2016	9,4	10,9	0	SW	8,7
25	25/02/2016	8,2	9,7	0	SW	8,7
26	26/02/2016	9,2	10,7	0	NE	8,7
27	27/02/2016	14,2	15,7	0	NE	8,7
28	28/02/2016	5,2	9	0	N	8,7
29	29/02/2016	7,4	9,9	0	N	8,7
	Promedio	8,7	10,6	0,1		

Anexo A	Mediciones de Velocidad del viento tomado en el sector de El Tambo Promedio de datos del mes de Marzo 2016	1/9
---------	--	-----

Número de datos	Fecha	Promedio al día (m/s)	Máximo al día (m/s)	Mínimo al día (m/s)	Dirección	Promedio al mes (m/s)
1	01/03/2016	6,6	8,1	0,3	SW	7,8
2	02/03/2016	9,2	10,7	0,3	SE	7,8
3	03/03/2016	5,7	10	0,3	SE	7,8
4	04/03/2016	6,9	12	0,3	SE	7,8
5	05/03/2016	8,3	9,8	0	SE	7,8
6	06/03/2016	8,4	9,9	0	SE	7,8
7	07/03/2016	8,3	9,8	0	SE	7,8
8	08/03/2016	6,1	7,6	0	SE	7,8
9	09/03/2016	7,2	8,7	0	SE	7,8
10	10/03/2016	9,6	10	0	SE	7,8
11	11/03/2016	10	10	0,6	S	7,8
12	12/03/2016	6,3	11	0,6	SW	7,8
13	13/03/2016	7,2	8,7	0,6	SW	7,8
14	14/03/2016	8,2	9,7	0,6	S	7,8
15	15/03/2016	7,6	9,1	0,7	SW	7,8
16	16/03/2016	8,9	10,4	0	SW	7,8
17	17/03/2016	10,2	11,7	0,3	SW	7,8
18	18/03/2016	8,9	10,4	0	SW	7,8
19	19/03/2016	5,9	12	0	S	7,8
20	20/03/2016	6,7	11	0	SE	7,8
21	21/03/2016	8,3	9,8	0	SE	7,8
22	22/03/2016	7,5	9	0	SE	7,8
23	23/03/2016	6,2	12	0	SE	7,8
24	24/03/2016	8,9	10,4	0	SE	7,8
25	25/03/2016	9,2	10,7	0	SE	7,8
26	26/03/2016	6	9	0	SE	7,8
27	27/03/2016	8,4	9,9	0,2	SE	7,8
28	28/03/2016	6,7	8	0,2	SW	7,8
29	29/03/2016	8,2	9,7	0,2	NNW	7,8
30	30/03/2016	8,5	10	0	N	7,8
31	31/03/2016	5	6,5	0	SE	7,8
	Promedio	7,7	9,9	0,2		

Anexo A	Mediciones de Velocidad del viento tomado en el sector de El Tambo Promedio de datos del mes de Abril 2016	1/10
---------	--	------

Número de datos	Fecha	Promedio al día (m/s)	Máximo al día (m/s)	Mínimo al día (m/s)	Dirección	Promedio al mes (m/s)
1	01/04/2016	5,2	11,2	0	SE	7,1
2	02/04/2016	5,9	10,2	1,4	SE	7,1
3	03/04/2016	5,4	10,9	2,4	SE	7,1
4	04/04/2016	4,2	8,8	0	SE	7,1
5	05/04/2016	4,5	6,5	1,2	SE	7,1
6	06/04/2016	8,7	11,6	4,3	SE	7,1
7	07/04/2016	9,6	13,3	7,1	S	7,1
8	08/04/2016	6,1	9,5	2,7	SW	7,1
9	09/04/2016	6,1	9,5	3,1	SW	7,1
10	10/04/2016	7	9,5	4,4	S	7,1
11	11/04/2016	6,4	10,5	1,4	SW	7,1
12	12/04/2016	8,7	13,3	4,4	SW	7,1
13	13/04/2016	9,8	14,6	2,4	SE	7,1
14	14/04/2016	6,3	10,2	3,1	SE	7,1
15	15/04/2016	5,7	7,8	3,7	SE	7,1
16	16/04/2016	5,7	7,8	3,7	SE	7,1
17	17/04/2016	5,7	7,5	4,1	N	7,1
18	18/04/2016	8,3	11,6	5,1	NE	7,1
19	19/04/2016	9,7	13,6	5,1	NE	7,1
20	20/04/2016	7,5	11,9	2,4	NE	7,1
21	21/04/2016	9,3	12,2	3,5	SW	7,1
22	22/04/2016	4,6	8,2	0	SW	7,1
23	23/04/2016	4,5	6,1	1,4	SW	7,1
24	24/04/2016	7,3	10,5	3,7	SW	7,1
25	25/04/2016	9,9	13,9	2,4	SW	7,1
26	26/04/2016	9,6	13,9	5,4	NE	7,1
27	27/04/2016	8,5	12,2	2,3	NE	7,1
28	28/04/2016	5,7	9,2	3,4	N	7,1
29	29/04/2016	8,8	13,9	4,4	N	7,1
30	30/04/2016	9,3	12,2	5,4	SE	7,1
	Promedio	7,1	10,7	3,1		

Anexo A	Mediciones de Velocidad del viento tomado en el sector de El Tambo Promedio de datos del mes de Mayo 2016					1/11
Número de datos	Fecha	Promedio al día (m/s)	Máximo al día (m/s)	Mínimo al día (m/s)	Dirección	Promedio al mes (m/s)
1	01/05/2015	9	12,9	1,1	SE	7,3
2	02/05/2015	5,7	9,2	2,7	SE	7,3
3	03/05/2015	5,1	8,5	2,4	SE	7,3
4	04/05/2015	4,2	7,5	0,2	SE	7,3
5	05/05/2015	4,4	6,5	0,4	SE	7,3
6	06/05/2015	8,7	11,6	5,8	SE	7,3
7	07/05/2015	9,6	13,3	7,1	NW	7,3
8	08/05/2015	6,5	9,5	3,1	NW	7,3
9	09/05/2015	6,1	9,5	3,1	SE	7,3
10	10/05/2015	7	9,5	3	SE	7,3
11	11/05/2015	3,2	10,5	1,4	SE	7,3
12	12/05/2015	8,7	13,3	4,4	SE	7,3
13	13/05/2015	6,6	12,2	4,8	SE	7,3
14	14/05/2015	5,3	7,8	3,1	S	7,3
15	15/05/2015	5,7	7,8	3,7	SW	7,3
16	16/05/2015	5,7	7,8	3,7	SE	7,3
17	17/05/2015	6,2	9,5	3,7	N	7,3
18	18/05/2015	6,8	10,2	3,1	NE	7,3
19	19/05/2015	6,4	10,5	3,1	NE	7,3
20	20/05/2015	7,4	11,9	2,4	NE	7,3
21	21/05/2015	9,3	12,2	4,7	SW	7,3
22	22/05/2015	7,4	11,6	4,1	SW	7,3
23	23/05/2015	7,4	11,2	3,4	SW	7,3
24	24/05/2015	10,3	14,3	6,8	SW	7,3
25	25/05/2015	10,9	15	5,1	SW	7,3
26	26/05/2015	9,6	13,9	5,4	NE	7,3
27	27/05/2015	8,5	12,2	6,5	NE	7,3
28	28/05/2015	9,4	15	5,4	N	7,3
29	29/05/2015	9	13,9	4,4	N	7,3
30	30/05/2015	9,3	12,2	5,4	N	7,3
31	31/05/2015	7,2	10,5	5,4	NE	7,3
	Promedio	7,3	11,0	3,8		

Anexo A	Mediciones de Velocidad del viento tomado en el sector de El Tambo Promedio de datos del mes de Junio 2016					1/12
Número de datos	Fecha	Promedio al día (m/s)	Máximo al día (m/s)	Mínimo al día (m/s)	Dirección	Promedio al mes (m/s)
1	01/06/2015	6,6	8,1	0,3	SW	7,8
2	02/06/2015	9,2	10,7	0,3	SE	7,8
3	03/06/2015	5,7	10	0,3	SE	7,8
4	04/06/2015	6,9	12	0,3	SE	7,8
5	05/06/2015	8,3	9,8	0	SE	7,8
6	06/06/2015	8,4	9,9	0	SE	7,8
7	07/06/2015	8,3	9,8	0	SE	7,8
8	08/06/2015	6,1	7,6	0	SE	7,8
9	09/06/2015	7,2	8,7	0	SE	7,8
10	10/06/2015	9,6	10	0	SE	7,8
11	11/06/2015	10	10	0,6	S	7,8
12	12/06/2015	6,3	11	0,6	SW	7,8
13	13/06/2015	7,2	8,7	0,6	SW	7,8
14	14/06/2015	8,2	9,7	0,6	S	7,8
15	15/06/2015	7,6	9,1	0,7	SW	7,8
16	16/06/2015	8,9	10,4	0	SW	7,8
17	17/06/2015	10,2	11,7	0,3	SW	7,8
18	18/06/2015	8,9	10,4	0	SW	7,8
19	19/06/2015	5,9	12	0	S	7,8
20	20/06/2015	6,7	11	0	SE	7,8
21	21/06/2015	8,3	9,8	0	SE	7,8
22	22/06/2015	7,5	9	0	SE	7,8
23	23/06/2015	6,2	12	0	SE	7,8
24	24/06/2015	8,9	10,4	0	SE	7,8
25	25/06/2015	9,2	10,7	0	SE	7,8
26	26/06/2015	6	9	0	SE	7,8
27	27/06/2015	8,4	9,9	0,2	SE	7,8
28	28/06/2015	6,7	8	0,2	SW	7,8
29	29/06/2015	8,2	9,7	0,2	NW	7,8
30	30/06/2015	8,5	10	0	N	7,8
	Promedio	7,8	9,9	0		

Anexo B		Mediciones de radiación solar tomado en el sector de El Tambo			1/1	
		Promedio de datos del mes de Julio 2015				
Número	Fecha	RADIACIÓN DIRECTA (brillo solar) (horas)	Temperatura Ambiente (° C)	TOTAL (Wh/m2/día)	PROMEDIO (Wh/m2/día)	
1	01/07/2015	5,2	9,8	2344,00	4561,04	
2	02/07/2015	5,2	9,8	3456,93	4561,04	
3	03/07/2015	6,0	13,1	2953,50	4561,04	
4	04/07/2015	3,0	10,4	4843,70	4561,04	
5	05/07/2015	5,2	9,7	4811,80	4561,04	
6	06/07/2015	2,5	9,1	4004,50	4561,04	
7	07/07/2015	4,0	8,1	3976,60	4561,04	
8	08/07/2015	5,2	8,3	4579,90	4561,04	
9	09/07/2015	5,0	8,6	5481,19	4561,04	
10	10/07/2015	5,0	8,1	5801,37	4561,04	
11	11/07/2015	5,5	9,3	5076,26	4561,04	
12	12/07/2015	7,0	10,0	5666,61	4561,04	
13	13/07/2015	3,0	9,3	4526,41	4561,04	
14	14/07/2015	5,2	8,7	3651,56	4561,04	
15	15/07/2015	5,0	10,3	5644,89	4561,04	
16	16/07/2015	6,0	10,2	5583,74	4561,04	
17	17/07/2015	5,5	10,4	3689,40	4561,04	
18	18/07/2015	4,0	9,6	4361,74	4561,04	
19	19/07/2015	5,2	9,3	4968,41	4561,04	
20	20/07/2015	2,5	8,1	4037,70	4561,04	
21	21/07/2015	5,0	9,7	4977,50	4561,04	
22	22/07/2015	6,0	9,4	5577,48	4561,04	
23	23/07/2015	6,6	9,6	3954,90	4561,04	
24	24/07/2015	5,2	8,1	4673,30	4561,04	
25	25/07/2015	3,5	8,1	5701,22	4561,04	
26	26/07/2015	3,5	9,0	5457,11	4561,04	
27	27/07/2015	4,0	8,1	4900,30	4561,04	
28	28/07/2015	5,0	9,6	3053,80	4561,04	
29	29/07/2015	3,0	10,8	4524,96	4561,04	
30	30/07/2015	3,5	9,3	4550,48	4561,04	
31	31/07/2015	5,0	10,3	5644,89	4561,04	
	Promedio	4,68	9,40	4561,04		

Anexo B		Mediciones de radiación solar tomado en el sector de El Tambo			1/1	
		Promedio de datos del mes de Julio 2015				
Número	Fecha	RADIACIÓN DIRECTA (brillo solar) (horas)	Temperatura Ambiente (° C)	TOTAL (Wh/m2/día)	PROMEDIO (Wh/m2/día)	
1	01/07/2015	5,2	9,8	2344,00	4561,04	
2	02/07/2015	5,2	9,8	3456,93	4561,04	
3	03/07/2015	6,0	13,1	2953,50	4561,04	
4	04/07/2015	3,0	10,4	4843,70	4561,04	
5	05/07/2015	5,2	9,7	4811,80	4561,04	
6	06/07/2015	2,5	9,1	4004,50	4561,04	
7	07/07/2015	4,0	8,1	3976,60	4561,04	
8	08/07/2015	5,2	8,3	4579,90	4561,04	
9	09/07/2015	5,0	8,6	5481,19	4561,04	
10	10/07/2015	5,0	8,1	5801,37	4561,04	
11	11/07/2015	5,5	9,3	5076,26	4561,04	
12	12/07/2015	7,0	10,0	5666,61	4561,04	
13	13/07/2015	3,0	9,3	4526,41	4561,04	
14	14/07/2015	5,2	8,7	3651,56	4561,04	
15	15/07/2015	5,0	10,3	5644,89	4561,04	
16	16/07/2015	6,0	10,2	5583,74	4561,04	
17	17/07/2015	5,5	10,4	3689,40	4561,04	
18	18/07/2015	4,0	9,6	4361,74	4561,04	
19	19/07/2015	5,2	9,3	4968,41	4561,04	
20	20/07/2015	2,5	8,1	4037,70	4561,04	
21	21/07/2015	5,0	9,7	4977,50	4561,04	
22	22/07/2015	6,0	9,4	5577,48	4561,04	
23	23/07/2015	6,6	9,6	3954,90	4561,04	
24	24/07/2015	5,2	8,1	4673,30	4561,04	
25	25/07/2015	3,5	8,1	5701,22	4561,04	
26	26/07/2015	3,5	9,0	5457,11	4561,04	
27	27/07/2015	4,0	8,1	4900,30	4561,04	
28	28/07/2015	5,0	9,6	3053,80	4561,04	
29	29/07/2015	3,0	10,8	4524,96	4561,04	
30	30/07/2015	3,5	9,3	4550,48	4561,04	
31	31/07/2015	5,0	10,3	5644,89	4561,04	
	Promedio	4,68	9,40	4561,04		

Anexo B	Mediciones de radiación solar tomado en el sector de El Tambo Promedio de datos del mes de Agosto 2015	½
---------	--	---

Número	Fecha	RADIACIÓN DIRECTA (brillo solar) (horas)	Temperatura Ambiente (° C)	TOTAL (Wh/m2/día)	PROMEDIO (Wh/m2/día)
1	01/08/2015	5,5	8,1	4789,7	4676,12
2	02/08/2015	5,5	8,1	3578,7	4676,12
3	03/08/2015	5,5	10,1	2953,5	4676,12
4	04/08/2015	3	8,1	4843,7	4676,12
5	05/08/2015	5,5	9,7	4811,8	4676,12
6	06/08/2015	2,5	9,1	4004,5	4676,12
7	07/08/2015	4	8,5	3976,6	4676,12
8	08/08/2015	5,5	8,3	4579,9	4676,12
9	09/08/2015	5	8,6	5481,19	4676,12
10	10/08/2015	5	8,5	5801,37	4676,12
11	11/08/2015	5,5	9,3	5076,26	4676,12
12	12/08/2015	7	8,1	4646,87	4676,12
13	13/08/2015	3	9,3	4526,41	4676,12
14	14/08/2015	5,5	8,7	3651,56	4676,12
15	15/08/2015	5	8,1	5644,89	4676,12
16	16/08/2015	5,5	8,1	5583,74	4676,12
17	17/08/2015	5,5	8,1	3689,4	4676,12
18	18/08/2015	4	9,6	4361,74	4676,12
19	19/08/2015	5,5	9,3	4968,41	4676,12
20	20/08/2015	2,5	8,5	4037,7	4676,12
21	21/08/2015	5	9,7	4977,5	4676,12
22	22/08/2015	5,5	9,4	5577,48	4676,12
23	23/08/2015	5,5	9,6	3954,9	4676,12
24	24/08/2015	5,5	8,1	4673,3	4676,12
25	25/08/2015	3,5	9,5	4765,7	4676,12
26	26/08/2015	3,5	9	5457,11	4676,12
27	27/08/2015	4	8,1	4900,3	4676,12
28	28/08/2015	5	9,6	5894	4676,12
29	29/08/2015	3	8,1	4524,96	4676,12
30	30/08/2015	3,5	9,3	4550,48	4676,12
31	31/08/2015	5,5	8,1	4789,7	4676,12
	Promedio	4,67	8,82	4676,12	

Anexo B	Mediciones de radiación solar tomado en el sector de El Tambo Promedio de datos del mes de Septiembre 2015	1/3
---------	--	-----

Número	Fecha	RADIACIÓN DIRECTA (brillo solar) (horas)	Temperatura Ambiente (° C)	TOTAL (Wh/m2/día)	PROMEDIO (Wh/m2/día)
1	01/09/2015	4,4	9,8	3689,4	4144,25
2	02/09/2015	4,4	9,8	4005,9	4144,25
3	03/09/2015	6	7,6	3817,5	4144,25
4	04/09/2015	3	7,2	3830,9	4144,25
5	05/09/2015	4,4	9,7	3811,36	4144,25
6	06/09/2015	2,4	9,1	5184,7	4144,25
7	07/09/2015	4	7,2	4165,91	4144,25
8	08/09/2015	4,4	8,3	4230,3	4144,25
9	09/09/2015	4,2	8,6	2381,19	4144,25
10	10/09/2015	4,2	7,2	1801,37	4144,25
11	11/09/2015	4,2	9,3	3076,26	4144,25
12	12/09/2015	7	7,2	5436,61	4144,25
13	13/09/2015	3	9,3	4346,41	4144,25
14	14/09/2015	4,4	8,7	3341,56	4144,25
15	15/09/2015	4,2	7,2	3424,89	4144,25
16	16/09/2015	6	4,3	4563,74	4144,25
17	17/09/2015	4,2	7,2	3420,34	4144,25
18	18/09/2015	4	5,6	4311,74	4144,25
19	19/09/2015	4,4	9,3	4918,41	4144,25
20	20/09/2015	2,4	7,2	4267,7	4144,25
21	21/09/2015	4,2	9,7	6012,26	4144,25
22	22/09/2015	6	9,4	5347,48	4144,25
23	23/09/2015	5,1	9,6	4615,5	4144,25
24	24/09/2015	4,4	7,2	4121,65	4144,25
25	25/09/2015	4,2	9,5	5231,22	4144,25
26	26/09/2015	4,2	9	5417,11	4144,25
27	27/09/2015	4	7,2	3025,75	4144,25
28	28/09/2015	4,2	9,6	3454,8	4144,25
29	29/09/2015	3	7,2	4524,96	4144,25
30	30/09/2015	4,2	9,3	4550,48	4144,25
	Promedio	4,29	8,25	4144,25	

Anexo B		Mediciones de radiación solar tomado en el sector de El Tambo Promedio de datos del mes de Octubre 2015			¼
Número	Fecha	RADIACIÓN DIRECTA (brillo solar) (horas)	Temperatura Ambiente (° C)	TOTAL (Wh/m2/día)	PROMEDIO (Wh/m2/día)
1	01/10/2015	4,4	9,8	4689,4	4406,83
2	02/10/2015	4,4	9,8	4205,9	4406,83
3	03/10/2015	6	7,6	3917,5	4406,83
4	04/10/2015	3	7,2	3340,9	4406,83
5	05/10/2015	4,4	9,7	4311,36	4406,83
6	06/10/2015	2,4	9,1	5584,7	4406,83
7	07/10/2015	4	7,2	4365,91	4406,83
8	08/10/2015	4,4	8,3	4630,3	4406,83
9	09/10/2015	4,2	8,6	4381,19	4406,83
10	10/10/2015	4,2	7,2	1801,37	4406,83
11	11/10/2015	4,2	9,3	3276,26	4406,83
12	12/10/2015	5	7,2	5436,61	4406,83
13	13/10/2015	4,2	9,3	4346,41	4406,83
14	14/10/2015	4,4	8,7	3341,56	4406,83
15	15/10/2015	4,2	7,2	3424,89	4406,83
16	16/10/2015	6	4,3	4563,74	4406,83
17	17/10/2015	4,2	7,2	3420,34	4406,83
18	18/10/2015	4	5,6	4311,74	4406,83
19	19/10/2015	4,4	9,3	4918,41	4406,83
20	20/10/2015	2,4	7,2	4267,7	4406,83
21	21/10/2015	4,2	9,7	6012,26	4406,83
22	22/10/2015	6	9,4	5347,48	4406,83
23	23/10/2015	5,1	9,6	4615,5	4406,83
24	24/10/2015	4,4	7,2	4121,65	4406,83
25	25/10/2015	4,2	9,5	5431,22	4406,83
26	26/10/2015	4,2	9	5117,11	4406,83
27	27/10/2015	4	8	3825,75	4406,83
28	28/10/2015	4,2	9,6	4554,8	4406,83
29	29/10/2015	3	7,2	4524,96	4406,83
30	30/10/2015	4,2	9,3	4550,48	4406,83
31	31/10/2015	4,4	7,2	5974,22	4406,83
	Promedio	4,27	8,24	4406,83	

Anexo B	Mediciones de radiación solar tomado en el sector de El Tambo Promedio de datos del mes de Noviembre 2015	1/5
---------	---	-----

Número	Fecha	RADIACIÓN DIRECTA (brillo solar) (horas)	Temperatura Ambiente (° C)	TOTAL (Wh/m2/día)	PROMEDIO (Wh/m2/día)
1	01/11/2015	4,5	9,8	4281,33	4533,61
2	02/11/2015	4,5	9,8	5083,41	4533,61
3	03/11/2015	4	7,7	4466,81	4533,61
4	04/11/2015	3	10,4	3174,63	4533,61
5	05/11/2015	4,5	9,7	4730,63	4533,61
6	06/11/2015	2,5	9,1	5584,7	4533,61
7	07/11/2015	4	8,5	5523,37	4533,61
8	08/11/2015	4,5	8,3	4500,96	4533,61
9	09/11/2015	3	8,6	4481,19	4533,61
10	10/11/2015	3	8,5	5801,37	4533,61
11	11/11/2015	5,5	9,3	5076,26	4533,61
12	12/11/2015	4	10	5066,61	4533,61
13	13/11/2015	3	9,3	4526,41	4533,61
14	14/11/2015	4,5	8,7	5651,56	4533,61
15	15/11/2015	5	10,3	4644,89	4533,61
16	16/11/2015	6	10,2	5583,74	4533,61
17	17/11/2015	5,5	10,4	3657	4533,61
18	18/11/2015	4	9,6	4361,74	4533,61
19	19/11/2015	4,5	9,3	3868,41	4533,61
20	20/11/2015	2,5	8,5	4037,7	4533,61
21	21/11/2015	5	9,7	5512,26	4533,61
22	22/11/2015	5	9,4	3377,48	4533,61
23	23/11/2015	3,6	9,6	5563,04	4533,61
24	24/11/2015	4,5	10,1	3339	4533,61
25	25/11/2015	3,5	9,5	2901,22	4533,61
26	26/11/2015	3,5	8,4	3557,11	4533,61
27	27/11/2015	4	8,3	4063,19	4533,61
28	28/11/2015	2,9	9,6	4785,89	4533,61
29	29/11/2015	3	8,3	4524,96	4533,61
30	30/11/2015	4,5	9,8	4281,33	4533,61
	Promedio	4,05	9,29	4533,61	

Anexo B		Mediciones de radiación solar tomado en el sector de El Tambo				1/6
		Promedio de datos del mes de Diciembre 2015				
Número	Fecha	RADIACIÓN DIRECTA (brillo solar) (horas)	Temperatura Ambiente (° C)	TOTAL (Wh/m2/día)	PROMEDIO (Wh/m2/día)	
1	01/12/2015	3,5	9,8	4581,33	4703,63	
2	02/12/2015	3,5	9,8	5483,41	4703,63	
3	03/12/2015	5	13,1	5356,81	4703,63	
4	04/12/2015	3	10,4	5174,63	4703,63	
5	05/12/2015	4,2	9,7	4710,63	4703,63	
6	06/12/2015	2,5	9,1	5584,7	4703,63	
7	07/12/2015	4	8,5	5523,37	4703,63	
8	08/12/2015	4,5	8,1	4500,96	4703,63	
9	09/12/2015	5	8,6	5481,19	4703,63	
10	10/12/2015	5	8,5	5701,37	4703,63	
11	11/12/2015	5,2	9,3	5076,26	4703,63	
12	12/12/2015	4	10	5666,61	4703,63	
13	13/12/2015	3	9,3	4526,41	4703,63	
14	14/12/2015	4	8,7	3451,56	4703,63	
15	15/12/2015	5	10,3	5644,89	4703,63	
16	16/12/2015	6	10,2	5583,74	4703,63	
17	17/12/2015	5,5	10,4	4658,94	4703,63	
18	18/12/2015	4	9,6	4361,74	4703,63	
19	19/12/2015	4,5	9,3	4268,41	4703,63	
20	20/12/2015	2,5	8,5	4237,7	4703,63	
21	21/12/2015	5	9,7	3212,26	4703,63	
22	22/12/2015	5	9,4	5177,48	4703,63	
23	23/12/2015	3,2	9,6	5263,04	4703,63	
24	24/12/2015	4,1	10,1	3739,35	4703,63	
25	25/12/2015	3,3	9,5	5301,22	4703,63	
26	26/12/2015	3,1	9	4957,11	4703,63	
27	27/12/2015	4	10,6	3563,19	4703,63	
28	28/12/2015	5	9,6	2685,89	4703,63	
29	29/12/2015	3	10,8	3524,96	4703,63	
30	30/12/2015	3,1	9,3	3550,48	4703,63	
31	31/12/2015	3,2	9,6	5263,04	4703,63	
	Promedio	4,1	9,63	4703,63		

Anexo B		Mediciones de radiación solar tomado en el sector de El Tambo			1/7	
		Promedio de datos del mes de Enero 2016				
Número	Fecha	RADIACIÓN DIRECTA (brillo solar) (horas)	Temperatura Ambiente (° C)	TOTAL (Wh/m2/día)	PROMEDIO (Wh/m2/día)	
1	01/01/2015	4,5	9,8	4678,34	4878,44	
2	02/01/2015	4,5	9,8	3910,3	4878,44	
3	03/01/2015	6	13,1	4002,34	4878,44	
4	04/01/2015	3	10,4	4004,5	4878,44	
5	05/01/2015	4,5	9,7	4235,34	4878,44	
6	06/01/2015	2,5	9,1	5584,7	4878,44	
7	07/01/2015	4	8,5	4564,54	4878,44	
8	08/01/2015	4,5	8,3	3693,5	4878,44	
9	09/01/2015	5	8,6	5481,19	4878,44	
10	10/01/2015	5	8,5	5801,37	4878,44	
11	11/01/2015	5,5	9,3	5076,26	4878,44	
12	12/01/2015	7	10	5666,61	4878,44	
13	13/01/2015	3	9,3	4526,41	4878,44	
14	14/01/2015	4,5	8,7	3651,56	4878,44	
15	15/01/2015	5	10,3	5644,89	4878,44	
16	16/01/2015	6	10,2	5583,74	4878,44	
17	17/01/2015	5,5	10,4	4892,34	4878,44	
18	18/01/2015	4	9,6	4361,74	4878,44	
19	19/01/2015	4,5	9,3	4968,41	4878,44	
20	20/01/2015	2,5	8,5	4037,7	4878,44	
21	21/01/2015	5	9,7	4126,4	4878,44	
22	22/01/2015	6	9,4	5577,48	4878,44	
23	23/01/2015	6,6	9,6	3654,4	4878,44	
24	24/01/2015	4,5	10,1	3950,45	4878,44	
25	25/01/2015	3,5	9,5	5701,22	4878,44	
26	26/01/2015	3,5	9	5457,11	4878,44	
27	27/01/2015	4	10,6	6963,19	4878,44	
28	28/01/2015	5	9,6	6385,89	4878,44	
29	29/01/2015	3	10,8	4524,96	4878,44	
30	30/01/2015	3,5	9,3	4550,48	4878,44	
31	31/01/2015	4,5	10,5	5974,22	4878,44	
	Promedio	4,52	9,66	4878,44		

Anexo B	Mediciones de radiación solar tomado en el sector de El Tambo Promedio de datos del mes de Febrero 2016	1/8
---------	---	-----

Número	Fecha	RADIACIÓN DIRECTA (brillo solar) (horas)	Temperatura Ambiente (° C)	TOTAL (Wh/m2/día)	PROMEDIO (Wh/m2/día)
1	01/02/2016	5,8	9,8	2800,85	3377,86
2	02/02/2016	5,6	9,8	3543,63	3377,86
3	03/02/2016	6	13,1	2906,64	3377,86
4	04/02/2016	3	10,4	3987,5	3377,86
5	05/02/2016	5,9	9,7	2796,84	3377,86
6	06/02/2016	2,5	9,1	3586,98	3377,86
7	07/02/2016	5,8	7,2	3421,9	3377,86
8	08/02/2016	5,2	8,3	4005,75	3377,86
9	09/02/2016	5	7,2	3650,93	3377,86
10	10/02/2016	5	7,2	3042,8	3377,86
11	11/02/2016	5,8	9,3	3007,89	3377,86
12	12/02/2016	7	10	3123,83	3377,86
13	13/02/2016	3	9,3	3051,17	3377,86
14	14/02/2016	5,8	8,7	3504,68	3377,86
15	15/02/2016	5	10,3	2765,6	3377,86
16	16/02/2016	6	10,2	3096,07	3377,86
17	17/02/2016	5,8	10,4	2975,92	3377,86
18	18/02/2016	5,8	9,6	3678,8	3377,86
19	19/02/2016	5,5	9,3	2953,8	3377,86
20	20/02/2016	2,5	7,2	3643,83	3377,86
21	21/02/2016	5	9,7	2753,91	3377,86
22	22/02/2016	6	7,2	2953,36	3377,86
23	23/02/2016	6,6	9,6	3906,7	3377,86
24	24/02/2016	5,8,5	7,2	4865,89	3377,86
25	25/02/2016	3,5	9,5	3964,94	3377,86
26	26/02/2016	3,5	9	3535,36	3377,86
27	27/02/2016	5,8	10,6	3789,67	3377,86
28	28/02/2016	5	9,6	2963,8	3377,86
29	29/02/2016	5,8	9,6	3678,8	3377,86
	Promedio	5,11	9,24	3377,86	

Anexo B	Mediciones de radiación solar tomado en el sector de El Tambo Promedio de datos del mes de Marzo 2016	1/9
---------	---	-----

Número	Fecha	RADIACIÓN DIRECTA (brillo solar) (horas)	Temperatura Ambiente (° C)	TOTAL (Wh/m2/día)	PROMEDIO (Wh/m2/día)
1	01/03/2015	4,4	9,8	5689,40	4802,02
2	02/03/2015	4,4	9,8	4855,90	4802,02
3	03/03/2015	6,0	11,1	3897,50	4802,02
4	04/03/2015	3,0	7,2	3890,90	4802,02
5	05/03/2015	4,4	9,7	3891,36	4802,02
6	06/03/2015	2,4	9,1	5584,70	4802,02
7	07/03/2015	4,0	7,2	4965,91	4802,02
8	08/03/2015	4,4	8,3	4200,30	4802,02
9	09/03/2015	4,2	8,6	5481,19	4802,02
10	10/03/2015	4,2	7,2	5801,37	4802,02
11	11/03/2015	4,2	9,3	5076,26	4802,02
12	12/03/2015	7,0	7,2	5666,61	4802,02
13	13/03/2015	3,0	9,3	4526,41	4802,02
14	14/03/2015	4,4	8,7	3651,56	4802,02
15	15/03/2015	4,2	7,2	5644,89	4802,02
16	16/03/2015	6,0	7,2	5583,74	4802,02
17	17/03/2015	4,2	7,2	3400,34	4802,02
18	18/03/2015	4,0	9,6	4361,74	4802,02
19	19/03/2015	4,4	9,3	4968,41	4802,02
20	20/03/2015	2,4	7,2	4037,70	4802,02
21	21/03/2015	4,2	9,7	6012,26	4802,02
22	22/03/2015	6,0	9,4	5577,48	4802,02
23	23/03/2015	6,6	9,6	4685,50	4802,02
24	24/03/2015	4,4	7,2	4522,65	4802,02
25	25/03/2015	4,2	9,5	5701,22	4802,02
26	26/03/2015	4,2	9,0	5457,11	4802,02
27	27/03/2015	4,0	7,2	3025,75	4802,02
28	28/03/2015	4,2	9,6	3654,80	4802,02
29	29/03/2015	3,0	7,2	4524,96	4802,02
30	30/03/2015	4,2	9,3	4550,48	4802,02
31	31/03/2015	4,4	7,2	5974,22	4802,02
	Promedio	4,34	8,55	4802,02	

Anexo B		Mediciones de radiación solar tomado en el sector de El Tambo Promedio de datos del mes de Abril 2016				1/10
Número	Fecha	RADIACIÓN DIRECTA (brillo solar) (horas)	Temperatura Ambiente (° C)	TOTAL (Wh/m2/día)	PROMEDIO (Wh/m2/día)	
1	01/04/2016	3,5	9,8	4581,33	4942,57	
2	02/04/2016	3,5	9,8	5483,41	4942,57	
3	03/04/2016	5	13,1	5366,81	4942,57	
4	04/04/2016	3	10,4	5174,63	4942,57	
5	05/04/2016	4,5	9,7	4730,63	4942,57	
6	06/04/2016	2,5	9,1	5584,7	4942,57	
7	07/04/2016	4	8,5	5523,37	4942,57	
8	08/04/2016	4,5	8,3	4500,96	4942,57	
9	09/04/2016	5	8,6	5481,19	4942,57	
10	10/04/2016	5	8,5	5801,37	4942,57	
11	11/04/2016	5,5	9,3	5076,26	4942,57	
12	12/04/2016	4	10	5666,61	4942,57	
13	13/04/2016	3	9,3	4526,41	4942,57	
14	14/04/2016	4,5	8,7	3651,56	4942,57	
15	15/04/2016	5	10,3	5644,89	4942,57	
16	16/04/2016	6	10,2	5583,74	4942,57	
17	17/04/2016	5,5	10,4	4657	4942,57	
18	18/04/2016	4	9,6	4361,74	4942,57	
19	19/04/2016	4,5	9,3	4968,41	4942,57	
20	20/04/2016	2,5	8,5	4037,7	4942,57	
21	21/04/2016	5	9,7	3912,26	4942,57	
22	22/04/2016	5	9,4	5577,48	4942,57	
23	23/04/2016	3,6	9,6	5563,04	4942,57	
24	24/04/2016	4,5	10,1	3339	4942,57	
25	25/04/2016	3,5	9,5	5701,22	4942,57	
26	26/04/2016	3,5	9	5457,11	4942,57	
27	27/04/2016	4	10,6	5563,19	4942,57	
28	28/04/2016	5	9,6	3685,89	4942,57	
29	29/04/2016	3	10,8	4524,96	4942,57	
30	30/04/2016	3,5	9,3	4550,48	4942,57	
	Promedio	4,18	9,63	4942,57		

Anexo B		Mediciones de radiación solar tomado en el sector de El Tambo			1/11
		Promedio de datos del mes de Mayo 2016			
Número	Fecha	RADIACIÓN DIRECTA (brillo solar) (horas)	Temperatura Ambiente (° C)	TOTAL (Wh/m2/día)	PROMEDIO (Wh/m2/día)
1	01/05/2015	4,5	9,8	4281,33	4551,34
2	02/05/2015	4,5	9,8	5083,41	4551,34
3	03/05/2015	4	7,7	4466,81	4551,34
4	04/05/2015	3	10,4	3174,63	4551,34
5	05/05/2015	4,5	9,7	4730,63	4551,34
6	06/05/2015	2,5	9,1	5584,7	4551,34
7	07/05/2015	4	8,5	5523,37	4551,34
8	08/05/2015	4,5	8,3	4500,96	4551,34
9	09/05/2015	3	8,6	4481,19	4551,34
10	10/05/2015	3	8,5	5801,37	4551,34
11	11/05/2015	5,5	9,3	5076,26	4551,34
12	12/05/2015	4	10	5066,61	4551,34
13	13/05/2015	3	9,3	4526,41	4551,34
14	14/05/2015	4,5	8,7	5651,56	4551,34
15	15/05/2015	5	10,3	4644,89	4551,34
16	16/05/2015	6	10,2	5583,74	4551,34
17	17/05/2015	5,5	10,4	3657	4551,34
18	18/05/2015	4	9,6	4361,74	4551,34
19	19/05/2015	4,5	9,3	3868,41	4551,34
20	20/05/2015	2,5	8,5	4037,7	4551,34
21	21/05/2015	5	9,7	5512,26	4551,34
22	22/05/2015	5	9,4	3377,48	4551,34
23	23/05/2015	3,6	9,6	5563,04	4551,34
24	24/05/2015	4,5	10,1	3339	4551,34
25	25/05/2015	3,5	9,5	2901,22	4551,34
26	26/05/2015	3,5	8,4	3557,11	4551,34
27	27/05/2015	4	8,3	4063,19	4551,34
28	28/05/2015	2,9	9,6	4785,89	4551,34
29	29/05/2015	3	8,3	4524,96	4551,34
30	30/05/2015	4,5	9,8	4281,33	4551,34
31	31/05/2015	4,5	9,8	5083,41	4551,34
	Promedio	4,06	9,3	4551,34	

Anexo B	Mediciones de radiación solar tomado en el sector de El Tambo Promedio de datos del mes de Junio 2016	1/12
---------	---	------

Número	Fecha	RADIACIÓN DIRECTA (brillo solar) (horas)	Temperatura Ambiente (° C)	TOTAL (Wh/m2/día)	PROMEDIO (Wh/m2/día)
1	01/06/2015	3,5	9,8	4581,33	4664,91
2	02/06/2015	3,5	9,8	5483,41	4664,91
3	03/06/2015	5	13,1	5356,81	4664,91
4	04/06/2015	3	10,4	5174,63	4664,91
5	05/06/2015	4,2	9,7	4710,63	4664,91
6	06/06/2015	2,5	9,1	5584,7	4664,91
7	07/06/2015	4	8,5	5523,37	4664,91
8	08/06/2015	4,5	8,3	4500,96	4664,91
9	09/06/2015	5	8,6	5481,19	4664,91
10	10/06/2015	5	8,5	5701,37	4664,91
11	11/06/2015	5,5	9,3	5076,26	4664,91
12	12/06/2015	4	10	5666,61	4664,91
13	13/06/2015	3	9,3	4526,41	4664,91
14	14/06/2015	4	8,7	3451,56	4664,91
15	15/06/2015	5	10,3	5644,89	4664,91
16	16/06/2015	6	10,2	5583,74	4664,91
17	17/06/2015	5,5	10,4	4657	4664,91
18	18/06/2015	4	9,6	4361,74	4664,91
19	19/06/2015	4,5	9,3	4268,41	4664,91
20	20/06/2015	2,5	8,5	4037,7	4664,91
21	21/06/2015	5	9,7	3212,26	4664,91
22	22/06/2015	5	9,4	5177,48	4664,91
23	23/06/2015	3,2	9,6	5263,04	4664,91
24	24/06/2015	4,1	10,1	3339	4664,91
25	25/06/2015	3,3	9,5	5301,22	4664,91
26	26/06/2015	3,1	9	4957,11	4664,91
27	27/06/2015	4	10,6	3563,19	4664,91
28	28/06/2015	5	9,6	2685,89	4664,91
29	29/06/2015	3	10,8	3524,96	4664,91
30	30/06/2015	3,1	9,3	3550,48	4664,91
	Promedio	4,1	9,63	4664,91	

Instalación del anemómetro en el sector de El Tambo



Construcción de la Base de la Torre del Aerogenerador



Armado de la Torre del Aerogenerador



Torre terminada



Transportación de materiales al sector de El Tambo



Construcción del proyecto Híbrido



Conexiones del circuito



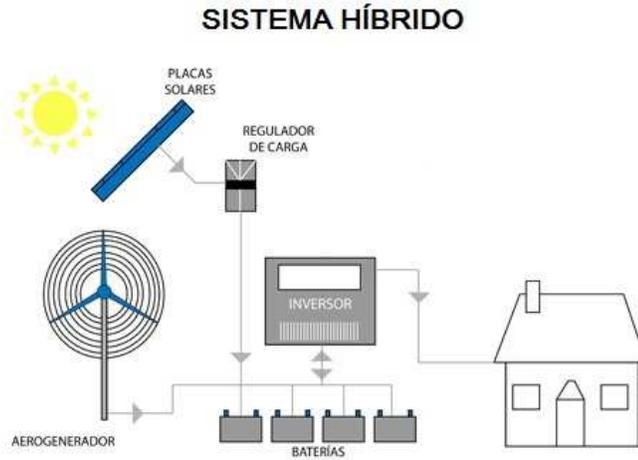
Mediciones de Voltaje y Frecuencia



Equipo de Trabajo



Esquema del Sistema Híbrido

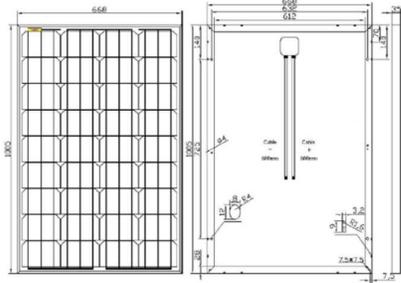


Ubicación Geográfica del Sector



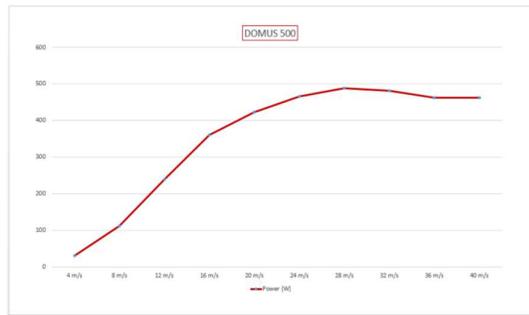
La hacienda el Tambo se encuentra en la falda este del Cotopaxi, el ingreso es por Machachi por el Ingreso Norte Parque Nacional Cotopaxi o por la entrada sur del Parque Nacional, a una altura de 3,600 m y a cuatro horas en coche desde Latacunga.

Panel solar

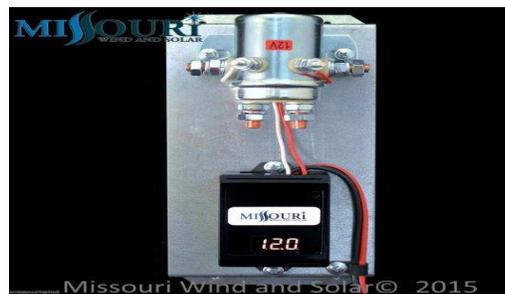


Datos eléctricos	
Potencia máxima (W)	120W
Tensión de potencia óptima (Vmp)	18.78V
Corriente operativa óptima (Imp)	5.32A
Tensión de circuito abierto (Voc)	22.64V
Corriente de cortocircuito (Isc)	5.70A
Eficiencia de célula (%)	17.88%
Eficiencia de módulo (%)	14.90%
Tolerancia (%)	±3%
NOCT	47°C +/-2°C
Coeficientes de temperatura	
Coeficiente de temperatura Isc (%)*°C	+0.04
Coeficiente de temperatura Voc (%)*°C	-0.38
Coeficiente de temperatura Pm (%)*°C	-0.47
Coeficiente de temperatura Im (%)*°C	+0.04
Coeficiente de temperatura Vm (%)*°C	-0.38
Datos mecánicos y de componentes	
Célula	156*104 Mono
Número de células (pcs)	4*9
Tamaño del módulo (mm)	1005*668*35
Grosor del cristal (mm)	3.2
Máx. carga de superficie	2400-5400Pa
Resistencia al granizo	23m/s, 7.53g
Peso de la unidad (Kg)	8
Corriente máxima del fusible (A)	10
Marco	35#
Tipo de conector	MC4
Parte posterior	TPT
Rango de temperatura	-40°C / +85°C
FF (%)	70-76%
Standard Test Conditions	AM1.5 1000W/m² 25°C

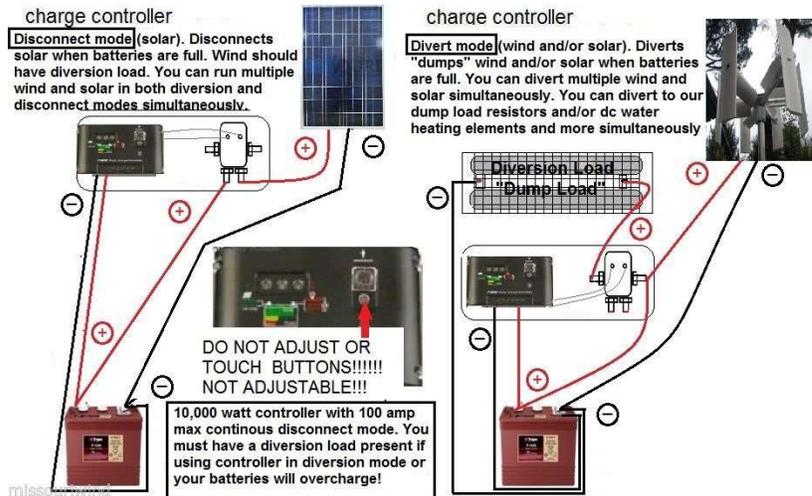
Aerogenerador DOMUS D50 - 500W



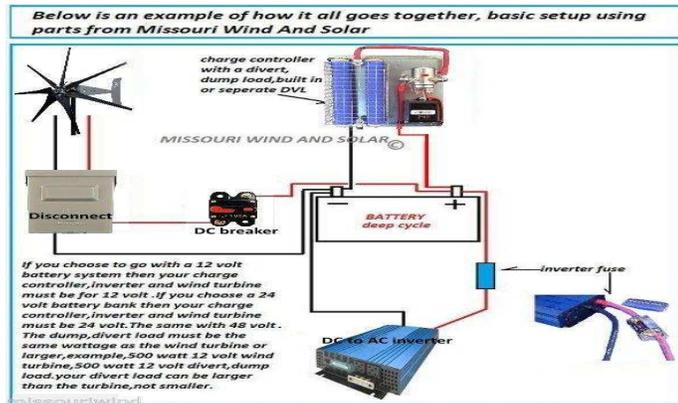
Conexión del controlador de carga



Conexión del Aerogenerador y el Panel Solar



Conexión Sistema de Protección del Aerogenerador



Batería FirstPower LFP12100



LFP 12100 (12V-100AH)

MODELO	VOLTAJE (V)	CAPACIDAD (Ah)	DIMENSIONES		
			LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (mm)
LFP 1275	12	75	260	167	210
LFP 1280	12	80	350	167	179
LFP 12100	12	100	330	171	214

Aerogenerador DOMUS D05



Este manual contiene toda la información necesaria para la correcta instalación y mantenimiento de su aerogenerador. Para asegurar su correcto funcionamiento, evitar roturas y peligros, se recomienda que lea atentamente este manual antes de proceder a realizar la instalación.

Mensajes de seguridad

Los mensajes de seguridad se indican en el presente manual precedidos del símbolo de aviso:

**ADVERTENCIA****ATENCIÓN, PRECAUCIÓN.**

Mensajes indicados con la palabra "IMPORTANTE" pueden suponer un mal uso de la máquina y causar daños en la misma.

Anexo L	Manual de instalación, operación y mantenimiento del aerogenerador	1/2
<p>INSTALACIÓN Y MONTAJE</p> <p>Para llevar a cabo la instalación del aerogenerador en lugar de preparar un cimiento para soportar la estructura, es decir, una zapata, que en este caso se va a sujetar el mismo mediante cables tensores.</p> <p>El aerogenerador irá montado sobre una estructura de circular de 3 metros de alto, lo suficientemente alto para que el viento no se encuentre perturbado por el suelo y lo suficientemente bajo para que puedan llevarse a cabo sin problemas acciones de reparación del equipo.</p> <p>Para llevar a cabo el montaje del aerogenerador se han tenido en cuenta una serie de aspectos que hacen más sencillo su montaje y desmontaje (en el caso de averías). Así, ya se ha explicado que el eje del rotor se encuentra en voladizo para que sus elementos puedan intercambiarse sin necesidad de desmontar todo el equipo o que las palas del rotor están atornilladas a las tapas circulares, para que además de proporcionar rigidez, hagan más sencillo el desmonte de éstas si hubiera algún problema.</p> <p style="text-align: center;">MANTENIMIENTO DEL AEROGENERADOR</p> <p>El objetivo de este apartado del proyecto es determinar métodos de mantenimiento del equipo para lograr un correcto funcionamiento del mismo. Hay que señalar que debido a que la zona donde va a ser instalado el aerogenerador no cuenta con muchos avances tecnológicos, se ha intentado que tanto la fabricación como el montaje del equipo sean lo más sencillos posibles para así evitar reparaciones de mucha dificultad. Por ello, gracias a la sencillez del aerogenerador no se va a llevar a cabo un mantenimiento predictivo, pues la reparación de las piezas en caso de fallo es muy rápida, y por tanto solamente se tendrán en cuenta el mantenimiento preventivo y el correctivo.</p> <p>Mantenimiento preventivo</p> <p>El aerogenerador diseñado está compuesto por piezas mecánicas sencillas tales como rodamientos, tuercas, tornillos,...En el caso de estas piezas se realizará un mantenimiento programado de la siguiente forma:</p> <ul style="list-style-type: none"> - A los tres meses: reapriete y comprobación de las tuercas y tornillos de las palas, tapas, eje,... - Mantenimiento menor: comprobaciones de pares de apriete, engrases,... 		

Anexo L	Manual de instalación, operación y mantenimiento del aerogenerador	1/3
<p>- Mantenimiento mayor: revisión íntegra de todos los componentes del aerogenerador (rotor, sistema eléctrico, eje, imanes, sistema de transmisión, bobinado, baterías,...)</p> <p>Mantenimiento correctivo</p> <p>Este es el mantenimiento que se lleva a cabo una vez que ya se ha producido el fallo en el sistema. Por ello, es recomendable realizar un buen mantenimiento preventivo para no tener que llegar a la realización de este mantenimiento. Aun llevando a cabo un mantenimiento preventivo correcto, al estar funcionando el aerogenerador en condiciones externas difíciles de controlar, se producirán comúnmente fallos de este tipo. En estos casos se realizará lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mantenimiento pequeño correctivo: se da cuando se producen pequeñas averías que provocan el cambio de pequeños componentes del sistema. - Mantenimiento grande correctivo: se da cuando las averías ya son mayores y necesitan el cambio de algún componente importante del sistema como las palas, el generador eléctrico, el eje,... <p><i>Se debe realizar un mantenimiento preventivo mensual, de acuerdo a los siguientes pasos:</i></p> <p>Revisión del interruptor de seguridad</p> <p>DETENGA EL AEROGENERADOR EN UN VIENTO MODERADO (CARGANDO PERO NO PLEGADO). Cuando se detenga la hélice, no se debe observar ni detectar ninguna dificultad inusual o ruido extraño. Cuando se presenta algún ruido mientras se activa el interruptor de frenado, esto puede indicar un cable desconectado.</p> <p>Revisión del estado mecánico</p> <p>OBSERVE Y ESCUCHE DESDE LA BASE DE LA TORRE. Use binoculares. No debe presentarse ningún ruido mecánico, cascabeleo o vibración. La hélice no debe cabecear o tambalearse. Si se requiere, escale o baje la torre para su inspección. No debe presentarse ningún zumbido ni al oído ni al tacto cuando coloque su mano sobre la torre.</p>		

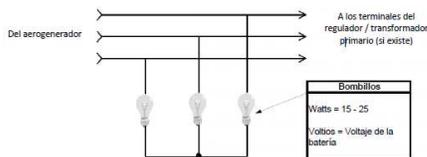
Guía de solución de problemas y reparaciones

Del aerogenerador

Refiérase a los siguientes tres cuadros de guía de solución de problemas y determine si el problema es mecánico o eléctrico. Si es mecánico, siga el cuadro Síntomas de Problemas Mecánicos. Los problemas eléctricos pueden estar en el aerogenerador o en el regulador. Détermine, de la siguiente manera:

- Si el aerogenerador no gira normalmente (los álabes giran lentamente como si el freno estuviera activado): En un día de viento moderado, desconecte todos los cables del aerogenerador en el regulador, uno a la vez. Si el aerogenerador gira, el cable que permite su movimiento llega a un diodo dañado del regulador. Reemplace el diodo.
- Si el aerogenerador no gira, entonces desconecte dos cables, en un día de viento moderado. Si el aerogenerador todavía no desarrolla velocidad, el problema está en el cableado de la torre, en el aerogenerador. Vaya al cuadro Síntomas de Problemas Eléctricos.
- Si el aerogenerador está girando, pero puede tener un problema eléctrico, la “Instalación de Prueba” que se muestra a continuación puede ser de ayuda.

Figura1: Instalación de prueba



Instalación de prueba

- Los bombillos se iluminan uniformemente y su luz se intensifica u opaca con el viento = Todo está bien.
- Un bombillo con baja intensidad significa que un cable del aerogenerador no transmite energía. Revise en orden: Cableado de la torre, anillo colector y escobillas, conexiones del estator y bobinado del estator.
- Un bombillo más brillante significa un diodo abierto en el mismo cable. Siga el diodo del cable y cámbielo.

Anexo L	Manual de instalación, operación y mantenimiento del aerogenerador	1/6
<p>4. Si un bombillo permanece iluminado cuando el interruptor que da al aerogenerador está apagado (Posición OFF) significa que: a) hay una falla en el interruptor de frenado, b) este cable no está conectado a los otros dos.</p> <p>5. Si uno de los bombillos tiene poca intensidad: a) hay una mala conexión de voltaje en el aerogenerador, o b) hay fallas en el bobinado del estator.</p>		
SEGURIDAD EN EL AEROGENERADOR		
<p>Se trata de un factor imprescindible para que el equipo no esté expuesto a factores externos que puedan afectar a su funcionamiento llegando incluso a destruirlo. Un aspecto importante es la atracción de rayos en tormentas eléctricas. Debido a la ubicación de estos equipos hay bastantes posibilidades de que el equipo atraiga a rayos. Por ello, se debe instalar y dimensionar de forma adecuada un sistema de puesta a tierra así como un buen pararrayos.</p>		
<p>Los pararrayos suelen estar formados por un mástil metálico, bien de acero inoxidable, de aluminio o de cobre, y consta de un cabezal que se encuentra unido a tierra mediante un cable conductor que suele ser de cobre. El pararrayos en principio protege una zona teórica en forma cónica con vértice en el cabezal. Por ello, esta zona dependerá de la forma de este cabezal. Mediante un elemento así, se consigue reducir los daños que un rayo puede llegar a provocar sobre los elementos del equipo instalado.</p>		
<p>Conexiones de cable para la turbina de viento</p>		
<p>ADVERTENCIA: No conecte los cables de las baterías hasta que se hayan completado todas las conexiones eléctricas. Conecte el cable va desde la turbina de viento para cables a ejecutarse abajo de la torre usando "perno split" o conectores de soldadura. Siga las buenas prácticas y el uso de un código de color rojo para cable - positivo de la batería, verde para el negativo de la batería, y el negro para la conexión a tierra. Los cables deben ser de un tamaño basado en la turbina a distancia banco de baterías, conexiones aisladas con tubo termo retráctil o cinta aislante de buena calidad. Dejar suficiente bucle de servicio en los cables para acomodar la retirada de la turbina de la torre. Siga el diagrama de ubicado del sistema y pasar los cables para desconectar el interruptor, fusible o disyuntor y el amperímetro. Si se utiliza un interruptor de parada (muy recomendable) Interruptor de giro en OFF hasta que se hayan completado todas las conexiones.</p>		

Módulo 100 Watts SYSM 100S***Mensajes de seguridad***

Los mensajes de seguridad se indican en el presente manual precedidos del símbolo de aviso:

**ADVERTENCIA****ATENCIÓN, PRECAUCIÓN.**

La no observancia de los mensajes de seguridad acompañados del término "PELIGRO" puede derivar en una situación de peligro inminente o potencial. Es imprescindible para un funcionamiento seguro del módulo leer detenidamente y cumplir todas las indicaciones de seguridad recogidas en el presente manual.

Anexo M	Manual de instalación, operación y mantenimiento del módulo fotovoltaico	1/2
---------	---	-----

INSTALACIÓN



PRECAUCIÓN: desembale el modulo en un entorno adecuado y con las herramientas apropiadas. Los módulos deben mantenerse protegidos del agua y la humedad.

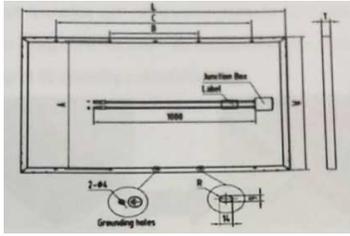
Advertencia

1. No utilice espejos ni ningún tipo de lupa para concentrar la luz solar en el módulo de manera artificial.
2. No toque los conectores con las manos descubiertas. Utilice herramientas aisladas al realizar trabajos de electricidad.
3. Aunque la superficie de cristal de los módulos es bastante duradera y capaz de soportar presión, el cristal podría romperse (el módulo dejara de funcionar adecuadamente), si se cayera o se golpeará con alguna herramienta o con algún otro objeto contundente.
4. Bajo determinadas condiciones, el módulo podría producir una corriente eléctrica o una tensión superior a las medidas obtenidas en circunstancias normales. Por consiguiente, los valores de I_{sc} y de V_{oc} señalados en este módulo deberían multiplicarse por 1,25 a la hora de determinar la tensión nominal de los componentes, la tensión nominal del conductor, las dimensiones de los fusibles y el tamaño de los controles conectados a la salida fotovoltaica.
5. Las labores de instalación del conjunto fotovoltaico deben llevarse a cabo siempre bajo algún tipo de cubierta de protección contra la luz solar. Las labores de instalación y mantenimiento de los módulos solo pueden ser realizados por personal debidamente cualificado.
6. Se debe realizar una inspección visual antes de la instalación para asegurarse de que no existe ningún defecto en el empaquetado, en la caja de conexiones o en superficie del módulo.
7. El usuario debe diseñar y seleccionar un soporte metálico para la instalación que sea adecuado para soportar el peso de los módulos fotovoltaicos. Se deberán elegir dichos soportes según el lugar destinado para la instalación.

Instalación mecánica

Sistema de montaje

Ajuste los tornillos a través de los orificios de montaje según se indica en el siguiente esquema para sujetar el módulo. Si se utilizan todos los orificios de montaje, se puede soportar una carga de hasta 5.400 Pa.



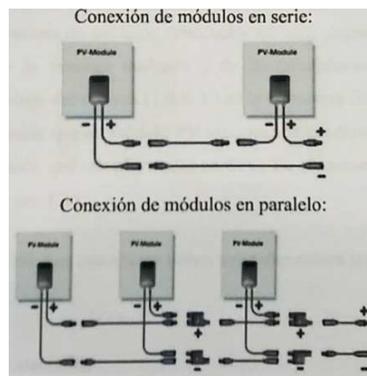
Sitúe los módulos sobre el marco y apriete los tornillos, una vez colocadas las arandelas inferiores. No cubra los orificios de drenaje con otros elementos al instalar los módulos. Ponga la caja de conexiones en la parte superior del módulo para facilitar la correcta ubicación de los orificios de ventilación.

- No sujete la caja de conexiones ni los cables durante el proceso de instalación.
- En caso de instalar el módulo en un tejado, dicho tejado debe haberse transformado en resistente al fuego previamente. No utilice los módulos cerca de elementos o lugares que emanen gases inflamables.
- Si la instalación se realiza en un tejado, el conjunto fotovoltaico deberá cumplir todos los requisitos establecidos por la normativa IEC 61730-2.
- El margen de temperatura ambiente de la ubicación no debe superar -40°C $+85^{\circ}\text{C}$.
- No conecte ni desconecte los módulos bajo carga.
- Si los módulos se instalan en el techo, el montaje de todo el sistema se debe instalar a unos 20 cm del techo. La altura de separación recomendada es de 20 cm. La pendiente de instalación de la serie de PV debe ser de más de 5 pulg/pie (127 mm/305 mm) cuando los módulos se instalan en el techo.

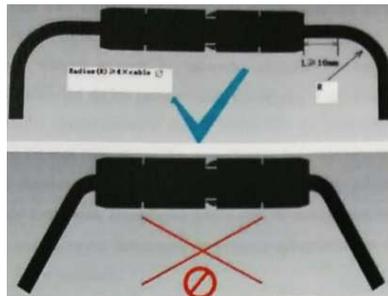
Instalación Eléctrica

Instalación general

- (1) Toma de tierra: Por razones de seguridad, todos los marcos de los módulos deben estar preparados para toma de tierra. No se recomienda el uso de módulos con diferentes Configuraciones (toma (le tierra, ubicado) en el mismo sistema. Las zonas de conexión entre los materiales del marco y la toma de tierra no deben ocasionar corrosión galvánica.
- (2) Cuando los módulos de un sistema fotovoltaico están conectados normalmente en serie o en paralelo, recomendamos métodos sencillos de conexión en serie o en paralelo según se muestra a continuación:



- (3) Para conexiones de campo, use como mínimo alambres de cobre 12 AWG (Alambre E300485 PV) aislados para un mínimo de 90° C. Se sugiere el uso de conectores tipo hembra Tyco 0-1394462-4H, conectores tipo macho 6-1394461-2(+) o conectores MC4.
- (4) El cable no se debe doblar ni aplastar en la salida directa de la junta roscada del cable, incluidos el conector y la caja. Debe mantenerse un radio mínimo de curvatura de $R > 5 \times \text{diámetro del cable}$. El cable se debe canalizar de tal manera que no exista esfuerzo de tracción en el conductor ni en las conexiones. Consulte las siguientes imágenes:



Anexo M	Manual de instalación, operación y mantenimiento del módulo fotovoltaico	1/5
---------	---	-----

Mantenimiento de la instalación solar fotovoltaica

Las instalaciones solares fotovoltaicas, en su conjunto, son fáciles de mantener. Sin embargo, una instalación que no tenga el mantenimiento adecuado fácilmente tendrá problemas en un plazo más o menos corto.

Hay tareas de mantenimiento que de no llevarse a cabo conducirán simplemente a una reducción del rendimiento de la instalación, pero la omisión de otras podrían provocar el deterioro de algunos de los elementos o el acortamiento de su vida útil.

Por todo lo anterior hay un conjunto de tareas que pueden ser realizadas perfectamente por el usuario para alargar la vida útil de estos sistemas.

Mantenimiento del panel fotovoltaico

El mantenimiento básico del panel solar fotovoltaico comprende las acciones siguientes:

- * Limpie sistemáticamente la cubierta frontal de vidrio del panel solar fotovoltaico (se recomienda que el tiempo entre una limpieza y otra se realice teniendo en cuenta el nivel de suciedad ambiental). La limpieza debe efectuarse con agua y un paño suave; de ser necesario, emplee detergente.
- * Verifique que no haya terminales flojos ni rotos, que las conexiones estén bien apretadas y que los conductores se hallen en buenas condiciones. En caso de detectar anomalías, contacte al personal especializado.
- * Verifique que la estructura de soporte esté en buenas condiciones. En caso de que esta no se encuentre protegida contra el intemperismo (es decir, que no sea de aluminio, acero inoxidable o galvanizado), dar tratamiento con pintura antióxido.
- * Poda sistemáticamente los árboles que puedan provocar sombra en el panel solar fotovoltaico. No ponga objetos cercanos que puedan dar sombra, como los tanques de agua y las antenas. En el caso de los árboles se debe prever su poda cuando sea necesario el funcionamiento de todo el sistema.



¡Advertencia!

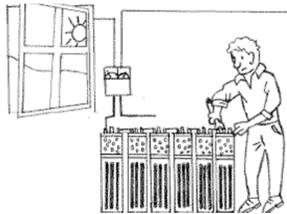
Nunca trate de limpiar suciedades en la cubierta frontal del panel solar fotovoltaico con objetos cortantes o punzantes que puedan dañarlo.

Mantenimiento de la batería de acumulación

La batería de acumulación es el elemento de los sistemas solares fotovoltaicos de pequeña potencia que representa mayor peligro para cualquier persona necesitada de manipularla (aunque sea para un mantenimiento básico), tanto por sus características eléctricas como por las químicas. Por tanto, antes de brindar las reglas de mantenimiento básico se exponen los riesgos fundamentales que pueden ocurrir, así como algunas recomendaciones y consideraciones que deben tenerse en cuenta para evitar accidentes.

Riesgos del electrólito

El electrólito utilizado en las baterías de acumulación de plomo-ácido (comúnmente usadas en estos sistemas) es ácido diluido, el cual puede causar irritación e incluso quemaduras al contacto con la piel y los ojos.



Los procedimientos siguientes se indican para evitar daños personales o disminuir sus efectos:

Si por alguna razón el electrólito hace contacto con los ojos se deben enjuagar inmediatamente con abundante agua durante un minuto, manteniendo los ojos abiertos. Si el contacto es con la piel, lave inmediatamente con abundante agua la zona afectada. En ambos casos, después de esta primera acción neutralizadora, solicite rápidamente atención médica.

Riesgos eléctricos

La batería de acumulación puede presentar riesgos de cortocircuitos. Se recomienda al manipularlas observar las siguientes reglas:

- * Qútese relojes, anillos, cadenas u otros objetos metálicos de adorno personal que pudieran entrar en contacto accidentalmente con los bornes de la batería de acumulación.
- * Siempre que las necesite, use herramientas con mangos aislados eléctricamente.

Anexo M	Manual de instalación, operación y mantenimiento del módulo fotovoltaico	1/7
<p>Riesgos de incendio</p> <p>Las baterías de acumulación presentan riesgos de explosión y por consiguiente de incendio, debido a que generan gas hidrógeno. Se recomienda lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Proporcione una buena ventilación en el lugar de ubicación de la batería de acumulación para evitar acumulación de gases explosivos. * No fume en el área donde está ubicada la batería de acumulación ni prenda chispas para observar el nivel del electrolito. * Mantenga el área de la batería de acumulación fuera del alcance de llamas, chispas y cualquier otra fuente que pueda provocar incendio. * No provoque chispas poniendo en cortocircuito la batería para comprobar su estado de carga, pues también puede provocar explosión. <p>Mantenimiento básico</p> <p>El mantenimiento básico de la batería de acumulación comprende las siguientes acciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Verifique que el local de ubicación de las baterías de acumulación esté bien ventilado y que las baterías se encuentren protegidas de los rayos solares. * Mantenga el nivel de electrolito en los límites adecuados (adicione solamente agua destilada cuando sea necesario para reponer las pérdidas ocasionadas durante el gaseo). Se recomienda, en la práctica, que siempre el electrolito cubra totalmente las placas, entre 10 y 12 mm por encima del borde superior. En caso de que la caja exterior de la batería de acumulación sea transparente y posea límites de nivel del electrolito, este se situará entre los límites máximo y mínimo marcados por el fabricante. * Limpie la cubierta superior de la batería y proteja los bornes de conexión con grasa antioxidante para evitar la sulfatación. * Verifique que los bornes de conexión estén bien apretados. * Verifique que el uso de las baterías sea el adecuado y que su estructura de soporte esté segura y en buen estado. <p>Mantenimiento al controlador de carga para batería de acumulación (CCB)</p> <ul style="list-style-type: none"> * Mantenga el controlador de carga colocado en posición correcta, lugar limpio, seco y protegido de los rayos solares. 		

Anexo M	Manual de instalación, operación y mantenimiento del módulo fotovoltaico	1/8
<p>* Chequee el funcionamiento correcto del controlador de carga. Si detecta ruidos anormales, contacte al personal especializado.</p> <p>* Verifique que las conexiones estén correctas y bien apretadas.</p> <p>* Chequee que el fusible de entrada esté en buen estado.</p> <p>Nota: En caso de que el controlador de carga no funcione, contacte con el personal especializado.</p> <p>Mantenimiento al inversor o convertidor CD/CA</p> <p>* Verifique que el área de ubicación del inversor se mantenga limpia, seca y bien ventilada.</p> <p>* Verifique que el inversor esté protegido de los rayos solares.</p> <p>* Compruebe que el inversor funciona adecuadamente y que no se producen ruidos extraños dentro de él. En caso de que la operación sea defectuosa o no funcione, contacte al personal especializado.</p> <p>Mantenimiento de equipos consumidores y cablerías</p> <p>* El mantenimiento de los equipos consumidores (radios, televisores, refrigeradores, computadoras, etc.), es el mismo que se le hace a éstos cuando funcionan conectados al Sistema Nacional Interconectado.</p> <p>* En el caso del refrigerador, se ubica en un lugar bien ventilado para garantizar un uso más eficiente y por tanto no debe cambiarlo de lugar sin la consulta del especialista.</p> <p>* Verifique que todos los empalmes y conexiones estén fuertemente apretados para evitar falsos contactos, y protegidos adecuadamente con cinta aislante. Limpie regularmente el tubo fluorescente y la cubierta protectora de las lámparas (en caso que la posea), a fin de obtener un mayor nivel de iluminación.</p> <p>¡Muy importante!</p> <p>Si un componente del sistema no funciona adecuadamente y su solución está fuera de las acciones que se han establecido en el manual básico, contacte inmediatamente con el personal especializado. No acuda a personas no autorizadas ni trate usted mismo de solucionar el problema. Con esta medida se evitan accidentes y daños a la instalación</p>		

Anexo M	Manual de instalación, operación y mantenimiento del módulo fotovoltaico	1/9
<p>Recomendaciones y consejos útiles</p> <ul style="list-style-type: none"> * Desconecte los equipos electrodomésticos en los días de tormentas eléctricas fuertes y ciclones para evitar que una descarga atmosférica pueda averiarlos. * No conecte al sistema equipos electrodomésticos o de otro tipo que no hayan sido considerados en el diseño, sin consultar a los especialistas, ya que una sobrecarga por consumo excesivo puede provocar su mal funcionamiento. * No permita que otros usuarios se conecten a su instalación (no hacer tendederas). * No conecte equipos de potencia superior a la del inversor CD/CA, pues esta sobrecarga puede dañarlo. * Almacene el agua destilada en recipientes plásticos o de cristal; siempre que vaya a añadir agua destilada a la batería de acumulación, use también embudo de plástico o cristal (en ningún caso emplee recipientes metálicos). * Una vía para recolectar agua destilada es en los días de lluvia. Una vez que comience a llover, espere de 10 a 15 minutos y luego coloque un recipiente abierto, de plástico o cristal, al aire libre. Nunca recolecte agua de techos, canaletas y otros medios. * No utilice, en sustitución del agua destilada para rellenar la batería de acumulación, agua de río, hervida u otro tipo que no sea la recomendada, ya que esto daña la vida útil de la batería de acumulación. * Fíjese regularmente en los indicadores lumínicos del controlador de carga y en caso de notar que alguno de ellos no enciende, contacte inmediatamente al personal especializado. * Si alguna lámpara no enciende y el tubo fluorescente no está fundido ni defectuoso, revise tanto el fusible (si lo tiene) como el interruptor. Si alguno está defectuoso, reemplácelo por otro. * Recuerde siempre que en los sistemas fotovoltaicos la energía es limitada, por tanto es necesario su ahorro al máximo, es decir, no mantenga luces o equipos encendidos innecesariamente. 		