



**Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

**UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y  
APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA**

**TESIS DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERO ELECTROMECAÁNICO**

**TEMA:**

“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, PARQUE NACIONAL COTOPAXI EN EL PERIODO 2014”

**AUTORES:**

TOAPANTA AGUILAR RODRIGO  
SEBASTIAN  
HIDALGO GUERRERO JORGE  
LUIS

**DIRECTOR:**

ING. ALVARO MULLO. Mg.C

**ASESOR METODOLÓGICO:**

Dr. MARCELO BAUTISTA Msc

**LATACUNGA – ECUADOR**

**2016**



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi



Trabajo de  
Grado  
CIYA

**COORDINACIÓN  
TRABAJO DE GRADO**

### **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO**

En calidad de Miembros del Tribunal de Grado 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:

- Toapanta Aguilar Rodrigo Sebastián
- Hidalgo Guerrero Jorge Luis

Con la tesis, cuyo título es: “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, PARQUE NACIONAL COTOPAXI EN EL PERIODO 2014”

Ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometidos al Acto de Defensa de Tesis en la fecha y hora señalada.

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

Latacunga, 04 de enero de 2016

Para constancia firman:

---

**ING. Mgc. EDWIN MOREANO  
PRESIDENTE**

---

**ING. CRISTIAN GALLARDO.  
OPOSITOR**

---

**DR. SEGUNDO MONTALUISA.  
MIEMBRO**

---

**ING. Mgc. ALVARO MULLO  
TUTOR (DIRECTOR)**

## AUTORÍA

Yo Toapanta Aguilar Rodrigo Sebastián e Hidalgo Guerrero Jorge Luis, declaré bajo juramento que el presente trabajo de investigación **“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, PARQUE NACIONAL COTOPAXI EN EL PERIODO 2014”**, como también los contenidos, ideas, análisis, conclusiones y propuesta son de exclusiva responsabilidad de los autores.

.....  
Toapanta Aguilar Rodrigo Sebastián

172186172-0

.....  
Hidalgo Guerrero Jorge Luis

171818732-9

## **AVAL DE DIRECTOR**

En calidad de Directo de trabajo de investigación sobre el tema: **“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, PARQUE NACIONAL COTOPAXI EN EL PERIODO 2014”**, de Rodrigo Sebastián Toapanta Aguilar y Jorge Luis Hidalgo Guerrero egresados de la carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos Metodológicos y aportes Científico – Técnicos suficientes para ser sometida a la evaluación del Tribunal de grado, que el Honorable Consejo Académico de la Unidad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

ING. ALVARO MULLO. Mg.C

**DIRECTOR DE TESIS**

## AVAL DE ASESOR METODOLÓGICO

En calidad de asesor metodológico del Trabajo de Investigación sobre el tema: **“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, PARQUE NACIONAL COTOPAXI EN EL PERIODO 2014”**, de Rodrigo Sebastián Toapanta Aguilar y Jorge Luis Hidalgo Guerrero, egresados de la carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos Metodológicos y aportes Científico – Técnicos suficientes para ser sometida a la evaluación del Tribunal de grado, que el Honorable Consejo Académico de la Unidad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación..

DR. MARCELO BAUTISTA Msc.

**ASESOR METODOLÓGICO**

**CERTIFICADO DEL PRESIDENTE DE LA ASOCIACION DE  
PRODUCTORES PECUARIOS SINCHOLAGUA “HACIENDA LA  
MERCED”**

Yo, **CHANGOLUIZA GUALOTUÑA FREDY GONZALO**, portador de C.C. # 170954220-1 presidente de la asociación de productores pecuarios Sincholagua, hacienda la Merced:

**CERTIFICÓ:** que los señores Toapanta Aguilar Rodrigo Sebastián portador de la cedula de identidad N° 172186172-0, e Hidalgo Guerrero Jorge Luis portador de la cedula de identidad N° 171818732-9 realizaron el “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, PARQUE NACIONAL COTOPAXI EN EL PERIODO 2014”

Y que dicho sistema está en funcionamiento desde el septiembre del 2015 hasta la presente fecha.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, facultando al interesado hacer el uso del presente en la forma que estime conveniente a sus intereses, siempre y cuando se use en forma legal.

-----

C.I.: 170954220-1

**CHANGOLUIZA GUALOTUÑA FREDY GONZALO**

## DEDICATORIA

*Dedico este proyecto de tesis a Dios por estar con migo a cada paso que doy cuidándome y dándome fortaleza para continuar.*

*A mis padres Víctor Toapanta y María Aguilar quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo un pilar fundamental en todo momento, quienes a través de su esfuerzo y trabajo me dieron una oportunidad de tener una carrera para mi futuro y superación, inculcando en mí el deseo de superación, brindándome toda su paciencia y amor, gracias por ser el motor en mi vida, gracias por todo, gracias por creer en mí.*

*A mi hermano y gran mentor Ángel quien con sus consejos supo guiarme y enseñarme que hay que llenarse de conocimientos, para poder enfrentar al mundo con la mejor arma que es la inteligencia.*

*A mis hermanas Mayra y Evelyn, quienes estuvieron siempre ahí, dándome fuerzas para seguir adelante y sobre todo la confianza y apoyo que nunca faltó.*

*A mis hermosos sobrinos/as quienes con sus locuras hacen de nuestras vidas una inmensa felicidad.*

***Sebastián Toapanta***

## DEDICATORIA

*Quiero dedicar el presente trabajo a toda mi familia.*

*A mi bella esposa Lilitiana, por su comprensión, por su empeño, por su fuerza, por su amor, por ser tal como es, es por eso que la quiero. Ella es la persona que más directamente ha sufrido las consecuencias de mi trabajo realizado. Realmente ella me llena por dentro para conseguir un equilibrio que me permita dar el máximo de mí. Nunca le podre estar suficientemente agradecido.*

*A mi preciosa hija Camila quien con su sonrisa y alegría me demuestra que cada día vale la pena vivir, y cuando me dice papá me llena de una satisfacción que me recuerda el compromiso que tengo para con ella de seguir en adelante para darle lo mejor.*

*Jorge Hidalgo*



## AGRADECIMIENTOS

*En todo momento fue mi fortaleza para continuar luchando día tras día por la consecución de mi objetivo, por eso mi mayor agradecimiento es para Dios, el ser supremo que me brindó su apoyo en todo instante.*

*A mis padres y hermanos/as por su amor, esperanza, paciencia y capacidad de sacrificios demostrados desde siempre, por ser el pilar fundamental para el logro de una meta más de mi Carrera Profesional.*

*A las autoridades y docentes de la Universidad Técnica de Cotopaxi, de manera especial al Ing. Álvaro Mullo por los conocimientos impartidos, eso permitió culminar con éxito mi trabajo investigación.*

*Finalmente un agradecimiento a todos mis compañeros y amigos quienes durante todo este tiempo de estudio supieron demostrar su compañerismo y lealtad en el transcurso de mi carrera.*

***Sebastián Toapanta.***

## AGRADECIMIENTOS

*Antes que a todos quiero agradecer a Dios por darme las fuerzas necesarias en los momentos en que más las necesité y bendecirme la posibilidad de caminar a su lado durante toda mi vida.*

*A mi amor eterno, por brindarme su inmenso amor, conocimiento y sobre todo tenerme mucha comprensión y paciencia durante estos años de mi vida y quien ha sido una pieza clave en mi desarrollo profesional. Mil gracias, lo que importa es que hoy estamos juntos y siempre la llevare en mi corazón y le deseo lo mejor. Gracias por existir en mi vida y este triunfo es para ella. Te amo mucho Lilitiana Quinapaxi.*

*A los docentes de la Universidad Técnica de Cotopaxi que me han acompañado durante el largo camino, brindándome siempre su orientación con profesionalismo ético en la adquisición de conocimientos y afianzando mi formación.*

*Jorge Hidalgo*

## ÍNDICE

Aprobacion del Tribunal de Grado _____	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Autoría _____	I
Aval de Director _____	II
Aval de asesor metodológico _____	III
Certificado del presidente de la asociacion de productores pecuarios sincholagua “Hacienda la Merced” _____	IV
Dedicatoria _____	V
Dedicatoria _____	VIII
Agradecimientos _____	IX
Agradecimientos _____	X
Resumen _____	XX
Aval de Traducción _____	XXII
Introducción _____	XXIII
CAPÍTULO I _____	1
1.1 Marco Teórico _____	1
1.1.1 Antecedentes _____	1
1.1.2 El viento y sus características _____	2
1.1.3 Características físicas de los vientos. _____	3
1.2 Energía eólica en el ecuador _____	4
1.3 Aerogeneradores _____	5
1.3.1 Tipos de aerogeneradores _____	6
1.3.2 Cálculo del aerogenerador _____	11
1.4 Cálculo de velocidad total del viento: _____	13
1.4.1 Medición de la velocidad del viento _____	17
1.4.2 Velocidad del viento _____	19
1.5 Torre _____	20
1.6 Energía solar _____	21
1.6.1 Conversión directa de la energía solar en electricidad _____	22
1.6.2 Panel solar fotovoltaico _____	23
1.6.3 Inclinación de los paneles. _____	24
1.6.4 Cálculo del generador fotovoltaico. _____	25
1.6.5 Estimación de pérdidas _____	26
1.6.6 Dimensionamiento de paneles solares. _____	27

1.7	Generación fotovoltaica en Ecuador	28
1.7.1	Potencia máxima de salida del panel solar fotovoltaico durante el día.	30
1.7.2	Mediciones en la energía solar fotovoltaica.	32
1.8	Instrumentos de medición	32
1.8.1	El piranómetro	32
1.8.2	El medidor fotovoltaico	33
1.8.3	Insolación	33
1.9	Metodología de selección del sistema fotovoltaico.	36
1.9.1	Determinación de las horas solar pico (hps)	36
1.9.2	Cálculo de la corriente máxima de consumo.	36
1.10	Material de fabricación y estructura de los paneles solares fotovoltaicos.	36
1.11	Vida útil de una instalación fotovoltaica.	38
1.12	Instalaciones aisladas	39
1.13	Componentes de un sistema fotovoltaico aislado.	40
1.13.1	Módulos fotovoltaicos.	40
1.14	Definiciones de tabla de características que comúnmente contiene una placa de un panel solar fotovoltaico.	41
1.14.1	Voltaje máxima potencia ( $v_{mp}$ )	41
1.15	Sistemas Híbridos	45
1.15.1	Sistemas híbridos de energías renovables	45
1.15.2	Sistema híbrido eólico-fotovoltaico	46
1.15.3	Dimensionamiento del controlador.	47
1.15.4	Dimensionamiento del acumulador	48
1.15.5	Dimensionamiento del inversor.	49
1.15.6	Dimensionamiento de los conductores.	49
1.15.7	Conductores awg normalizados.	50
1.15.8	Instalaciones híbridas	51
1.15.9	Ventajas y desventajas de los sistemas híbridos	52
1.16	Generalidades del cantón Mejía	53
1.16.1	Clima	53
1.16.2	Población	53
1.16.3	Organización sociopolítica	54
1.16.4	Ubicación geográfica	54
1.16.5	Sistema de posicionamiento global. (gps satelital)	54
CAPITULO II		56
2.1	Análisis e interpretación de resultados	56

2.2	Diseño de la investigación _____	56
2.3	Metodología _____	56
2.4	Métodos de investigación _____	56
2.5	Tipos de investigación _____	56
2.6	Técnicas de investigación _____	57
2.7	Nivel de investigación _____	58
2.8	Población y muestra _____	58
2.9	Análisis de resultados de encuestas. _____	59
2.10	Instrumentos de recolección de datos. _____	66
2.10.1	Estación meteorológica anemómetro (ambient weather ws-2080). _____	66
2.10.2	Estación meteorológica piranómetro (solar power meter sp- 216) _____	67
2.11	Estudio eólico en la zona _____	69
2.12	Estudio solar en la zona _____	77
2.13	Promedio de radiación solar al año _____	87
2.14	Hipótesis _____	89
CAPITULO III _____		90
3.1	Propuesta _____	90
3.1.1	Desarrollo de la propuesta _____	90
3.1.2	Datos informativos. _____	90
3.1.3	Antecedentes de la propuesta _____	90
3.1.4	Justificación _____	91
3.1.5	Objetivos _____	92
3.1.5.2	Objetivos específicos _____	92
3.2	Análisis de factibilidad _____	92
3.3	Dimensionamiento del sistema de captación de energía solar. _____	94
3.3.1	Cálculo de la energía requerida del sistema o demanda energética. _____	94
3.3.2	Estimación de pérdidas. _____	95
3.3.3	Rendimiento global de la instalación fotovoltaica. _____	95
3.3.4	Dimensionamiento de los paneles. _____	95
3.3.5	Dimensionamiento del sistema de acumulación _____	96
3.3.6	Dimensionamiento del inversor. _____	97
3.3.7	Dimensionamiento del regulador (controlador). _____	98
3.3.8	Dimensionamiento de los conductores. _____	98
3.3.9	Dimensionamiento del sistema de captación de energía eólica. _____	100
3.3.10	Dimensionamiento del aerogenerador _____	101
3.4	Análisis de los cálculos del sistema. _____	102

3.5	Diseño del diagrama unifilar del sistema hibrido_____	103
3.6	Listado de equipos y sus características técnicas del sistema hibrido._	103
3.6.1	Turbina missouri confederado 500 vatios 5 alavases de viento. __	103
3.6.2	Módulo solar renogy rng-100d _____	106
3.6.3	Especificaciones técnicas del módulo solar. _____	107
3.6.4	Controlador de carga. _____	107
3.6.5	Especificaciones del inversor whistler (1600w/3200w). _____	109
3.6.6	Especificaciones de la batería (30h102l)_____	111
3.7	Instalación del sistema hibrido. _____	111
3.8	Bases para el anclaje de la torre. _____	111
3.8.1	Anclajes de sujeción de la torre. _____	112
3.9	Adecuación del cableado eléctrico en la vivienda. _____	113
3.10	Construcción de la torre. _____	113
3.10.1	Construcción. _____	113
3.10.2	Implementación de los equipos en la torre. _____	115
3.11	Instalación del sistema eólico. _____	116
3.12	Instalación del banco de baterías. _____	117
3.13	Instalación de protecciones del sistema. _____	117
3.14	Conexiones a tierra. _____	118
3.15	Prueba de generación eléctrica instalada. _____	118
3.16	Costo económico del proyecto. _____	118
3.17	Conclusiones _____	120
3.18	Recomendaciones _____	121
	Bibliografía _____	123
	Anexos _____	1

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Nuevos proyectos de generación de energía _____	4
Tabla 1.2: Proyectos eólicos en el Ecuador _____	5
Tabla 1.3: Clases y longitudes de Rugosidad _____	14
Tabla 1.4: Inclinación en función de la latitud _____	24
Tabla 1.5: Demanda energética cargas DC _____	25
Tabla 1.6: Demanda energética cargas AC. _____	26
Tabla 1.7: Generación fotovoltaica en el Ecuador _____	29
Tabla 1.8: Caídas de tensión de los conductores entre componentes _____	49
Tabla 1.9: Tabla de valores según electrocables _____	50
Tabla 1.10: Valores normalizados cables A.W.G _____	51
Tabla 1.11: Datos de gps obtenidos en la Hacienda La Merced _____	55
Tabla 2. 1: Consideracion para implementar un pico generador hibrido eólico y solar _____	59
Tabla 2. 2: Conocimiento sobre energias renovables en el país. _____	60
Tabla 2. 3: Problemas de energía eléctrica en la Hacienda La Merced _____	61
Tabla 2. 4: Iluminación dotadas por energias renovables. _____	62
Tabla 2. 5: Un sistema hibrido eólico y solar puede sustituir la energía eléctrica convencional _____	63
Tabla 2. 6: La energía eléctrica obtenida será más económica. _____	64
Tabla 2. 7: La implementación de un pico generador hibrido eólico y solar para dotara de energía eléctrica a la Hacienda “La Merced” _____	65
Tabla 2. 8: Tabulación de datos de velocidad de viento y dirección del viento _____	67
Tabla 2. 9: Promedio anual de velocidad de viento _____	77
Tabla 2. 10: Datos obtenidos durante el mes de enero del 2015 _____	78
Tabla 2. 11: Datos obtenidos durante el mes de febrero del 2015. _____	79
Tabla 2. 12: Datos obtenidos durante el mes de marzo del 2015 _____	81
Tabla 2. 13: Datos obtenidos durante el mes de abril del 2015. _____	82
Tabla 2. 14: Datos obtenidos durante el mes de mayo del 2015. _____	84
Tabla 2. 15: Datos obtenidos durante el mes de junio del 2015. _____	85

Tabla 2. 16: Insolación global anual promedio (CONELEC) para la zona de Cotopaxi	87
Tabla 2. 17: Promedio global de datos meteorológicos del año 2015.	87
Tabla 3. 1: Demanda energética diaria en la Hacienda la Merced.	94
Tabla 3. 2: Coeficiente de pérdidas del sistema	95
Tabla 3. 3: Datos para dimensionamiento de paneles	95
Tabla 3. 4: Caídas de tensión en conductores	99
Tabla 3. 5: Datos para el cálculo del promedio	100
Tabla 3. 6: Especificaciones técnicas del módulo solar	107
Tabla 3. 7: Especificaciones técnicas del inversor pro-1600w	110
Tabla 3. 8: Especificaciones técnicas batería (30h102l).	111
Tabla 3. 9: Especificaciones técnicas batería (30h102l).	113
Tabla 3. 10: Costo económico del sistema híbrido	118



## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Grafico N° 1. 1: Distribución de vientos a escala global _____	2
Grafico N° 1. 2: Aerogenerador tipo savonius _____	7
Grafico N° 1. 3: Aerogenerador tipo darrieus _____	7
Grafico N° 1. 4: Aerogenerador tipo giromill _____	8
Grafico N° 1. 5: Aerogenerador tipo windside _____	8
Grafico N° 1. 6: Aerogenerador tipo tripala _____	9
Grafico N° 1. 7: Aerogenerador tipo bipala _____	10
Grafico N° 1. 8: Aerogenerador tipo monopala _____	10
Grafico N° 1. 9: Aerogenerador tipo barlovento _____	11
Grafico N° 1. 10: Aerogenerador tipo sotavento _____	11
Grafico N° 1. 11: Área de barrido por las aspas del rotor _____	12
Grafico N° 1. 12: Aerogenerador tipo torre de celosía _____	16
Grafico N° 1. 13: Aerogenerador tipo torre tubular _____	16
Grafico N° 1. 14: Estación Meteorológico Ambient Weather Ws-2080 Wireless	18
Grafico N° 1. 15: Rosas de viento características para un flujo dominante dentro de un valle en una planicie sur por encima de las elevaciones extremas de un valle. _____	19
Grafico N° 1. 16: Tipos de torres _____	21
Grafico N° 1. 17: Principio de una celda solar para la conversión directa de energía solar en electricidad _____	23
Grafico N° 1. 18: Energía solar fotovoltaica _____	24
Grafico N° 1. 19: Efecto fotoeléctrico _____	30
Grafico N° 1. 20: Comportamientos del panel fotovoltaico en un día _____	31
Grafico N° 1. 21: Curva de potencia máxima en función de la hora del día. ____	31
Grafico N° 1. 22: Pirómetro (Solar Power Meter Sp- 216) _____	33
Grafico N° 1. 23: Medidor fotovoltaico _____	33
Grafico N° 1. 24: Curva de irradiación diaria y horas solares pico _____	34
Grafico N° 1. 25: Movimiento aparente del sol en función de la hora del día y la época del año _____	35
Grafico N° 1. 26: Panel solar de silicio monocristalino _____	37
Grafico N° 1. 27: Panel solar de silicio policristalino _____	38

Grafico N° 1. 28: Panel formado con células de silicio amorfo _____	38
Grafico N° 1. 29: Esquema general de una instalación autónoma _____	40
Grafico N° 1. 30: Componentes de un sistema fotovoltaico aislado _____	41
Grafico N° 1. 31: Curva característica de voltaje de un módulo fotovoltaico ____	42
Grafico N° 1. 32: Curva característica de la corriente de un módulo fotovoltaico	42
Grafico N° 1. 33: Componentes de un sfd básico _____	45
Grafico N° 1. 34: Esquema de generación eléctrica de híbrido eólico-solar ____	46
Grafico N° 1. 35: Ubicación geográfica de la Hacienda la Merced _____	54
Gráfico N° 2. 1: Porcentaje para implementar un pico generador híbrido eólico y solar _____	59
Gráfico N° 2. 2: Porcentaje sobre el conocimiento sobre energías renovables en el país. _____	60
Gráfico N° 2. 3: Porcentaje de problemas de energía eléctrica en la hacienda la Merced. _____	61
Gráfico N° 2. 4: Porcentaje de iluminación dotadas por energías renovables. ____	62
Gráfico N° 2. 5: Porcentaje de un sistema híbrido eólico y solar puede sustituir la energía eléctrica convencional _____	63
Gráfico N° 2. 6: Porcentaje de la energía eléctrica obtenida será más económica.	64
Gráfico N° 2. 7: Porcentaje la implementación de un pico generador híbrido eólico y solar para dotar de energía eléctrica a la hacienda “La Merced” ____	65
Gráfico N° 2. 8: Software de control del sistema de la estación meteorológica ____	66
Gráfico N° 2. 9: Registro de datos en microsoft excel _____	68
Gráfico N° 2. 10: Velocidad de viento mes de enero del 2015 _____	69
Gráfico N° 2. 11: Dirección del viento _____	69
Gráfico N° 2. 12: Velocidad de viento mes de febrero del 2015 _____	69
Gráfico N° 2. 13: Dirección del viento _____	70
Gráfico N° 2. 14: Velocidad de viento mes de marzo del 2015 _____	71
Gráfico N° 2. 15: Dirección del viento _____	71
Gráfico N° 2. 16: Velocidad de viento mes de abril del 2015 _____	72
Gráfico N° 2. 17: Dirección del viento _____	72
Gráfico N° 2. 18: Velocidad de viento mes de mayo del 2015 _____	73

Gráfico N° 2. 19: Dirección del viento	73
Gráfico N° 2. 20: Velocidad de viento mes de junio del 2015	74
Gráfico N° 2. 21: Dirección del viento	74
Gráfico N° 2. 22: Velocidad de viento mes de julio del 2015	75
Gráfico N° 2. 23: Dirección del viento	75
Gráfico N° 2. 24: Velocidad de viento mes de agosto del 2015	76
Gráfico N° 2. 25: Dirección del viento	76
Gráfico N° 2. 26: Promedio anual en la hacienda La Merced.	77
Gráfico N° 2. 27: Promedio durante el mes de enero	79
Gráfico N° 2. 28: Promedio durante el mes de febrero	80
Gráfico N° 2. 29: Promedio durante el mes de marzo	82
Gráfico N° 2. 30: Promedio durante el mes de abril	83
Gráfico N° 2. 31: Promedio durante el mes de mayo	85
Gráfico N° 2. 32: Promedio durante el mes de junio	86
Gráfico N° 2. 33: Insolación global	87
Gráfico N° 2. 34: Insolación total del año 2015 hacienda La Merced	88
Gráfico N° 3. 1: Curva característica del aerogenerador	104
Gráfico N° 3. 2: Panel solar renogy rng-100d	106
Gráfico N° 3. 3: Controlador de carga	108
Gráfico N° 3. 4: Inversor whistler pro (1600w)	109
Gráfico N° 3. 5: Base para la torre.	112
Gráfico N° 3. 6: Bases para anclajes de tensores de la torre.	112
Gráfico N° 3. 7: Perforaciones en la plancha de acero	113
Gráfico N° 3. 8: Soldada de la primera parte en la plancha de acero	114
Gráfico N° 3. 9: Tubo doblado en caliente	114
Gráfico N° 3. 10: Uniones para la torre	115
Gráfico N° 3. 11: Uniones para la torre	115
Gráfico N° 3. 12: Levantamiento de la torre con todos los equipos instalados	117

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS CARRERA DE INGENIERIA ELECTROMECHANICA



### RESUMEN

Este trabajo está encaminado al análisis e implementación de equipos para un sistema híbrido aprovechando los recursos eólicos y solares de la zona, como es el caso de la asociación de productores pecuarios Sincholagua, hacienda “La Merced”, para la generación de energía eléctrica, el mismo que servirá de apoyo para trabajos de investigación a futuro. La aplicación de tecnologías limpias renovables, están orientadas a dar una solución para la búsqueda de alternativas menos contaminantes y rentables a largo plazo, esto permitirá que la asociación de productores pecuarios Sincholagua, hacienda “La Merced”, no dependan totalmente de las centrales hidroeléctricas que proveen de energía al país.

Para dimensionar un sistema híbrido basado en generadores fotovoltaicos y eólicos con almacenamiento por medio de baterías, es necesario identificar todas las combinaciones posibles que ofrecen un determinado nivel de satisfacción o fiabilidad, la óptima opción se obtiene al valorar el costo económico de cada una de las posibilidades para un mismo nivel de fiabilidad. Por lo que se está seguro que la energía eólica y solar es una gran alternativa ya que se puede generar energía eléctrica en la asociación de productores pecuarios de la hacienda “La Merced”, mediante la velocidad del viento y la radiación solar, incluso este tipo de energía sería adaptable en todo el lugar ya que no se necesita una gran aplicación en su costo y su beneficio como en los lugares más olvidados o alejados de la red eléctrica.

# COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY

## ACADEMIC UNIT OF SCIENCE IN ENGINEERING AND APPLIED ENGINEERING IN ELECTROMECHANICAL



### ABSTRACT

This work is aimed at the analysis and implementation of equipment for a hybrid system take in account resources wind and solar in the area, as it is the case of the Association of Livestock Producers Sincholagua, Hacienda "La Merced", for the generation of electricity, which will serve as a support for researching in the future. The implementation of clean renewable technologies are aimed to provide a solution to the search for cleaner and cost-effective alternatives in the long term, this will allow the Association of Livestock Producers Sincholagua, Hacienda "La Merced", don't dependent completely from the plants power that provide energy to the country. For a rigorous dimensioning a hybrid system based on photovoltaic and wind power generators with storage through batteries, it is necessary to identify all possible combinations that offer a certain level of satisfaction or reliability, the optimal choice is obtained to evaluate the cost of each to possibilities to a same level of reliability. Consequently the wind and solar power is a great alternative because electric power can be generated in the Association of Livestock Producers in Hacienda "La Merced" using the wind velocity and solar radiation, even this type of energy would be adaptable in all over the place because there is no need a great application on its cost and its benefit as in the places most forgotten or away from electrical connection.

## **AVAL DE TRADUCCION**

## INTRODUCCION

Entre los principales temas de discusión que se plantea actualmente la sociedad, demandando gran cantidad de esfuerzo en aspectos de investigación y desarrollo, está la búsqueda de fuentes de energía alternativas que contribuyan a disminuir la dependencia energética de los combustibles fósiles. En este contexto, el estudio de las llamadas “energías alternativas”, es de suma importancia, pues la tecnología involucrada está encaminada al aprovechamiento de recursos considerados inagotables como el sol, el viento, el agua, la vegetación o el calor del interior de la tierra.

Actualmente, una de las formas de generación eléctrica mediante la utilización de energías alternativas es la híbrida eólica y solar, que presenta numerosas ventajas respecto de las formas convencionales de producción de electricidad.

En el Capítulo I se establecen los fundamentos teóricos basados en las energías renovables enfocados en energía solar-eólica, se describe el funcionamiento de los componentes que conforman para la captación de esos recursos. Así como también el análisis de las ecuaciones que usaremos para establecer y dimensionar cada uno de los componentes que utilizaremos.

En el Capítulo II se da a conocer los métodos y técnicas de investigación aplicados. Se procede a realizar tabulaciones y representaciones gráficas de las diferentes mediciones realizadas en el lugar de estudio para el análisis e interpretación de resultados que muestra cada uno de los meses.

Y por último en el Capítulo III, se plantea el desarrollo de la propuesta, es decir, el análisis y dimensionamiento del sistema de captación solar-eólico en base a los datos obtenidos en el capítulo anterior y equipos a utilizarse en la generación eléctrica. Con la ejecución de las pruebas realizadas a cada uno de los equipos, se establece las conclusiones y recomendaciones finales respecto al desarrollo del proyecto. El trabajo concluye con la instalación y la adecuación de la vivienda unifamiliar en dicho sector.

# CAPÍTULO I

## 1.1 MARCO TEÓRICO

### 1.1.1 Antecedentes

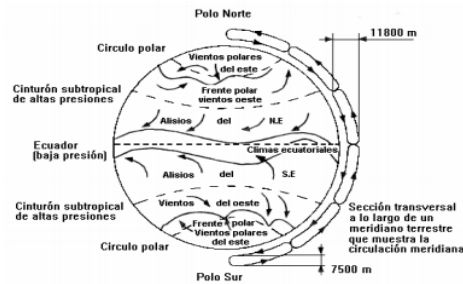
Varias evaluaciones científicas han demostrado que los recursos eólicos son enormes y están bien dispersos por los cinco continentes. **Lopez, J.M Escudero. 2004.** Manual De Energia Eolica. Madrid : S.A. Mundi-Prensa Libros, 2004. Pág. 97. En el caso de Ecuador, los vientos se producen debido a las diferencias térmicas en los valles, en la zona de los Andes o en las zonas costeras. Estos antecedentes confirman el hecho de que existen vientos que pueden ser utilizados en beneficio de la generación energética del país. **Moncada Sánchez, José. 2004.** Ecuador: un país en transición. Loja : Gallor Rojo, 2004. Pág. 104.

La energía eólica es aquella que podemos obtener de la energía producida por la fuerza del viento. El viento es uno de los recursos más atractivos, a pesar de su naturaleza intermitente y variable, como se muestra en el gráfico N° 1.1. La utilización del viento como una fuente de energía ha sido tema de interés en todo el mundo en la última década.

La energía eólica es un recurso muy variable, tanto en el tiempo como en el lugar, pudiendo cambiar mucho en distancias muy reducidas. En general, las zonas costeras y las cumbres de las montañas son las más favorables y mejor dotadas para el aprovechamiento del viento con fines energéticos.



**Grafico N° 1. 1: DISTRIBUCIÓN DE VIENTOS A ESCALA GLOBAL**



**FUENTE:** Manual de Aplicación de la Energía Eólica

**RECOPIADO POR:** Los Investigadores

### 1.1.2 El viento y sus características

**Castillo, F. E., Y F. Castellvi Sentis. 2010.** Vientos. Madrid : Ediciones Mundi-Prensa, 2010. Pág. 517. Se denomina viento al flujo de gases a gran escala que es resultado de grandes corrientes de convección en la atmósfera de la Tierra, impulsadas por la energía térmica solar.

El viento es el movimiento del aire. Los vientos globales se generan como consecuencia del desplazamiento del aire desde zonas de alta presión a zonas de baja presión, determinando los vientos dominantes de un área o región. Aun así hay que tener en cuenta numerosos factores locales que influyen o determinan los caracteres de intensidad y periodicidad de los movimientos del aire. Estos factores, difíciles de simplificar por su multiplicidad, son los que permiten hablar de vientos locales, los cuales son en muchos lugares más importantes que los de carácter general. Estos tipos de vientos son los siguientes:

- Brisa marina
- Brisa de valle
- Brisa de montaña

**Viento catabático:** Vientos que descienden desde las alturas al fondo de los valles producido por el deslizamiento al ras de suelo del aire frío y denso desde los elementos del relieve más altos. Aparecen de forma continuada en los grandes glaciares, adquiriendo enormes proporciones en los inlandsis de Groenlandia y de

la Antártida, donde soplan a velocidades continuas que superan los 200 km/h motivado por la ausencia de obstáculos que frenen su aceleración.

**Viento anabático:** Vientos que ascienden desde las zonas más bajas hacia las más altas a medida que el sol calienta el relieve.

El viento actúa como agente de transporte, en efecto, interviene en la polinización anemófila, en el desplazamiento de las semillas. Es también un agente erosivo.

La velocidad o intensidad de los vientos suele medirse utilizando la Escala de Beaufort.

### **1.1.3 Características físicas de los vientos.**

El estudio sistemático de las características del viento es muy importante para:

Dimensionar estructuras de edificios como silos, grandes galpones, edificaciones elevadas, etc.;

Diseñar campos de generación eólica de energía eléctrica;

Diseñar protección de márgenes en embalses y los taludes de montante en las presas.

La medición de la velocidad y dirección del viento se efectúa con instrumentos registradores llamados anemómetros, que dispone de dos sensores, uno para medir la velocidad y otro para medir la dirección del viento. Las mediciones se registran en anemógrafos.

Para que las mediciones sean comparables con las mediciones efectuadas en otros lugares del planeta, las torres con los sensores de velocidad y dirección deben obedecer a normativas estrictas dictadas por la OMM - Organización Meteorológica Mundial.

Sabemos que en ocasiones el viento sopla con mayor velocidad y otras veces hay calma. Puedes ver estas diferencias, cuando se mecen de un lado a otro las hojas de los árboles. El viento alcanza mayor velocidad cuando existe mucha diferencia

entre las temperaturas del lugar desde donde procede el viento y del lugar hacia donde se dirige.

Para medir la velocidad del viento se utiliza el anemómetro, palabra procedente del griego, *anemos*, que significa viento; y *metron*, medida.

El anemómetro en general, consta de varias semiesferas huecas que giran más rápido cuanto mayor es la velocidad del viento. El viento, al soplar, empuja las semiesferas y estas hacen girar el eje. El número de vueltas por minuto se traduce en la velocidad del viento, es decir la distancia que recorre en un tiempo dado.

El viento siempre sopla en una dirección determinada, puede que sea hacia el norte, hacia el sur o hacia otra dirección. El viento no recibe el nombre por el lugar hacia donde sopla, sino del lugar desde donde sopla. Por ejemplo, un viento del Este es un viento que se origina en el Este.

## 1.2 Energía Eólica en el Ecuador

Actualmente el Ecuador produce la mayoría de su electricidad haciendo uso de sus recursos hídricos. Adicionalmente, existen nuevos proyectos de electrificación que maneja el Ministerio de Minas y Petróleos. Un resumen de estos proyectos, por tipo de generación de energía, se presenta en la siguiente tabla N° 1.1.

**Carpio, Jhon Henry Arrega. 2008.** Fuentes de Energía en el Ecuador. 1 de agosto de 2008. [Citado el: 1 de agosto de 2014.] <http://blog.espol.edu.ec/jhohearr/energia-eolica-en-el-ecuador/>.

**Tabla 1.1:** NUEVOS PROYECTOS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA

EXPECTATIVAS 2015	
Islas Galápagos	Cero combustibles fósiles (electricidad)
Energía eólica:	40-50 MW
Solar térmica:	50.000 sistemas residenciales
Solar FV - gran escala:	2-3 MW
Geotérmico	Desarrollo mínimo: 2 proyectos
Biogas (rellenos)	3-4 MW

FUENTE: [www.conelec.gob.ec/normativa/CalidadDeServicio.doc](http://www.conelec.gob.ec/normativa/CalidadDeServicio.doc).

RECOPIADO POR: Los Investigadores.

Más aun, el Ecuador posee otros recursos que pueden ser explotados en beneficio de la generación eléctrica. Este es uno de los lineamientos que sigue la Dirección Nacional de Energías Renovables y eficiencia energética del Ecuador. Su responsable, el Ing. Jimmy Pesantes, destaca que el aprovechamiento de recursos no convencionales debe aumentar con miras a satisfacer las necesidades futuras del país en el desarrollo del sector energético. Adicionalmente, la Organización Latinoamericana de Energía, OLADE, ha reportado positivamente el potencial energético ecuatoriano. Destaca el hecho que el Ecuador promueve el aprovechamiento de fuentes naturales para la generación de energía limpia, como la hidroeléctrica, la eólica, geotérmica, mareomotriz y de biomasa, que tienen grandes posibilidades de ser aplicadas en el país. **Olade. 2015.** Olade. 30 De Julio De 2015. [Citado El: 30 De Julio De 2015.] [Http://Www.Olade.Org/Noticias/En-Ecuador-Se-Analiza-El-Desarrollo-En-Latinoamerica-A-Partir-De-La-Generacion-De-Biocombustibles/](http://Www.Olade.Org/Noticias/En-Ecuador-Se-Analiza-El-Desarrollo-En-Latinoamerica-A-Partir-De-La-Generacion-De-Biocombustibles/).

No obstante la industria eólica en el Ecuador está viendo sus primeros proyectos ponerse en marcha, con el fin de aprovechar sus fuentes renovables de energía y de atender la demanda de energía de sus territorios, tal cual se muestra en la tabla N° 1.2. Actualmente se ha investigado acerca de los siguientes proyectos eólicos en el Ecuador.

**Tabla 1.2: PROYECTOS EÓLICOS EN EL ECUADOR**

<b>PROYECTO EÓLICO</b>	<b>POTENCIA (MW)</b>
San Cristóbal	2.4
Villonaco	25
Membrillo	45
Minas de Huaschaca	30

**FUENTE:** [www.conelec.gob.ec/normativa/CalidadDeServicio.doc](http://www.conelec.gob.ec/normativa/CalidadDeServicio.doc).

**RECOPIADO POR:** Los Investigadores

### **1.3 Aerogeneradores**

Un aerogenerador es una maquina capaz de transformar la energía cinética del viento en electricidad **Mosquera. 2007.** Energías Renovables Para Todos: Eólica. Haya Comunicación, 2007. Pág. 3. 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. **Moncada Sánchez, José. 2004.** Ecuador: un país en transición. Loja : Gallor Rojo, 2004. Pág. 109.

Un aerogenerador moderno de gran potencia alcanza un rendimiento del 50%. Comienza a funcionar con una velocidad del viento entre 3 y 4 m/s, gracias al desarrollo de hélices de fibra de carbono y a mejoras aerodinámicas. Alcanza su potencia nominal para velocidades entre 12 y 15 m/s. luego, se interrumpe su funcionamiento para velocidades del viento entre 20 y 25 m/s. **Lopez, J.M Escudero. 2004.** Manual De Energia Eolica. Madrid : S.A. Mundi-Prensa Libros, 2004. Pág. 138.

Se estima que la vida útil de un aerogenerador dura entre 20 y 25 años, efectuando un mantenimiento preventivo cada 3500 horas, es decir, cada 6 meses, aproximadamente.

### **1.3.1 Tipos de Aerogeneradores**

#### **SEGUN EL EJE DEL ROTOR.**

**EJE VERTICAL:** Sus principales ventajas son que no necesita un sistema de orientación al ser omnidireccional y que el generador, multiplicador, etc., son instalados a ras de suelo, lo que facilita su mantenimiento y disminuyen sus costos de montaje. Sus desventajas frente a otro tipo de aerogeneradores son sus menores eficiencias, la necesidad de sistemas exteriores de arranque en algunos modelos, y que el desmontaje del rotor por tareas de mantenimiento hace necesaria que toda la maquinaria del aerogenerador sea desmontada.

**AEROGENERADOR CON ROTOR SAVONIUS:** Es el modelo más simple de rotor, consiste en cilindros huecos desplazados respecto su eje, de forma que ofrecen la parte cóncava al empuje del viento, ofreciendo su parte convexa una menor resistencia al giro, como se muestra en el gráfico N° 1.2. Se suele mejorar su diseño dejando un espacio entre ambas caras para evitar la sobre presión en el

interior de la parte cóncava. Pueden construirse superponiendo varios elementos sobre el eje de giro.

**Grafico N° 1. 2: AEROGENERADOR TIPO SAVONIUS**



**FUENTE:** Cuesta Santianes, M.J. (2008) Aerogeneradores de potencia inferiores a 100kw

**RECOPIADO POR:** Los Investigadores

**AEROGENERADOR CON ROTOR DARRIEUS:** Patentado por G.J.M. Darrieus en 1931, es el modelo de los aerogeneradores de eje vertical de más éxito comercial. Consiste en un eje vertical asentado sobre el rotor, con dos o más finas palas en curva unidas al eje por los dos extremos, el diseño de las palas es simétrico y similar a las alas de un avión, el modelo de curva utilizado para la unión de las palas entre los extremos del rotor es el de Troposkien, aunque puede utilizarse también catenarias. Evita la necesidad de diseños complejos en las palas, como se muestra en el gráfico N° 1.3, como los necesarios en los generadores de eje horizontal, permite mayores velocidades que las del rotor Savonius, aunque sin alcanzar las generadas por los modelos de eje horizontal, pero necesita de un sistema externo de arranque.

**Grafico N° 1. 3: AEROGENERADOR TIPO DARRIEUS**



**FUENTE:** Cuesta Santianes, M.J. (2008) Aerogeneradores de potencia inferiores a 100kw

**RECOPIADO POR:** Los Investigadores

**AEROGENERADOR CON ROTOR GIROMILL:** Este tipo de generadores también fueron patentados por G.J.M. Darrieus. Consisten en palas verticales

unidas al eje por unos brazos horizontales, como se indica en el gráfico N° 1.4, que pueden salir por los extremos del aspa e incluso desde su parte central. Las palas verticales cambian su orientación a medida que se produce el giro del rotor para un mayor aprovechamiento de la fuerza del viento.

**Grafico N° 1. 4: AEROGENERADOR TIPO GIROMILL**



**FUENTE:** Cuesta Santianes, M.J. (2008) Aerogeneradores de potencia inferiores a 100kw

**RECOPIADO POR:** Los Investigadores

**AEROGENERADOR CON ROTOR WINDSIDE:** Es un sistema similar al rotor Savonius, en vez de la estructura cilíndrica para aprovechamiento del viento, consiste en un perfil alabeado con torsión que asciende por el eje vertical. La principal diferencia frente a otros sistemas de eje vertical es el aprovechamiento del concepto aerodinámico, que le acerca a las eficiencias de los aerogeneradores de eje horizontal como se muestra en el gráfico N° 1.5.

**Grafico N° 1. 5: AEROGENERADOR TIPO WINDSIDE**



**FUENTE:** Cuesta Santianes, M.J. (2008) Aerogeneradores de potencia inferiores a 100kw

**RECOPIADO POR:** Los Investigadores

**EJE HORIZONTAL:** En la actualidad la gran mayoría de los aerogeneradores que se construyen conectados a red son tripalas de eje horizontal. Los aerogeneradores horizontales tienen una mayor eficiencia energética y alcanzan mayores velocidades de rotación por lo que necesitan caja de engranajes con menor relación de multiplicación de giro, además debido a la construcción elevada sobre torre aprovechan en mayor medida el aumento de la velocidad del viento con la altura.

Los modelos de eje horizontal puede subdividirse a su vez por el número de palas empleado, por la orientación respecto a la dirección dominante del viento y por el tipo de torre utilizada:

**TRIPALA:** Es el más empleado en la actualidad, consta de 3 palas colocadas formando  $120^\circ$  entre sí. Un mayor número de palas aumenta el peso y costo del aerogenerador, por lo que no se emplean diseños de mayor número de palas para fines generadores de energía de forma comercial, aunque si para fines mecánicos como bombeo de agua etc. la cual se indica en el siguiente gráfico N° 1.6.

**Gráfico N° 1. 6:** AEROGENERADOR TIPO TRIPALA



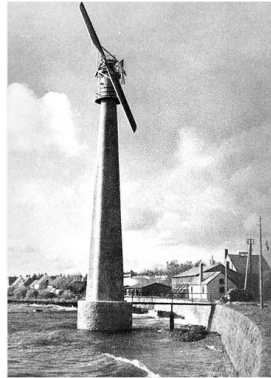
**FUENTE:** Cuesta Santianes, M.J. (2008) Aerogeneradores de potencia inferiores a 100kw

**RECOPIADO POR:** Los Investigadores

**BIPALA:** Ahorra el peso y costo de una de las palas respecto a los aerogeneradores tripala, pero necesitan mayores velocidades de giro para producir la misma energía que aquellos, como se muestra en el gráfico N° 1.7. Para evitar el efecto desestabilizador necesitan de un diseño mucho más complejo, con un rotor basculante y amortiguadores que eviten el choque de las palas contra la torre.



**Grafico N° 1. 7: AEROGENERADOR TIPO BIPALA**



**FUENTE:** Cuesta Santianes, M.J. (2008) Aerogeneradores de potencia inferiores a 100kw

**RECOPIADO POR:** Los Investigadores

**MONOPALA:** Tienen, en mayor medida, los mismo inconvenientes que los bipala, necesitan un contrapeso en el lado opuesto de la pala, por lo que el ahorro en peso no es tan significativo como se indica en el gráfico N° 1.8.

**Grafico N° 1. 8: AEROGENERADOR TIPO MONOPALA**

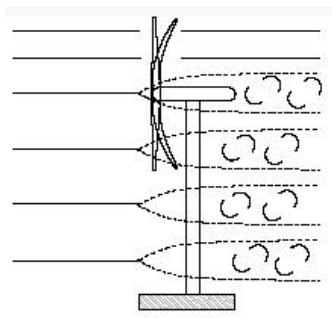


**FUENTE:** Cuesta Santianes, M.J. (2008) Aerogeneradores de potencia inferiores a 100kw

**RECOPIADO POR:** Los Investigadores

**ORIENTADAS A BARLOVENTO:** Cuando el rotor se encuentra enfocado de frente a la dirección del viento dominante, consigue un mayor aprovechamiento de la fuerza del viento que en la opción contraria o sotavento, como se muestra en la siguiente gráfica N° 1.9, pero necesita un mecanismo de orientación hacia el viento. Es el caso inmensamente preferido para el diseño actual de aerogeneradores.

**Grafico N° 1. 9: AEROGENERADOR TIPO BARLOVENTO**

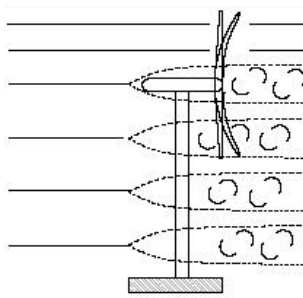


**FUENTE:** Cuesta Santianes, M.J. (2008) Aerogeneradores de potencia inferiores a 100kw

**RECOPIADO POR:** Los Investigadores

**ORIENTADAS A SOTAVENTO:** Cuando el rotor se encuentra enfocado en sentido contrario a la dirección del viento dominante, la estructura de la torre y la góndola disminuye el aprovechamiento del viento por el rotor, en este caso el viento es el que orienta con su propia fuerza a la góndola, por lo que no son necesarios elementos de reorientación automatizada en la teoría, aunque si suelen utilizarse como elemento de seguridad. Las palas y la góndola son construidos con una mayor flexibilidad que en el caso de orientadas a barlovento como se indica en el gráfico N° 1.10.

**Grafico N° 1. 10: AEROGENERADOR TIPO SOTAVENTO**



**FUENTE:** Cuesta Santianes, M.J. (2008) Aerogeneradores de potencia inferiores a 100kw

**RECOPIADO POR:** Los Investigadores

### **1.3.2 Cálculo del Aerogenerador**

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 ( $\rho$ ) del aire. De esta forma, y aplicando los principios de la física (mecánica) clásica, se obtiene la expresión teórica de la potencia disponible como lo indica la ecuación 1.1:

$$Pv = \frac{1}{2}Av^3 \quad \text{Ecu. 1.1}$$

Si  $p$  es la densidad del aire de la corriente uniforme, la energía por unidad de volumen de esta masa es la que indica la ecuación 1.2:

$$e = \frac{1}{2}pv^2 \quad \text{Ecu. 1.2}$$

El flujo volumétrico  $Q$  a través de una superficie de control estacionaria de sección frontal que indica la ecuación 1.3:

$$Q = Av \quad \text{Ecu. 1.3}$$

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  $A$  expresada en la ecuación 1.4, como se puede ver en el gráfico N° 1.11.

$$P = eQ = \frac{1}{2}Apv^3 \quad \text{Ecu. 1.4}$$

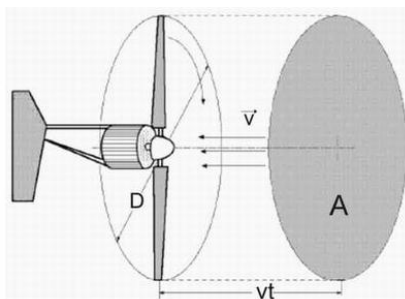
$P$ = Potencia disponible en el aire.

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

$v$ = Velocidad del viento.

$p$ = Densidad del aire.

**Grafico N° 1. 11: ÁREA DE BARRIDO POR LAS ASPAS DEL ROTOR**



**Fuente:**<http://www.monografias.com/trabajos61/sistema-hibrido-eolico-fotovoltaico/sistema-hibrido-eolico-fotovoltaico2.shtml>

**RECOPIADO POR:** Los investigadores.

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 expresada en la ecuación 1.5. Es decir:

$$C_p = \frac{\text{energía captada}}{\frac{\rho A v^3}{2}} \quad \text{Ecu. 1.5}$$

#### 1.4 Cálculo de velocidad total del viento:

Expresada en la ecuación 1.6

$$V = V_o \left( \frac{h}{h_o} \right) \quad \text{Ecu. 1.6}$$

Dónde:

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 ecuación 1.7:

Si ( $hr \leq 0,03$ )

$$n = 1.699823015 \ln(hr) / \ln(150) \quad \text{Ecu. 1.7}$$

Si ( $hr > 0,03$ ) expresa en la ecuación 1.8:

$$n = 3.912489289 \ln(hr) / \ln(3.3333333) \quad \text{Ecu. 1.8}$$

Dónde:

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 siguiente tabla 1.3.

**Tabla 1.3:** CLASES Y LONGITUDES DE RUGOSIDAD

<b>Clase de rugosidad</b>	<b>Longitud de rugosidad <math>z_0</math> (m)</b>	<b>Usos del suelo</b>
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.

**RECOPIADO POR:** Los investigadores

Área de barrido del rotor, se consigue a través de la ecuación 1.9 así:

$$A = \pi * \frac{D^2}{4} \quad \text{Ecu. 1.9}$$

Dónde:

A= Área de barrido del rotor.

$\pi= 3.1416$ .

D= Diámetro del rotor.

Luego se debe calcular la potencia en función del área de barrido la ecuación 1.10 es la siguiente:

$$\frac{P}{A} = \frac{1}{2} \rho V^3 \quad \text{Ecu. 1.10}$$

Se debe calcular la intensidad de turbulencia a través de la ecuación 1.11.

$$I_{V=\frac{\delta}{V}} \quad \text{Ecu. 1.11}$$

Dónde:

$I_v$ = Intensidad de Turbulencia.

$\delta$ = Desviación Estándar.

V= Velocidad del viento.

La potencia del viento, anteriormente estudiada, la potencia eléctrica es como lo indica la ecuación 1.12:

$$P_e = n * P \quad \text{Ecu. 1.12}$$

Dónde:

$P_e$ = Potencia eléctrica.

$n$ = Factor de eficiencia total de conversión.

P= Potencia de viento.

Finalmente se calcula la producción eléctrica anual mediante la ecuación 1.13.

$$A = \frac{P}{A} * A * (eficiencia) * (8640 h/a) \left( \frac{1Kw}{1000w} \right) \quad \text{Ecu. 1.13}$$

**TORRES DE CELOSÍA:** Son las construidas mediante perfiles de acero unidos mediante tornillería, como se muestra en la gráfica N° 1.12. Son muy baratas y fáciles de construir pero necesitan de verificaciones periódicas de la correcta sujeción de los segmentos de acero entre sí. Necesitan un emplazamiento extra para la instalación de los equipos de suelo como sistemas de control o equipos eléctricos, el acceso a la góndola se realiza por escalerillas exteriores de baja protección frente a fuertes vientos y condiciones climáticas adversas. No se utilizan en zonas geográficas septentrionales o para aerogeneradores de gran potencia.

**Grafico N° 1. 12:** AEROGENERADOR TIPO TORRE DE CELOSÍA



**FUENTE:** Cuesta Santianes, M.J. (2008) Aerogeneradores de potencia inferiores a 100kw

**RECOPIADO POR:** Los Investigadores

**TORRES TUBULARES:** Consisten en grandes tubos de acero de forma tubular o cónica que ofrecen en su interior espacio para los equipos de suelo y para el acceso a resguardo hacia la góndola, la cual se indica en la gráfica N° 1.13. Necesitan de una instalación más laboriosa y cara, pero ofrecen una mayor resistencia y menos mantenimiento necesario que las torres de celosía. Son las más empleadas en equipos de generación de energía.

**Grafico N° 1. 13:** AEROGENERADOR TIPO TORRE TUBULAR



**FUENTE:** Cuesta Santianes, M.J. (2008) Aerogeneradores de potencia inferiores a 100kw

**RECOPIADO POR:** Los Investigadores

## **SEGUN POTENCIA SUMINISTRADA**

**Equipos de baja potencia:** Históricamente son los asociados a utilización mecánica como bombeo del agua, proporcionan potencias alrededor del rango de 50 KW, aunque pueden utilizarse varios equipos adyacentes para aumentar la potencia total suministrada. Hoy en día siguen utilizándose como fuente de energía para sistemas mecánicos o como suministro de energía en equipos aislados.

También se utilizan en grupo y junto con sistemas de respaldo como motores de gasolina para suministro de energía de zonas rurales o edificios, ya sea conectándose a red o con baterías para almacenar la energía producida y garantizar la continuidad de la cobertura energética.

**Equipos de media potencia:** Son los que se encuentran en el rango de producción de energía de 150 KW. Son utilizados de forma similar a los equipos de baja potencia pero para mayores requerimientos energéticos. No suelen estar conectados a baterías de almacenamiento, por lo que se utilizan conectados a red o junto con sistemas de respaldo.

**Equipos de alta potencia:** Son los utilizados para producción de energía de forma comercial, aparecen conectados a red y en grupos conformando centrales eolieléctricas, ya sea en tierra como en entorno marino (offshore). Su producción llega hasta el orden del gigavatio. El diseño elegido mayoritariamente para estos equipos son los aerogeneradores de eje horizontal tripalas, orientados a barlovento y con torre tubular.

### **1.4.1 Medición de la velocidad del viento**

Según, ANTEZANA NUÑEZ, **Juan Cristóbal**. Diseño y Construcción de un prototipo de Generador Eólico de Eje Vertical. Tesis Universidad de Chile. Septiembre 2004. La velocidad del viento es un dato muy importante para la implementación de un aerogenerador, ahora bien la velocidad del viento no es constante y varía a lo largo del tiempo, es por tanto importante medir la velocidad del viento en una determinada zona en el transcurso de un año o más para comprobar que velocidades del viento son las más frecuentes.



Una forma muy útil de medir el viento es con la ayuda de un anemómetro que es un dispositivo que se usa para medir la velocidad del viento y es uno de los instrumentos que se utilizan en las estaciones meteorológicas.

### **Anemómetro (weatherwise WS-2080)**

Es un instrumento profesional con pantalla táctil, diseñado para el uso diario fácil y práctico. Funciona perfectamente para cualquier ambiente de hogar, oficina, campo abierto, obra en progreso, etc. El monitor interior muestra la información importante del clima en tiempo real gracias a los monitores inalámbricos externos que incluye soportes de montaje como se muestra en el gráfico N° 1.14. El grupo de sensores se pueden colocar en su jardín o en el techo para una óptima lectura meteorológica.

**Grafico N° 1. 14:** ESTACIÓN METEOROLÓGICO AMBIENT WEATHER WS-2080 WIRELESS



**Fuente:** <http://site.ambientweatherstore.com/Manuals/ws2080.pdf>

**RECOPIADO POR:** Los Investigadores

EL sistema está formado de:

- Estación Base
- Sensor Thermo-Hygro y transmisor
- Sensor de lluvia (auto vaciante)
- Sensor de velocidad del viento.
- Sensor de dirección del viento.
- Mástil meteorológico-w / soportes de montaje.
- PC Software w / Cable USB.
- Manual de instrucciones

### 1.4.2 Velocidad del viento

Según, **FERNANDEZ, Diez Pedro. 2009.** Energía Eólica. 2009. Pág. 11-14. Dice que: El viento viene definido por dos parámetros esenciales que son, su dirección y su velocidad. La dirección del viento y su valoración a lo largo del tiempo conducen a la ejecución de la llamada rosa de los vientos, como se muestra en la gráfica N° 1.15.

La velocidad media del viento varía entre 3 y 7 m/seg, según diversas situaciones meteorológicas; es elevada en las costas, más de 6 m/seg, así como en algunos valles más o menos estrechos. En otras regiones es, en general, de 3 a 4 m/seg, siendo bastante más elevada en las montañas, dependiendo de la altitud y de la topografía.

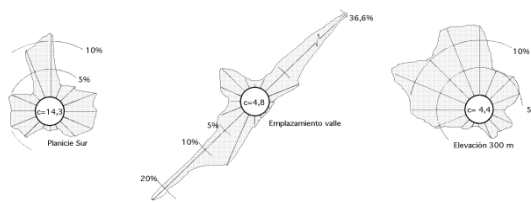
La velocidad media del viento es más débil durante la noche, variando muy poco, aumenta a partir de la salida del Sol y alcanza un máximo entre las 12 y 16 horas solares.

Para realizar la medida de las velocidades del viento se utilizan los anemómetros; existen muy diversos tipos de estos aparatos, que en un principio se pueden clasificar en anemómetros de rotación y anemómetros de presión.

El anemómetro de rotación más característico es el de Papillon, que es un molino de eje vertical con cazoletas en forma de semiesfera o el de aletas oblicuas de Jules Richard.

El anemómetro de presión se basa en el método del tubo de Pitot.

**Grafico N° 1. 15:** ROSAS DE VIENTO CARACTERÍSTICAS PARA UN FLUJO DOMINANTE DENTRO DE UN VALLE EN UNA PLANICIE SUR POR ENCIMA DE LAS ELEVACIONES EXTREMAS DE UN VALLE.



**FUENTE:** FERNÁNDEZ Pedro Diez, Energía Eólica, (2009. Pág. 12) “Velocidad del viento”

**RECOPIADO POR:** Los Investigadores.

La dirección del viento se comprueba mediante una veleta, mientras que la velocidad se mide con un anemómetro.

Según sea la velocidad se pueden considerar tres tipos de definiciones:

- **Viento instantáneo:** se mide la velocidad del viento en un instante determinado.
- **Viento medio aeronáutico:** se mide la velocidad media durante 2 minutos
- **Viento medio meteorológico:** se mide la velocidad media durante 10 minutos

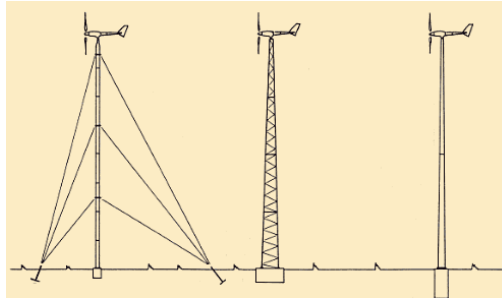
Hay que distinguir también entre golpe de viento y ráfagas.

Una ráfaga es un aumento brutal y de corta duración de la velocidad del viento, propio de tormentas y borrascas. El golpe de viento concierne a la velocidad media del viento, cuando sobrepasa los 34 nudos, 62 km/hora, y es una señal de advertencia, sobre todo para la navegación marítima. Un golpe de viento corresponde a una velocidad media del viento comprendida entre 75 y 88 km/hora.

### **1.5 Torre**

Los aerogeneradores están instaladas en torres de celosía autosustentadas, en torres tubulares autosustentadas o en mástiles con tensores. Las torres tubulares pueden ser de diámetro constante o cónico. Los mástiles con tensores pueden ser tanto torres de celosías como tubulares, como se muestra en el gráfico N° 1.16. Las torres tubulares cónicas son las que ofrecen una vista más agradable, pero son las más costosas y, son también las que ofrecen más dificultades para el mantenimiento del aerogenerador. Las torres de celosías autosustentadas son costosas del mismo modo de las anteriores. Las torres con tensores son menos costosas, pueden ser izadas y arriadas para hacer el mantenimiento.

**Grafico N° 1. 16:** TIPOS DE TORRES



**FUENTE:** Escudero, J. (2008). “Energía Eólica” 2da Edición. Barcelona – España.

**RECOPIADO POR:** Los Investigadores

## 1.6 Energía solar

Es la energía radiante producida en el Sol, como resultado de las reacciones nucleares de fusión que llegan a la tierra a través del espacio en paquetes de energía llamados fotones (luz), que interactúan con la atmosfera y la superficie terrestre. Dirección General de Cooperación y Asistencia Financiera Argentina. [Citado el: 18 de julio de 2015.] [http://www.energia.gov.ar/contenidos/archivis/reorganizacion/contenidos\\_didacticos/publicaciones/libro\\_energia\\_solar.pdf](http://www.energia.gov.ar/contenidos/archivis/reorganizacion/contenidos_didacticos/publicaciones/libro_energia_solar.pdf).

La radiación solar llega a nuestro planeta de tres formas distintas:

**Radiación directa:** es la radiación que nos llega directamente del Sol; sin haber incidido con nada por el camino y, por tanto, sin haberse desviado ni cambiado de dirección. Esta radiación es la que produce las sombras. Es el tipo de radiación predominante en un día soleado.

**Radiación difusa:** es la radiación que nos llega después de haber incidido con cualquier elemento de la atmósfera (polvo, nubes, contaminantes, etc.), por lo que ha cambiado de dirección. Es el tipo de radiación predominante en un día nublado.

**Radiación reflejada o albedo:** es la radiación reflejada por la superficie terrestre; cobra importancia en las zonas con nieve, con agua (como cerca del mar o de una presa) o cualquier otra zona donde la reflexión sea importante.

La radiación global: es la suma de la radiación directa y la radiación difusa.

### **1.6.1 Conversión directa de la energía solar en electricidad**

La conversión de la energía de la luz solar en energía eléctrica es un fenómeno físico conocido como “efecto fotovoltaico o fotoeléctrico”.

Presenta características peculiares entre las que se destacan:

Elevada calidad energética.

Pequeño o nulo impacto ecológico.

Inagotable a escala humana.

La cantidad de energía solar aprovechable depende de muchos factores, algunos de ellos pueden ser controlados en la instalación del sistema (orientación, inclinación, ubicación de paneles, etc.) y otros se escapan de control ya que están en función de la localización geográfica y meteorológica de la instalación.

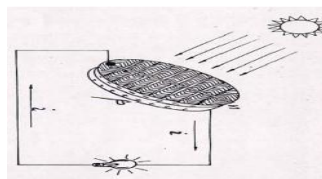
La energía solar se encuentra disponible en todo el mundo. Algunas zonas del planeta reciben más radiación solar que otras. En el caso particular de Ecuador, los sistemas fotovoltaicos son una alternativa muy interesante, desde las perspectivas técnica y económica, pues la región dispone durante todo el año de abundante radiación solar, entre las aplicaciones más destacadas en nuestro país se pueden suministrar energía en emplazamientos aislados de la red.

Según, **Shyam S., Nandwani PhD. 2006.** Experiencias practicas en casa solar con fines de ahorro de energía. México : s.n., 2006. Pág. 19-20, dice que: La radiación solar se puede transformar directamente en electricidad (efecto fotovoltaico) por medio de aparatos, celdas solares o pilas solares, los cuales son semiconductores puros drogados con cantidades diminutas (1ppm) de otros elementos. Varios conductores pueden emplearse, pero se prefiere el de silicio por razón de abundancia, costo (~ US\$10/Watio), y principalmente por estabilidad y rendimiento (~10-15%). es decir, la electricidad producida por una celda solar de  $1\text{m}^2$ , la cual está expuesta a radiación solar de  $1000\text{ Watos/m}^2$ , será de 100 Watos.

La unión p-n es una unión de semiconductor tipo p con un tipo n. Dicha unión produce un campo eléctrico que hace que los electrones excitados por la radiación solar se muevan desde el semiconductor tipo p al de tipo n y den lugar a la formación de huecos, dejados por los electrones al moverse en sentido contrario. Si los electrones y los huecos llenan a sus respectivos ejes de material semiconductor, el dispositivo es capaz de suministrar energía eléctrica a un circuito exterior. Esta unión p-n puede utilizarse para convertir la energía solar directamente en energía eléctrica a través de las células solares, dispositivos que aprovechan esta propiedad.

La celda de silicio produce cerca de 0.58 voltios y varias celdas pueden conectarse eléctricamente en forma de serie y/o paralelo, como se muestra en la gráfica N° 1.17, para formar un módulo (con mayor voltaje o mayor corriente), que es una unidad básica de los sistemas eléctricos solares.

**Grafico N° 1. 17:** PRINCIPIO DE UNA CELDA SOLAR PARA LA CONVERSIÓN DIRECTA DE ENERGÍA SOLAR EN ELECTRICIDAD



**FUENTE:** Shyam S. Nandwani (\*) Ph.D.(2008, Pag. 19-20).

**RECOPIADO POR:** Los Investigadores.

Por la acción de la energía solar sobre una celda fotovoltaica la corriente producida es almacenada en baterías, para luego ser utilizadas.

## **1.6.2 Panel solar fotovoltaico**

### **Características Eléctricas**

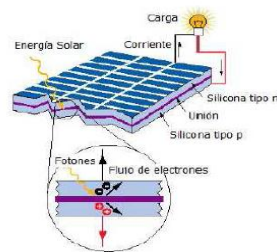
**Potencia de Pico (Wp):** potencia suministrada por el módulo en condiciones estándar STC (Radiación solar = 1000 W/m<sup>2</sup>; Temperatura = 25 °C; A.M. = 1,5).

**Corriente nominal (A):** corriente suministrada por el módulo en el punto de trabajo, que se obtiene al cortocircuitar los terminales del panel hacia una carga.

**Tensión nominal (V):** tensión de trabajo del módulo, que se obtiene de dejar los terminales del panel en circuito abierto ( $I=0$ ).

A la hora de diseñar este tipo de instalaciones solares, es muy importante decidir la orientación de los paneles ya que interesará que los paneles capturen la mayor cantidad de radiación solar posible, como se muestra en el gráfico N° 1.18. Esta orientación puede ser impuesta por el emplazamiento donde vamos a instalar los paneles, como es el caso de tejados con una cierta orientación, o libre si la ubicación lo permite, como extensiones de terreno llanas.

**Gráfico N° 1. 18: ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA**



**FUENTE:** SUBIELA ORTIN, Vicente. "Energías renovables y eficiencia energética". Primera edición, abril 2008. Pág. 64-70.

**RECOPIADO POR:** Los Investigadores.

### 1.6.3 Inclinación de los paneles.

La inclinación del módulo fotovoltaico puede variar a lo largo del año, por lo tanto la inclinación del módulo estará en función de la latitud del lugar. Tal y como se puede observar en la tabla N° 1.4:

**Tabla 1.4: INCLINACIÓN EN FUNCIÓN DE LA LATITUD**

LATITUD DEL LUGAR	ÁNGULO EN INVIERNO	ÁNGULO DE VERANO
0 a 15°	15	15
15 a 25	Latitud	latitud
25 a 30	latitud + 5	latitud - 5
30 a 35	latitud + 10	latitud - 10
35 a 40	latitud + 15	latitud - 15
> 40	latitud + 20	latitud - 20

**Fuente:** (FERNANDEZ SALGADO José 2010)

**RECOPIADO POR:** Los Investigadores

Para un uso anual se suele tender a escoger un valor aproximado a la latitud, para que haya una mejor captación en invierno respecto al verano.

#### 1.6.4 Cálculo del generador fotovoltaico.

Cálculo de la energía requerida del sistema o demanda energética. Para el cálculo de la estimación del consumo diario de energía se debe hacer previamente una tabla que contenga como mínimo los siguientes datos: nombre, cantidad y potencia unitaria de los equipos, número de horas promedio diarias de utilización y energía promedio diaria resultante en Wh, necesaria para la estimación de energía total del sistema. La estimación de carga se hará para DC y AC. Cálculo del generador fotovoltaico expresado en la ecuación 1.14.

$$\frac{\text{Energía Wh}}{\text{día}} = W * N * h \quad \text{Ecu. 1.14}$$

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 N° 1.5.

**Tabla 1.5:** DEMANDA ENERGÉTICA CARGAS DC

equipo	Voltaj	potenci	Cantida	horas de uso	energía
equipo 1	V	w	N	H	w*N*h
total DC					

Fuente:<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2252/1/CD-2992.pdf>.

RECOPIADO POR: Los Investigadores

En las cargas de AC, se debe realizar el mismo procedimiento que en la estimación de carga de DC (subtotal), como se indica en la ecuación 1.15 agregando un porcentaje de energía adicional para tomar en cuenta el rendimiento del inversor (% consumo del Inversor), como se muestra en la Tabla N° 1.6, para lo cual se utilizara la siguiente ecuación:

$$\text{Total} = \text{subtotal} + (\text{subtotal} * \% \text{consumo del inversor}) \quad \text{Ecu. 1.15}$$



**Tabla 1.6:** DEMANDA ENERGÉTICA CARGAS AC.

Equipo AC	Voltaje	Potencia	Cantidad	horas de uso N	Energía Wh/d
equipo 1	V	w	N	H	w*N*h
total AC					

Fuente:<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2252/1/CD-2992.pdf>.

**RECOPIADO POR:** Los Investigadores

La demanda total del sistema se obtendrá con la suma de las demandas de energía de AC y de DC con la ecuación 1.16.

$$ET = E_{total DC} + E_{total AC} \quad \text{Ecu. 1.16}$$

Dónde:

**ET** = Demanda de energía total del sistema (Vatios)

**E Total DC** = Demanda de energía total de DC. (Vatios)

**E Total AC** = Demanda de energía total de AC. (Vatios)

### 1.6.5 Estimación de pérdidas

Para el cálculo de las pérdidas se debe tomar el valor de rendimiento global de la instalación fotovoltaica definido como lo expresa la ecuación 1.17:

$$R_G = (1 - K_b - K_c - K_v) * \left(1 - \frac{K_a * D_A}{P_d}\right) \quad \text{Ecu. 1.17}$$

Dónde:

**Kb** = 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.

**Kc** = 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.

**Kv** = Coeficiente de pérdidas varias (transmisión, efecto Joule, etc.):

Este parámetro que se toma como referencia es  $0,05 < K_v < 0,15$ .

**Ka** = 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 (SLD).

**Da** = Días de autonomía de la instalación:

3 – 5 días como valores de referencia.

**Pd** = Profundidad de descarga diaria de la batería:

No deberá exceder el 80% de la capacidad nominal del acumulador.

### **1.6.6 Dimensionamiento de paneles solares.**

Un concepto importante necesario para realizar el dimensionamiento de la cantidad de paneles necesarios en la instalación es el número de horas pico solares, HPS, como lo indica la ecuación 1.18 que se refiere al número de horas diarias de luz solar equivalentes referidas a una irradiación constante  $I=1KW /m^2$ , a la cual se mide siempre la potencia de los paneles.

La irradiación  $H$  ( $KW /m^2$ ), es igual al producto de la irradiación de referencia,  $I$ , y las horas pico solares, HPS. Como  $I=1KW /m^2$ , se tiene entonces que los valores numéricos de la irradiación y las horas pico solares son iguales.

$$H \left( \frac{Kwh}{m^2} \right) = I \left( \frac{Kwh}{m^2} \right) * HPS(h) \quad \text{Ecu. 1.18}$$

La cantidad de energía producida por un panel a lo largo de todo el día, es equivalente a la energía que se produciría en las horas de pico solar si el panel opera a su potencia máxima o nominal ( $W_p$ ).

Dicha potencia es el principal parámetro que describe el funcionamiento del panel y la especificación más importante en el dimensionamiento del generador FV.

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 GD se escogerá como el valor medio mensual durante el peor mes.

La potencia total del generador PG se calcula, tomando en cuenta la demanda de energía total del sistema ET, como lo expresa la ecuación 1.19, la radiación Gd antes mencionada y el rendimiento global de la instalación RG.

$$P_G = \left( \frac{E_T}{R_G * G_D} \right) (\text{Vatios}) \quad \text{Ecu. 1.19}$$

El número de paneles del generador se calcula con la potencia nominal PN del panel a ser utilizado y la potencia del generador PG. 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, como lo indica la ecuación 1.20; 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.

$$N_P = \left( \frac{P_G}{P_N} \right) \quad \text{Ecu. 1.20}$$

### **1.7 Generación fotovoltaica en Ecuador**

La generación fotovoltaica es sumamente escasa y los diferentes sistemas instalados se encuentran ubicados en poblaciones rurales completamente alejadas donde no es posible llevar energía eléctrica por medio de las redes de las diferentes empresas eléctricas de distribución. Según datos del CONELEC, en el país habría instalada una potencia de 20 kW de energía fotovoltaica, estas cifras corresponden principalmente a los paneles instalados por el estado mediante diversos programas e instituciones estatales, como se muestra en la siguiente tabla N° 1.7. Esta cifra podría aumentar al contabilizar los pocos sistemas fotovoltaicos privados instalados, sin que esto modifique en gran medida la cifra oficial.

Además se encuentran en ejecución los estudios de otros proyectos con lo cual la generación fotovoltaica estaría próxima a 1 MW. Así mismo, cinco proyectos de generación solar fotovoltaica y termoeléctrica han presentado su solicitud ante la Dirección de Concesiones del CONELEC (Milenio Solar I y II, Solar connection, Shyri I y Condorsolar) por una potencia total de 150 MW.

**Tabla 1.7: GENERACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL ECUADOR**

PROYECTO						TOTAL	Kw	ESTADO	LUGAR
	100Wp	200Wp	300Wp	400Wp	200Wp				
ARAJUNO	97	26	0	0	0	123	14,9	Instalado	NAPO PASTAZA
SARAYACU	109	31	0	0	0	140	17,1	Instalado	PASTAZA
ESMERALDAS	189	435	0	0	0	604	103,9	Instalado	ESMERALDAS
NAPO	36	570	0	13		619	122,8	Instalado	NAPO
ESMERALDAS NEGRO	0	0	200	0	20	220	480,0	estudios definitivos	ESMERALDAS
VICHE	0	0	700	0		700	210,0	estudios de consultoría	ESMERALDAS
SANTAY	0	0	9	0	1	10	22,7	prioridad SENPLADES	QUAYAS
CHIRIBOGA	0	0	50	0		50	15,0	Estudios definitivos	PICHINCHA
<b>TOTAL</b>							<b>2486</b>	<b>886,4</b>	

FUENTE: [www.conelec.gob.ec/generacionfotovoltaica](http://www.conelec.gob.ec/generacionfotovoltaica)

RECOPIADO POR: Los Investigadores.

### Generación eléctrica con energía solar fotovoltaica

Según, **SUBIELA Ortin, Vicente. 2008.** Energías Renovables y Eficiencia Energética. Instituto Tecnológico de Canarias : ITC, 2008. Pág. 64-70. Dice que: La energía solar se puede transformar en electricidad mediante células fotovoltaicas. Este proceso se basa en la aplicación del efecto fotovoltaico, que se produce al incidir la luz sobre unos materiales denominados semiconductores; de esta manera se genera un flujo de electrones en el interior del material que puede ser aprovechado para obtener energía eléctrica.

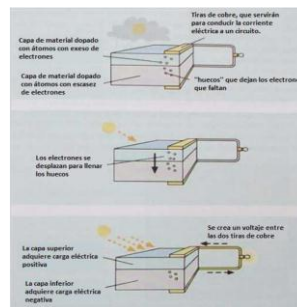
Parte de la radiación incidente se pierde por reflexión (rebota) y otra parte por transmisión (atraviesa la célula), como se indica en la gráfica N° 1.19. El resto es capaz de hacer saltar electrones de una capa a la otra creando una corriente que proporciona la radiación incidente. Una capa antirreflejo aumenta la eficacia de la célula.

Cuando un semiconductor incide una radiación luminosa con energía suficiente para romper los enlaces de los electrones de valencia y generar pares electrón-hueco, la existencia de una unión p-n separa dichos pares, afluyendo electrones a la zona n y huecos a la zona p, creando en resumen una corriente eléctrica que

atraviesa la unión desde la zona n a la p, y que puede ser entregada a un circuito exterior (saliendo por la zona p y entrando por la n).

De esta manera, cuando se expone una célula fotovoltaica a la luz del sol se hace posible la circulación de electrones y la aparición de corriente eléctrica entre las dos caras de la célula.

**Grafico N° 1. 19: EFECTO FOTOELÉCTRICO**



FUENTE: <http://www.unesa.net/unesa/html/sabereinvestigar/largoviaje/fotovolcomofuncionan.html>

RECOPIADO POR: Los Investigadores.

En la figura se aprecia un material semiconductor (silicio), es expuesto a los rayos solares, que contienen energía luminosa (fotones). Estos fotones aportan energía a los electrones de valencia de los átomos de silicio.

La cantidad de energía eléctrica que un sistema fotovoltaico produce depende principalmente de dos factores:

- La cantidad de luz solar incidente
- La eficiencia del sistema fotovoltaico para convertir esa luz en electricidad.

La fabricación de células fotovoltaicas aún resulta cara (se precisa un silicio de una gran pureza), pero este es un campo en el que se está investigando mucho, como consecuencia del problema energético mundial.

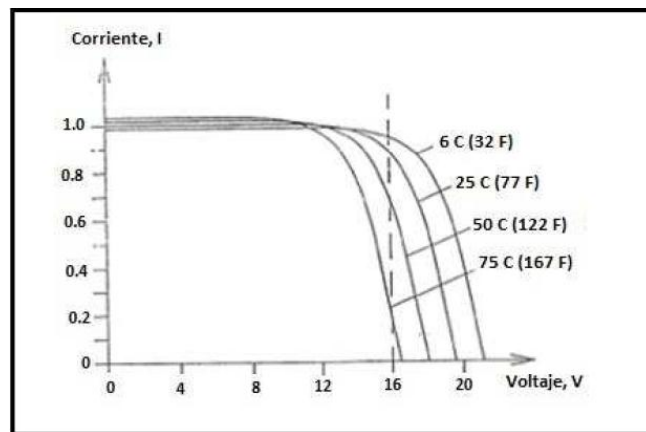
### **1.7.1 Potencia máxima de salida del panel solar fotovoltaico durante el día.**

Según, Potencia Maxima de salida del panel solar fotovoltaico. [Citado el: 14 de mayo de 2015.]

[http://www.solartronic.com/Energia\\_Solar/Sistemas\\_Fotovoltaicos/Curso\\_Breve/](http://www.solartronic.com/Energia_Solar/Sistemas_Fotovoltaicos/Curso_Breve/)

4\_Curvas\_Caracteristicas/: La característica I-V del módulo varía con las condiciones ambientales (radiación, temperatura). Ello quiere decir que habrá una familia de curvas I-V que nos mostraran las características de salida del módulo durante el día, como se puede mostrar en la gráfica N° 1.20.

**Grafico N° 1. 20:** COMPORTAMIENTOS DEL PANEL FOTOVOLTAICO EN UN DÍA



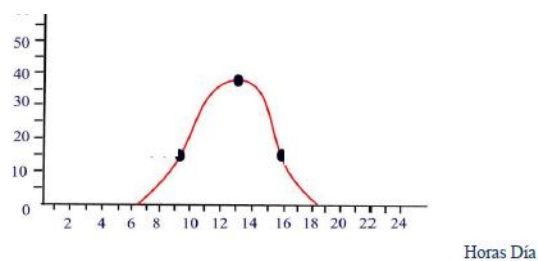
**FUENTE:** Web: [http://www.solartronic.com/Energia\\_Solar/Sistemas\\_Fotovoltaicos/Curso\\_Breve/4\\_Curvas\\_Caracteristicas/](http://www.solartronic.com/Energia_Solar/Sistemas_Fotovoltaicos/Curso_Breve/4_Curvas_Caracteristicas/)

**RECOPIADO POR:** Los Investigadores.

El panel solar fotovoltaico genera electricidad por medio de la radiación solar, pero en el día existe radiaciones solares máximas y radiaciones solares mínimas, es elemental analizar a qué hora tenemos la máxima radiación solar.

La curva de potencia máxima de un módulo está en función de las horas del día, como se muestra en el gráfico N° 1.21.

**Grafico N° 1. 21:** CURVA DE POTENCIA MÁXIMA EN FUNCIÓN DE LA HORA DEL DÍA.



**FUENTE:** Anónimo, Disponible en Web: [http://www.solartronic.com/Energia\\_Solar/Sistemas\\_Fotovoltaicos/Curso\\_Breve/4\\_Curvas\\_Caracteristicas/](http://www.solartronic.com/Energia_Solar/Sistemas_Fotovoltaicos/Curso_Breve/4_Curvas_Caracteristicas/)

**RECOPIADO POR:** Los Investigadores.

La cantidad de energía que el modulo es capaz de entregar durante el día está representada por el área comprendida bajo la curva como se puede observar en el gráfico N° 1.21 y se mide en Watts hora/día. Se observa que no es posible hablar de un valor constante de energía entregada por el modulo en Watts hora ya que varía dependiendo de la hora del día.

### **1.7.2 Mediciones en la energía solar fotovoltaica.**

Para su caracterización, los módulos se miden en unas condiciones determinadas denominadas condiciones estándar: 1000 W/m<sup>2</sup> (1 kW/m<sup>2</sup>) de radiación solar y 25 °C de temperatura de las células fotovoltaicas. La máxima potencia generada en estas condiciones por cada módulo fotovoltaico se mide en Wp (vatios pico); a esta potencia se la denomina potencia nominal del módulo.

Según, **ELEKTRON**. Medidor de radiación solar. [Citado el: 10 de febrero de 2015.] [http://www.tiendaelektron.com/catalog/product\\_info.php?products\\_id=50](http://www.tiendaelektron.com/catalog/product_info.php?products_id=50).

Los medidores de radiación solar son de gran utilidad en la planificación y mantenimiento de parques fotovoltaicos. Los medidores de radiación solar le ayudan a la hora de seleccionar la ubicación, observando si es factible para su implementación. En la búsqueda de energías alternativas, la radiación solar ha adquirido una gran importancia. Además del aprovechamiento de la radiación solar por colectores térmicos, la instalación fotovoltaica convierte a la energía solar en energía eléctrica. Sin embargo, para realizar este tipo de instalación es importante efectuar una buena planificación. Los medidores de radiación solar le permiten registrar durante un determinado espacio de tiempo la luz directa del sol.

## **1.8 Instrumentos de medición**

El instrumento que sirve para medir la energía solar es el solarímetro. Básicamente hay dos tipos de solarímetros: el piranómetro y el medidor fotovoltaico. Ambos tipos miden la radiación solar tanto directa como indirecta (difusa).

### **1.8.1 El piranómetro**

Posee una pequeña plancha de metal negro en su interior, 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, como se muestra en el gráfico N° 1.22. La salida de la termocupla es medida para la radiación instantánea total en un momento dado.

**Gráfico N° 1. 22:** PIRÓMETRO (SOLAR POWER METER SP- 216)



**FUENTE:** <http://ambientweather.wikispaces.com/sp216>

**RECOPIADO POR:** Los Investigadores

### **1.8.2 El medidor fotovoltaico**

Es una pequeña célula fotovoltaica que genera electricidad como se indica en el gráfico N° 1.23. La cantidad de electricidad es medida para conocer la radiación instantánea. Estos medidores son mucho más económicos que los piranómetros pero menos exactos.

**Gráfico N° 1. 23:** MEDIDOR FOTOVOLTAICO



**FUENTE:** Tesis: Elaboración de una normativa para el diseño y diagnóstico de sistemas fotovoltaicos en Ecuador. Escuela Politécnica Nacional. 2010. pp15

**RECOPIADO POR:** Los Investigadores

### **1.8.3 Insolación**

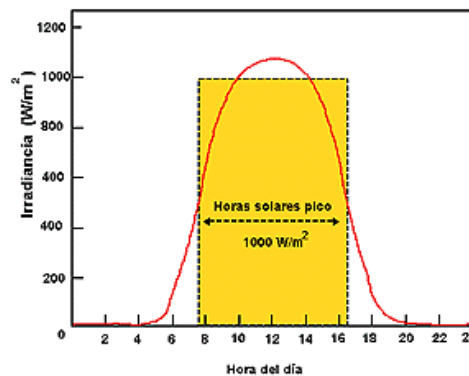
La Insolación corresponde a la cantidad de energía en forma de radiación solar que llega a un lugar de la Tierra en un día concreto (insolación diurna) o en un año



(insolación anual). En otras palabras es la energía radiante que incide en una superficie de área conocida en un intervalo de tiempo dado. Su unidad de medida es el Watts-hora por metro cuadrado (Wh/m<sup>2</sup>). La insolación también se expresa en términos de horas solares pico. Una hora de energía es equivalente a la energía recibida durante una hora, a una irradiancia promedio de 1.000 W/m<sup>2</sup>. La energía útil que entrega el panel(es) fotovoltaico(s) es directamente proporcional a la insolación incidente.

Para calcularla se puede asumir que no hay atmósfera o que se mide en la parte alta de ella y se denomina insolación diurna o anual no atenuada, otra forma es medir en la superficie de la Tierra teniendo en cuenta la presencia de la atmósfera, en este caso se denomina insolación atenuada siendo más complejo calcularla. En la gráfica N° 1.24 se muestra la insolación correspondiente a un día, la cual es representada por el área amarilla de la figura.

**Grafico N° 1. 24: CURVA DE IRRADIACIÓN DIARIA Y HORAS SOLARES PICO**



FUENTE: [http://solar.nmsu.edu/wp\\_guide/energia.html](http://solar.nmsu.edu/wp_guide/energia.html)

RECOPIADO POR: Los Investigadores.

Una metodología para calcular la potencia solar en el sector en el día (PSD), es dividiendo la energía producida en el día sobre el número de horas sol pico, dado que no todas las horas de sol son de la intensidad considerada como pico (1000W/m<sup>2</sup>), expresada en la ecuación 1.21.

Datos:

PSD: Potencia Solar Diaria.

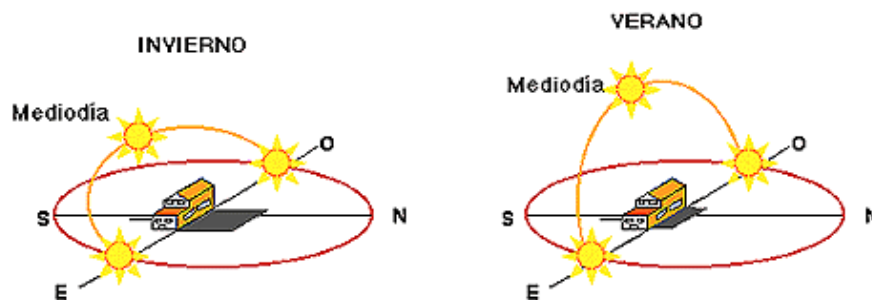
$$PSD = \frac{\text{Insolación Global } (W_h/m^2)}{\text{Heliofanía } (h/día)} \quad \text{Ecu. 1.21}$$

Con la aplicación de esta ecuación, se verifica si el lugar cumple con las condiciones óptimas naturales para instalar un panel solar fotovoltaico.

La insolación es un parámetro muy importante en el diseño de sistemas solares. Los factores climáticos y el ángulo de posicionamiento del panel con respecto al sol afectan en demasía la insolación sobre la superficie de captación. En zonas de poco sol, ya sea por nubes, neblina u otro factor, la insolación promedio en un periodo de tiempo es menor. En días de invierno niveles de insolación promedio son considerablemente menores en comparación a los días de verano, esto se da para lugares cuya latitud sea mayor a los 15°, como se indica en la gráfica N° 1.25.

Debido a que la insolación depende del ángulo del panel con respecto a la posición del sol, se usa la insolación horizontal para referirse al potencial solar del lugar. A partir de la insolación horizontal se puede estimar la insolación a un azimut y elevación determinado. La insolación será máxima cuando el panel se encuentre en posición horizontal frente al sol. Para conseguir esto sería necesario ajustar el ángulo de azimut para seguir el movimiento diario del sol de este a oeste y el ángulo de elevación para seguir el movimiento anual de la trayectoria solar en la dirección norte-sur.

**Grafico N° 1. 25:** MOVIMIENTO APARENTE DEL SOL EN FUNCIÓN DE LA HORA DEL DÍA Y LA ÉPOCA DEL AÑO



FUENTE: [http://solar.nmsu.edu/wp\\_guide/energia.html](http://solar.nmsu.edu/wp_guide/energia.html)

RECOPIADO POR: Los Investigadores

## 1.9 METODOLOGÍA DE SELECCIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.

### 1.9.1 Determinación de las horas solar pico (HPS)

Las horas de pico solar HPS su unidad horas (h), son las horas de irradiación diarias, su valor puede variar entre 3 a 7 horas. Su ecuación 1.22 es la siguiente:

$$HPS(h) = \frac{H \frac{KWh}{m^2}}{I \left( \frac{W}{m^2} \right)} \quad \text{Ecu. 1.22}$$

Dónde:

H = irradiación que corresponde con la energía por la unidad de superficie a lo largo de un periodo de tiempo y que se mide en kWh/m<sup>2</sup>.

I = 1000 W/m<sup>2</sup> o 1kW/m<sup>2</sup> (a la cual está siempre medida la potencia de los módulos fotovoltaicos).

### 1.9.2 Cálculo de la corriente máxima de consumo.

Se calcula la corriente máxima de consumo como el cociente entre la potencia máxima o demanda máxima de potencia de la carga y la tensión de la batería (con valores típicos de 12, 24 o 48V), y se calcula utilizando la siguiente ecuación 1.23:

$$I_{ins\_max} = \frac{P_{max}}{V_{batería}} \left[ \frac{Ah}{día} \right] \quad \text{Ecu. 1.23}$$

## 1.10 Material de fabricación y estructura de los paneles solares fotovoltaicos.

Un sistema fotovoltaico es el conjunto de componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos que concurren para captar la energía solar disponible y transformarla en utilizable como energía eléctrica. Estos sistemas independientemente de su utilización y del tamaño de potencia, pueden realizarse instalaciones de electrificación autónoma o interconectados a la red, además de otras aplicaciones más específicas. **CASTILLA, León.** Manual de Instalación. Pag. 28-30. Pdf.

Según, **Control Digital para convertidor multinivel alimentado con energía solar.** [Citado el: 15 de abril de 2015.] [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/meie/martinez\\_h\\_d/capitulo2.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/meie/martinez_h_d/capitulo2.pdf)

f; pag. 14. El material más utilizado en la actualidad para la fabricación de células fotovoltaicas es el silicio, que es el material más abundante en la Tierra después del oxígeno; la combinación de ambos forma el 60% de la corteza terrestre.

Las celdas solares de silicio se construyen utilizando planchas monocristalinas, planchas policristalinas o láminas delgadas (amorfas).

**Silicio Monocristalino:** estas celdas están fabricadas en base a láminas de un único cristal de muy alta pureza y estructura cristalina casi perfecta. El espesor aproximado de las láminas es de 1/3 a 1/2 milímetro, las cuales son cortadas de una gran barra o lingote monocristalino creado a una temperatura cercana a 1400° C, siendo este un proceso muy costoso. La eficiencia de estas celdas ha llegado hasta el 24,7% en laboratorio y a un 16% en paneles comerciales. Los paneles contruidos con este tipo de tecnología son los más desarrollados del mercado, siendo garantizados por algunos fabricantes por hasta 25 años. La gráfica N° 1.26, muestra un panel solar de silicio monocristalino.

**Gráfico N° 1. 26:** PANEL SOLAR DE SILICIO MONOCRISTALINO



**FUENTE:** ITER, Instalación Solar Fotovoltaica 2008, Pág. 4

**RECOPIADO POR:** Los Investigadores

**Silicio Policristalino:** las láminas policristalinas son fabricadas a través de un proceso de moldeo, para esto se funde el silicio y luego se vierte sobre moldes. Una vez que el material se ha secado, se corta en delgadas láminas. El proceso de moldeo es menos costoso de producir que el silicio monocristalino, pero son menos eficientes, debido a que el proceso deja imperfecciones en la superficie de la lámina. La eficiencia de conversión alcanza valores alrededor del 19,8% en

laboratorio y de 14% en paneles comerciales. En la gráfica N° 1.27, se puede apreciar un panel de estas características.

Las características del silicio cristalizado, hacen que los paneles de silicio policristalino posean un grosor considerable. Empleando silicio con otros materiales semiconductores, es posible obtener paneles más finos e incluso flexibles.

**Grafico N° 1. 27:** PANEL SOLAR DE SILICIO POLICRISTALINO



**FUENTE:** ITER, Instalación Solar Fotovoltaica 2008, Pág. 5

**RECOPIADO POR:** Los Investigadores

**Silicio amorfo (TFS):** Basados también en el silicio, pero a diferencia de los dos anteriores, este material no sigue aquí estructura cristalina alguna. Paneles de este tipo son habitualmente empleados para pequeños dispositivos electrónicos (Calculadoras, relojes) y en pequeños paneles portátiles. Su rendimiento máximo alcanzado en laboratorio ha sido del 13% siendo el de los módulos comerciales del 8% como se indica en el grafico N° 1.28.

**Grafico N° 1. 28:** PANEL FORMADO CON CÉLULAS DE SILICIO AMORFO



**FUENTE:** ITER, Instalación Solar Fotovoltaica 2008, Pág. 5

**RECOPIADO POR:** Los Investigadores

### **1.11 Vida útil de una instalación fotovoltaica.**

El módulo fotovoltaico se estima que tiene una vida útil superior a 30 años, constituyendo la parte más fiable de la instalación. La experiencia indica que los

paneles nunca dejan de producir electricidad, aunque su rendimiento pueda disminuir ligeramente con el tiempo. Las instalaciones más antiguas es de los años 60-70 y aún continúan operativas.

En general se trata de equipos fabricados para resistir todas las inclemencias del tiempo, además las células están hechas de silicio, que es un material muy resistente.

### **1.12 Instalaciones Aisladas**

Un sistema fotovoltaico aislado o autónomo se trata de un sistema autoabastecedor, ya que aprovecha la irradiación solar para generar la energía eléctrica necesaria en el suministro de una instalación. La función básica de convertir la radiación solar en electricidad la realiza el módulo fotovoltaico. La corriente producida por el módulo fotovoltaico es corriente continua a un voltaje que generalmente es de 12V (Voltios), dependiendo de la configuración del sistema puede ser de 24V ó 48V, como se indica en el grafico N° 1.29. **Pareja Aparicio, M.** Cálculo de una Instalación Aislada. 2º Edición. 2010.

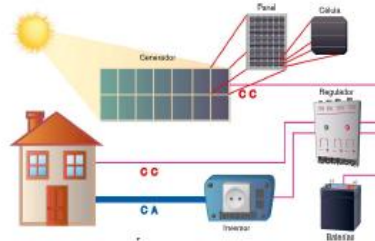
La energía eléctrica producida se almacena en baterías, para que pueda ser utilizada en cualquier momento, y no sólo cuando está disponible la radiación solar. Esta acumulación de energía debe estar dimensionada de forma que el sistema siga funcionando incluso en periodos largos de mal tiempo y cuando la radiación solar sea baja (por ejemplo, cuando sea un día nublado). De esta forma se asegura un suministro prácticamente continuo de energía. **Pareja Aparicio, M.** Cálculo De Una Instalación Aislada. 2º Edición. 2010.

El regulador de carga es el componente responsable de controlar el buen funcionamiento del sistema evitando la sobrecarga y descarga de la batería, proporcionando alarmas visuales en caso de fallas del sistema. Así se asegura el uso eficiente y se prolonga su vida útil. **Pareja Aparicio, M.** Cálculo De Una Instalación Aislada. 2º Edición. 2010.

Este tipo de instalaciones son muy útiles para abastecer lugares de difícil acceso adonde llevar un punto de conexión de la Red Eléctrica resulta demasiado caro.

Caso de existir grupos electrógenos permiten mejorar el nivel de vida al reducir o eliminar los ruidos, olores a combustibles y mantenimientos costosos. **Pareja Aparicio, M.** Cálculo De Una Instalación Aislada. 2º Edición. 2010.

**Grafico N° 1. 29:** ESQUEMA GENERAL DE UNA INSTALACIÓN AUTÓNOMA



**FUENTE:** Manual De Instalación, Componentes De Un Sistema Solar Fotovoltaico, 2009. Pág. 9.

**RECOPIADO POR:** Los Investigadores.

### **1.13 Componentes de un Sistema Fotovoltaico Aislado.**

Un sistema fotovoltaico aislado está compuesto por los siguientes elementos como se puede observar en la gráfica N° 1.30.

#### **1.13.1 Módulos fotovoltaicos.**

Denominado panel solar o módulo fotovoltaico, su principal función es la de proporcionar energía a la instalación a partir de la irradiación solar, aprovechando el efecto fotoeléctrico. **(Pareja, M. 2010)**

Un módulo fotovoltaico está formado por la interconexión de varias células solares en serie y/o paralelo, para adaptar el panel a los niveles de tensión y corriente, puesto que cada célula puede suministrar del orden de 0.5 voltios. **(Pareja, M. 2010)**

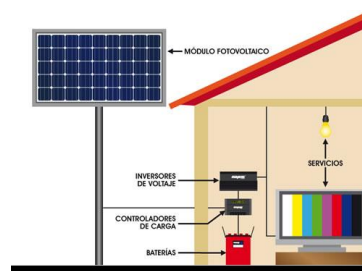
Las células se fabrican mediante la cristalización del silicio, por lo que se encuentran 3 tipos principales:

- Monocristalino: presenta estructura cristalina completamente ordenada.
- Policristalino: presenta una estructura ordenada por regiones separadas.
- Amorfo: presenta un alto grado de desorden y un gran número de defectos estructurales en su combinación química.

Las condiciones estándar de medida (CEM) quedan definidas por los siguientes valores:

- Irradiación: 1000 W/m<sup>2</sup>.
- Temperatura: 25 °C.
- Incidencia normal.
- Espectro radiante o masa de aire: AM 1.5.

**Grafico N° 1. 30: COMPONENTES DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO**



FUENTE: Manual De Instalación, Componentes De Un Sistema Solar Fotovoltaico, 2009. Pág. 9.

RECOPIADO POR: Los Investigadores.

#### **1.14 Definiciones de tabla de características que comúnmente contiene una placa de un panel solar fotovoltaico.**

Respecto de los parámetros eléctricos que definen los paneles o en módulos fotovoltaicos, los fundamentales son los siguientes:

##### **Potencia Máxima nominal (P<sub>m</sub>)**

Su valor queda especificado por una pareja de valores  $I_{MP}$  y  $V_{MP}$  cuyo producto es máximo.

La eficiencia de conversión de la celda  $\eta$ , se define como el cociente entre el valor de la potencia máxima generada ( $P_m$ ) y la potencia de la relación luminosa o irradiancia ( $P_i$ ). Para una celda solar de silicio cristalino comercial con una eficiencia del 17%, la potencia máxima generada es de 100 cm<sup>2</sup> de captación cuando incide sobre la celda 1000 W/m<sup>2</sup> es de 1.7 W ( $V_m=0.485$ ;  $I_m=3.52$  A).

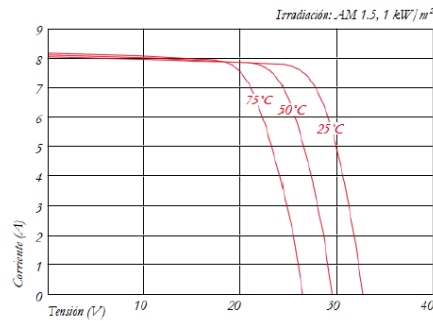
##### **1.14.1 Voltaje máxima Potencia (V<sub>MP</sub>)**

Valor de la tensión cuando el panel está suministrando la máxima intensidad de corriente. La tensión del panel presenta una variación inversamente proporcional a



la temperatura de las células, sin que tal condición provoque cambios en la corriente de salida. La gráfica N° 1.31 muestra la curva para cinco valores de temperatura.

**Grafico N° 1. 31:** CURVA CARACTERÍSTICA DE VOLTAJE DE UN MÓDULO FOTOVOLTAICO



.FUENTE: <http://www.kyocerasolar.es>

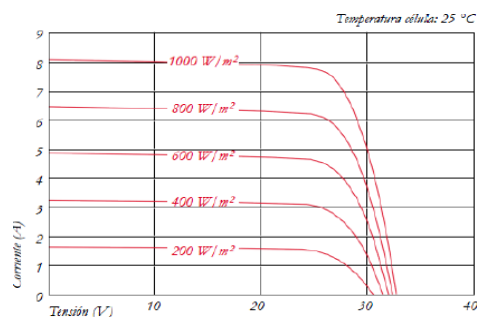
RECOPIADO POR: Los Investigadores.

Con respecto a la indicada temperatura, es de tener en cuenta que no es referida a la ambiente sino a la de la célula, la cual presenta un valor superior por el calentamiento a que la somete la irradiación solar.

**Corriente de máxima potencia ( $I_{MP}$ ):** Corriente suministrada a la potencia máxima. Se considera este parámetro el representativo de la corriente nominal.

La corriente proporcionada por el módulo fotovoltaico es directamente proporcional a la energía solar recibida, con escasa repercusión de la tensión de salida si la temperatura es constante, la gráfica N° 1.32 muestra esta curva característica.

**Grafico N° 1. 32:** CURVA CARACTERÍSTICA DE LA CORRIENTE DE UN MÓDULO FOTOVOLTAICO



FUENTE: <http://www.kyocerasolar.es>

RECOPIADO POR: Los Investigadores

**Voltaje a circuito abierto (Voc):** Es el voltaje máximo que genera la celda solar. Este voltaje se mide cuando no existe una carga conectada a la celda. Bajo condiciones estándares de medición, el valor típico del voltaje a circuito abierto que se ha obtenido en una celda de silicio cristalino es del orden de 0.6 V. **Alcalde San, M. P. 2009.** Instalaciones Eléctricas y Autónomas. Madrid : Paraninfo, 2009.

**Corriente de cortocircuito (Isc):** Es la máxima corriente generada por la celda solar y se mide cuando se conecta en corto circuito las terminales positivas y negativas de la celda. Su valor depende del área superficial y de la radiación luminosa. El valor típico para la corriente de cortocircuito esta dado en unidades de Amperes.

**Potencia pico:** Es la potencia eléctrica que puede suministrar una célula y se define por el punto de la curva I-V. El producto de la intensidad producida y la tensión da como resultado un valor máximo, todos los puntos restantes de la curva generan valores inferiores.

Potencia Pico = Corriente de Corto circuito \* Voltaje circuito abierto =  $I_{sc} * V_{oc}$

**Factor de forma (FF):** Es un parámetro de gran utilidad práctica, ya que nos da una idea de la calidad de las células fotovoltaicas, comparando la potencia máxima con el producto de la intensidad en cortocircuito y la tensión en circuito abierto. Se define mediante la expresión:

$$\text{Factor de Forma (FF)} = \frac{I_{MP} V_{MP}}{I_{SC} V_{OC}}$$

**Coefficiente de temperatura de Isc:** Indica, en porcentaje, la alteración de este parámetro con la temperatura. Por ejemplo 0,050%/°C.

**Coefficiente de temperatura de Voc:** Indica, en mV/°C, la alteración de la tensión en un circuito abierto con la temperatura. Por ejemplo: 70mV/°C.

**Coefficiente de la temperatura de la potencia:** Indica el signo y valor de la alteración de la potencia con la temperatura. Por ejemplo: -0,45%/°C.

**Células fotovoltaicas:** es un dispositivo electrónico que permite transformar la energía lumínica (fotones) en energía eléctrica (flujo de electrones libres) mediante el efecto fotoeléctrico, generando energía solar fotovoltaica.

### **¿Cómo operan los sistemas solares fotovoltaicos?**

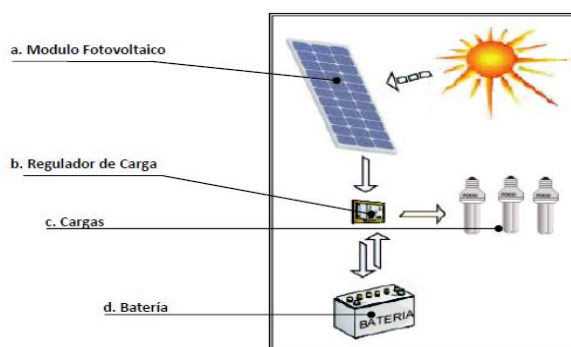
El Sistema fotovoltaico domiciliario (SFD), produce energía eléctrica directamente de la radiación solar. La función básica de convertir la radiación solar en electricidad la realiza el modulo fotovoltaico. La corriente producida por el modulo fotovoltaico es corriente continua a un voltaje que generalmente es de 12V (Voltios), dependiendo de la configuración del sistema puede ser de 24V o 48V.

La energía eléctrica producida se almacena en baterías, para que pueda ser utilizada en cualquier momento, y no sólo cuando está disponible la radiación solar. Esta acumulación de energía debe estar dimensionada de forma que el sistema siga funcionando incluso en periodos largos de mal tiempo y cuando la radiación solar sea baja (por ejemplo, cuando sea un día nublado). De esta forma se asegura un suministro prácticamente continuo de energía.

El regulador de carga es el componente responsable de controlar el buen funcionamiento del sistema evitando la sobrecarga y descarga de la batería, proporcionando alarmas visuales en caso de fallas del sistema. Así se asegura el uso eficiente y se prolonga su vida útil.

El Sistema Fotovoltaico Domiciliario (SFD), como se muestra en la gráfica N° 1.33, permite la alimentación autónoma de equipos de iluminación, refrigeradores de bajo consumo, radio, televisor. Garantizando un servicio de energía eléctrica ininterrumpido, de larga vida útil y con el mínimo mantenimiento. Este sistema está conformado básicamente de un módulo fotovoltaico (generador fotovoltaico), una batería (sistema de acumulación), un regulador de carga (equipo de control) y las cargas en corriente continua (luminarias, Televisor etc.). A estos elementos hay que añadir los materiales auxiliares de infraestructura (cables, estructuras soporte, etc.).

**Grafico N° 1.33: COMPONENTES DE UN SFD BÁSICO**



FUENTE: ITER, instalación solar fotovoltaica 2008, pág. 8

RECOPIADO POR: Los Investigadores

## 1.15 SISTEMAS HÍBRIDOS

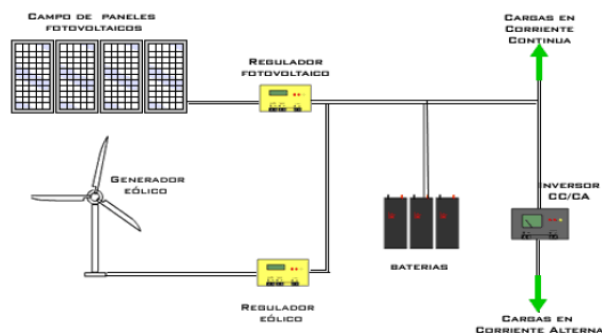
### 1.15.1 Sistemas híbridos de energías renovables

Según, **CASTILLO MERAZ, Raúl M.C. Julio de 2013**. Sistema Híbrido Fotovoltaico-Eólico para la Generación de Energía Eléctrica. Universidad Autónoma de San Luís Potosí. Julio De 2013.

Es la que combina la generación fotovoltaica y la eólica. Su versatilidad se debe a que se basa en los recursos energéticos renovables más abundantes (radiación solar y viento) gráfico N° 1.34, y ampliamente esparcidos en el planeta contando con la ventaja de su libre disponibilidad. Adicionalmente, estas energías presentan naturalmente perfiles temporales de existencia de carácter complementario, característica que permite minimizar la magnitud de los recursos de almacenamiento. Esta última particularidad resulta importante desde el punto de vista económico debido a la importante influencia relativa que ejercen los costos de los dispositivos de almacenamiento sobre el costo final del sistema.

El principio de funcionamiento de una instalación híbrido eólico - solar es idéntico al de una instalación solar, con el añadido de tener un generador eólico con su respectivo regulador, que transforma la señal alterna que produce el aerogenerador en continua para inyectar en el circuito común al campo de paneles solares. La gran ventaja es la complementariedad de ambos elementos generadores y el gran potencial energético que poseen los aerogeneradores.

**Grafico N° 1. 34: ESQUEMA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DE HÍBRIDO EÓLICO - SOLAR**



FUENTE: Tesis de Generacion Electrica Fotovoltaica, 2008

RECOPIADO POR: Los Investigadores

### 1.15.2 Sistema híbrido eólico-fotovoltaico

Según, **HERRERA HEREDIA, J. C. 2013**. Sistema Híbrido Solar-Eolico para el abastecimiento electrico del centro de Control de Energia. Quito. CENACE, 2013.

Se contempla esta posibilidad, cuando en el lugar de la instalación hay presencia de viento y sol. Estas condiciones no se dan en todas partes, por lo que es necesario conocer con detalle el potencial eólico y solar antes de decidir por esta opción.

Los sistemas híbridos optimizan las mejores condiciones del viento y el sol complementándose entre sí. Los días fríos y de viento, normalmente nublosos, apenas permiten aprovechar la luz solar, mientras que son ideales para los aerogeneradores. Por su parte los días de anticiclón suelen provocar cielos despejados con poco viento, y por lo tanto más adecuado para los paneles fotovoltaicos.

**Campo de paneles:** está compuesto de un número de módulos solares interconectados serie/paralelo (dependiendo del voltaje necesario), este elemento entrega la parte de energía eléctrica convertida desde la energía solar.

**Aerogenerador:** provee la parte de la energía eléctrica necesaria convirtiendo la energía cinética del viento.

**Regulador fotovoltaico:** este es un dispositivo electrónico, que controla tanto el flujo de la corriente de la batería.

**Controlador de carga:** transforma la corriente alterna generada por el sistema híbrido a corriente continua y luego carga las baterías. Cada controlador viene con un disipador de energía para el exceso de generación.

Los reguladores actuales introducen micro controladores para la correcta gestión de un sistema fotovoltaico. Su programación elaborada permite un control capaz de adaptarse a las distintas situaciones de forma automática, permitiendo la modificación manual de sus parámetros de funcionamiento para instalaciones especiales. Incluso los hay que memorizan datos que permiten conocer cuál ha sido la evolución de la instalación durante un tiempo determinado.

### 1.15.3 Dimensionamiento del Controlador.

Se debe calcular el valor de la corriente del controlador, con la ecuación 1.24 y ecuación 1.25 expresadas, para lo cual se requiere la corriente de cortocircuito de cada panel y el número de paneles N.

$$I_R = I_{SC} * N [A] \quad \text{Ecu. 1.24}$$

$$I_R = 1.25 \frac{P_N * N}{V} [A] \quad \text{Ecu. 1.25}$$

Dónde:

$I_{SC}$  = corriente de cortocircuito (Amperios)

V = voltaje nominal del sistema fotovoltaico (voltios)

**Baterías de acumulación:** Se denomina batería, batería eléctrica, 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.

#### 1.15.4 Dimensionamiento del acumulador

Para una instalación aislada debemos conocer el consumo diario y debemos establecer la autonomía deberá tener la instalación, es decir, como se muestra en la ecuación 1.26 y ecuación 1.27, cuantos 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 la ecuación 1.28, ecuación 1.29 y ecuación 1.30.

$$N_B = 100\% - K_b \quad \text{Ecu. 1.26}$$

$$Q_M = \frac{E_T}{n_B} \left[ \frac{Wh}{día} \right] \quad \text{Ecu. 1.27}$$

$$C_{DA} = \frac{Q_M}{V} \left[ \frac{Ah}{día} \right] \quad \text{Ecu. 1.28}$$

$$C_{TB} = \frac{C_{DA} * D_A}{pdD} [Ah] \quad \text{Ecu. 1.29}$$

$$N_B = \frac{C_{TB}}{CB_{USAR}} \quad \text{Ecu. 1.30}$$

Dónde:

**Kb** = Coeficiente de pérdidas debidas al rendimiento del acumulador.

**N<sub>B</sub>**= rendimiento de la batería.

**Q<sub>M</sub>** = energía diaria de acumulación requerida. [Wh/día]

**C<sub>DA</sub>**= capacidad diaria de acumulación. [Ah/día]

**C<sub>TB</sub>**= la capacidad total de la batería. [Ah]

**N<sub>B</sub>**= número de baterías.

**Inversor:** es un dispositivo eléctrico, electrónico que emplea la corriente continua de un sistema de almacenamiento con baterías y transforman a corriente alterna similar a la de la red. 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 en una gran variedad de aplicaciones, desde pequeñas fuentes de alimentación para computadoras, hasta aplicaciones industriales para controlar alta potencia.

### 1.15.5 Dimensionamiento del Inversor.

La potencia nominal del inversor  $P_{inversor}$  debe ser igual a la potencia  $P_{TAC}$  de la carga instalada en AC más un 25% como se indica en la ecuación 1.31.

$$P_{inversor} = 1.25 * P_{TAC} [Watt] \quad \text{Ecu. 1.31}$$

### 1.15.6 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 N° 1.8.

**Tabla 1.8:** CAÍDAS DE TENSIÓN DE LOS CONDUCTORES ENTRE COMPONENTES

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

Fuente:<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2252/1/CD-2992.pdf>.

RECOPIADO POR: Los Investigadores

Para calcular el calibre del conductor, sea en  $mm^2$  o AWG, se utiliza la ecuación 1.32 de caída de voltaje:

$$\Delta V = R * L * I \quad \text{Ecu. 1.32}$$

Dónde:

$\Delta V$  = Caída de voltaje entre los extremos de los conductores.

$R$  = Resistencia del conductor en  $[\Omega / m]$ .

$L$  = Longitud entre componentes en  $[m]$ .

$I$  = Corriente  $[A]$ .



Se selecciona el calibre del conductor en base a la corriente que circula por él a través de la ecuación 1.33 y ecuación 1.34.

$$I_{inversor} = \frac{P_{cargaAC}}{V_{Bateria}} \quad \text{Ecu. 1.33}$$

$$I_{carga AC} = \frac{P_{cargaAC}}{V_{AC}} \quad \text{Ecu. 1.34}$$

Dónde:

$P_{cargaAC}$  = potencia de carga en AC (vatios)

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

$V_{AC}$  = voltaje de la carga en AC. (Voltios)

### 1.15.7 Conductores AWG normalizados.

Un conductor puede estar formado por uno o varios hilos, siendo unifilar o multifilar, cableado o tranzado. Cuando el conductor en cableado puede ser normal, flexible o extra flexible, de acuerdo al grado de flexibilidad que se le da al número de hilos delgados que lo componen (en medida que aumenta el número aumenta la propiedad).

Los conductores de un solo hilo se denominan sólidos y se utilizan hasta en n° 10 AWG en instalaciones residenciales, comerciales o de oficinas. Para calibres mayores se emplean cableados, para facilitar el manejo en el proceso de instalación. De acuerdo a la corriente de circulación que requiere se selecciona el calibre del conductor como se ve según la siguiente tabla N° 1.9 y tabla N° 1.10.

**Tabla 1.9:** TABLA DE VALORES SEGÚN ELECTROCABLES

CAPACIDAD DE CORRIENTE DE CONDUCTORES AWG			
Calibre	T-TW(60°C)	THW-THWN-TTV(75°C)	V-MI(90°C)
14	15A	15 <sup>a</sup>	25A
12	20A	20 <sup>a</sup>	25A
10	30A	30 <sup>a</sup>	40A
8	40A	45 <sup>a</sup>	50A
6	55A	65 <sup>a</sup>	70A

4	70A	85 <sup>a</sup>	90A
0	125A	150 <sup>a</sup>	155A
0	145A	170 <sup>a</sup>	185A
0	165A	200 <sup>a</sup>	210A
0	195A	230 <sup>a</sup>	235A

Fuente: <http://autodesarrolloelectricidadpractica.blogspot.com/2011/05/continuacion.html>

RECOPIADO POR: Los Investigadores

**Tabla 1.10: VALORES NORMALIZADOS CABLES A.W.G**

Número AWG	Diámetro (mm)	Sección (mm <sup>2</sup> )	Kg. Por Km.	Resistencia (O/Km.)
000	10,4	85,3		0,197
00	9,226	67,43		0,252
0	8,252	53,48		0,317
1	7,348	42,41	375	1,4
2	6,544	33,63	295	1,5
3	5,827	26,67	237	1,63
4	5,189	21,15	188	0,8
5	4,621	16,77	149	1,01
6	4,115	13,3	118	1,27
7	3,665	10,55	94	1,7
8	3,264	8,36	74	2,03
9	2,906	6,63	58,9	2,56
10	2,588	5,26	46,8	3,23
11	2,305	4,17	32,1	4,07
12	2,053	3,31	29,4	5,13
13	1,828	2,63	23,3	6,49
14	1,628	2,08	18,5	8,17

Fuente: <http://www.profesormolina.com.ar/electromec/tabla.htm>

### 1.15.8 INSTALACIONES HÍBRIDAS

En muchas ocasiones el dimensionado de la instalación fotovoltaica por sí sola se encuentra por debajo del margen de seguridad que garantiza la cobertura del suministro eléctrico todo el año, ya sea por motivos económicos o bien porque se dispone de otra fuente de generación eléctrica que completará la generada por la instalación.

Incluso aunque el dimensionado sea el correcto se pueden producir puntas de consumo muy por encima del habitual, o simplemente, tener periodos anormalmente largos de tiempo nublado y que por diferentes necesidades se deba garantizar en cualquier situación. Por tanto, en estos casos se recomienda disponer de algún sistema de generación auxiliar que permita hacer frente con seguridad

ante las circunstancias mencionadas, garantizando así un estado de carga aceptable en los acumuladores y una prolongación de su vida útil. Estos sistemas son una combinación entre un sistema fotovoltaico y otra fuente de suministro de energía eléctrica complementaria que no se trate de la red eléctrica, como son los generadores diesel o eólicos, pequeñas plantas hidroeléctricas y, en general, cualquier otro tipo de fuente energética.

Uno de los sistemas de generación está formado por un módulo de paneles fotovoltaicos que mediante su regulador de carga está conectado a los acumuladores, mediante un rectificador, se conectan a las baterías para, en casos extremos, poder cargar los acumuladores. No obstante, el diseño óptimo de sistemas híbridos es muy complicado, debido a la variabilidad de la energía solar y la demanda de carga, así como las características no lineales de algunos componentes. Aunque son muchos los resultados que muestran las ventajas de un sistema híbrido frente a un sistema que sólo utiliza paneles fotovoltaicos o aerogeneradores como fuente de energía.

### **1.15.9 Ventajas y desventajas de los sistemas híbridos**

#### **Ventajas**

- La generación eólica no produce gases ni residuos.
- Cada Kwh de electricidad generada por el viento evita que se contamine 1Kg de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) a la atmósfera.
- Es inagotable mientras exista el sol y la atmósfera, continuará existiendo el viento.
- La instalación es rápida no mayor a 3 meses.
- No destruye la naturaleza y el suelo para la agricultura.

## **Desventajas**

- Produce contaminación acústica, se están construyendo nuevos diseños para evitar.
- Produce la muerte de aves debido a la rotación de las aspas.
- Según el sector de ubicación es importante poner un complemento para períodos de poco viento.
- Requiere de planicies y cima de montaña.
- Puede atraer humanos a lugares que antes no tenían su presencia afectando a la biodiversidad.

### **1.16 GENERALIDADES DEL CANTÓN MEJÍA**

Según, **Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Mejía. 2012.** Plan Estratégico Participativo Institucional 2012. Machachi. 2012.

El cantón Mejía es una entidad territorial subnacional ecuatoriana ubicada al sur de la Provincia de Pichincha. Su cabecera cantonal es la ciudad de Machachi, lugar donde se agrupa gran parte de su población total.

#### **1.16.1 Clima**

Existen climas muy diversos desde el templado hasta el gélido en las cumbres de las montañas. Predomina el frío, especialmente en los páramos de la parroquia.

La temperatura media en la zona es de 9 a 18°C, aunque existen temperaturas extremas en ciertas mañanas de los meses de noviembre, diciembre, febrero y agosto que llegó a menos 5°C en el año 2.005.

#### **1.16.2 Población**

La población actual del cantón Mejía es de aproximadamente 72.553 habitantes según el último censo.

### **1.16.3 Organización sociopolítica**

La ciudad de Machachi y el cantón Mejía, al igual que las demás localidades ecuatorianas, se rige por una municipalidad según lo estipulado en la Constitución Política Nacional. La Municipalidad de Mejía es una entidad de gobierno seccional que administra el cantón de forma autónoma al gobierno central. La municipalidad está organizada por la separación de poderes de carácter ejecutivo representado por el alcalde, y otro de carácter legislativo conformado por los miembros del concejo cantonal. El Alcalde es la máxima autoridad administrativa y política del Cantón Mejía. Es la cabeza del cabildo y representante del Municipio.

### **1.16.4 Ubicación geográfica**

La hacienda la Merced se encuentra ubicada en la parte sureste del Cantón Mejía, en las faldas del sincholagua como se muestra en el gráfico N° 1.35.

Limites geograficos:

NORTE: Hacienda Rafael Lasso

SUR: Parque Nacional Cotopaxi

ESTE: Hacienda Campo Alegre

OESTE: Parque Nacional Cotopaxi

**Gráfico N° 1. 35:** UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA HACIENDA LA MERCED



Fuente:[http://www.geografiainfo.es/nombres\\_geograficos/name.php?uni=1382154](http://www.geografiainfo.es/nombres_geograficos/name.php?uni=1382154)

### **1.16.5 Sistema de Posicionamiento Global. (GPS satelital)**

Google Sunearthtools es un programa informático que muestra un globo virtual que permite visualizar múltiple cartografía, con base en la fotografía satelital, que

proporcionan posiciones en tres dimensiones, velocidad y tiempo, las 24 horas del día, en cualquier parte del mundo y en todas las condiciones climáticas.

Este programa informático, proporcionó información sobre la posición en donde se encuentra el lugar de estudio, es decir facilitó los datos sobre la longitud, latitud y altura del lugar como se ve en la tabla N° 1.11.

**Tabla 1.11:** DATOS DE GPS OBTENIDOS EN LA HACIENDA LA MERCED

UBICACIÓN	Ecuador, Cotopaxi, hacienda la Merced
LATITUD	00°34'55"S
LONGITUD	078°23'59"W
ALTURA	5820 msnm

**Elaborado por:** los investigadores.

## CAPITULO II

### 2.1 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 2.2 Diseño de la investigación

#### 2.3 Metodología

La investigación a realizarse estará orientada a un enfoque cualitativo y cuantitativo, por lo que se realizará una evaluación de la cantidad de vientos que circula, radiación solar existente dentro de la comunidad, con el propósito generar electricidad, y hacer habitable la vivienda unifamiliar en dicho sector.

#### 2.4 Métodos de investigación

**Método Sintético.-** Este nos permitirá proponer diversas teorías donde se apliquen las hipótesis que sirvan para desarrollar el modelo para la implementación del pico generador con sus respectivos parámetros, para que cuando culmine el proceso de generación, este sea de calidad de acuerdo a las necesidades y estándares de producción.

**Método Analítico.-** Este método nos ayudara a identificar la forma más viable para proceder a ejecutar el proyecto, llegando a dar una pronta solución a la problemática determinada.

#### 2.5 Tipos de investigación

**Investigación de Campo.-** De tal manera que se realiza el estudio, a través de la recolección de datos, para la implementación del sistema híbrido eólico y solar para generar energía sustentable en la Hacienda “La Merced”.

**Aplicada.-** Por cuanto ofrece propuestas factibles para la solución del problema planteado.

**Documental:** Porque para la realización de este trabajo investigativo se requerirá de la utilización de información, del criterio de diversos autores, recopilación de artículos, libros, folletos, referencias del personal técnico calificado, Internet, para el sustento de esta investigación.

## **2.6 TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

**La Observación.-** Con esta técnica observamos cada uno de las necesidades en cuanto se refiere a la falta de energía Eléctrica que existe en la “Hacienda la Merced”, de ésta manera se llegara rápidamente a la solución del problema obteniendo un equipo totalmente eficiente durante la generación híbrida de energía.

**Medición:** La investigación se realizará con los instrumentos de medición meteorológicos para el desarrollo de la misma, esto nos permitirá tener un diagnóstico verdadero de dónde empezar el proceso del análisis e implementación, para poder partir de una serie de valores que indican el grado de radiación solar, velocidad y dirección del viento conocimiento previo, dichos valores nos ayudara en el dimensionamiento del sistema, lo que creamos conveniente implementar como parte del proceso para realización del proyecto. Además se utilizara el multímetro y voltímetro para determinar lo calculado.

**La Encuesta.-** Esta técnica nos ayudara a saber cuál factible es la implementación del sistema hibrido eólico y solar, puesto que intervendrán los socios q conforman parte de la Hacienda “La Merced”, que nos expondrán sus opiniones y sugerencias para optimizar el proyecto.

**La entrevista.-** Esta técnica es muy importante ya que nos permitirá saber las opiniones y comentarios de los socios, sobre la falta de energía eléctrica en las zonas más alejadas como lo es en la Hacienda “La Merced”.



## **2.7 Nivel de investigación**

El nivel es el experimental puesto que fue necesario conocer comportamiento de las energías renovables como los niveles de vientos y radiación solar de manera empírico de allí el requerimientos necesarios de tomar con exactitud los datos meteorológicos que tiene la zona para la generación energética en la hacienda la Merced, de modo que el sistema híbrido pueda contribuir con la necesidad de cubrir la iluminación de una vivienda unifamiliar y satisfacer con las necesidades de dicha hacienda.

## **2.8 POBLACIÓN Y MUESTRA**

**POBLACIÓN.-** La Población es un conjunto definido, limitado y accesible del universo que forma el referente para la elección de la muestra.

Para la presente investigación se ha tomado como población a los 25 socios de la Asociación de Productores Pecuarios Sincholhua, los mismos que por ser una población pequeña no ha sido necesario calcular una muestra y se trabajó con la totalidad de la misma reduciendo el margen de error.

## 2.9 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE ENCUESTAS.

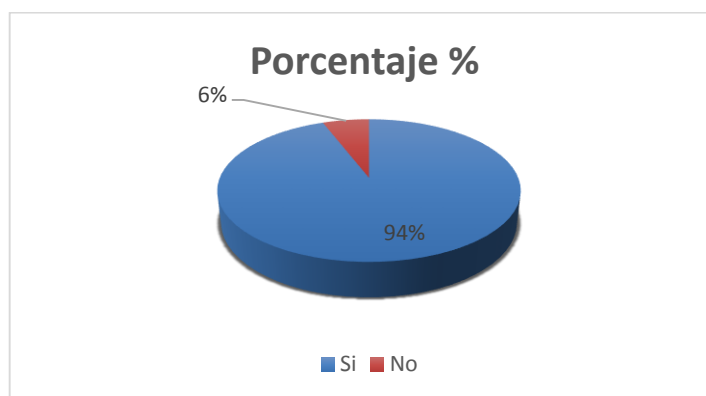
- 1) **¿Considera usted que los estudiantes de la UTC, están capacitados para implementar un pico generador hibrido eólico y solar?**

**Tabla 2. 1:** CONSIDERACION PARA IMPLEMENTAR UN PICO GENERADOR HIBRIDO EÓLICO Y SOLAR

Variables	Frecuencia	Porcentaje %
Si	16	94%
No	1	6%
<b>TOTAL</b>	<b>17</b>	<b>100%</b>

Elaborado por: Los Investigadores

**Gráfico N° 2. 1:** PORCENTAJE PARA IMPLEMENTAR UN PICO GENERADOR HIBRIDO EÓLICO Y SOLAR



Elaborado por: Los Investigadores

**Análisis.-** Una vez realizada la encuesta a los 17 miembros de la asociación de productores pecuarios se obtuvo la siguiente información: el 6% que equivale a 1 persona dice que no están capacitados para implementar el pico generador, mientras que el 94% equivalente a 16 personas afirman que si están capacitados.

**Interpretación.-** La mayor parte de las personas encuestadas mencionan que los aspirante a ingenieros si están en la capacidad de implementar el pico generador hibrido ayudara a muchas personas que se encuentran en lugares alejados donde no hay suministro eléctrico.

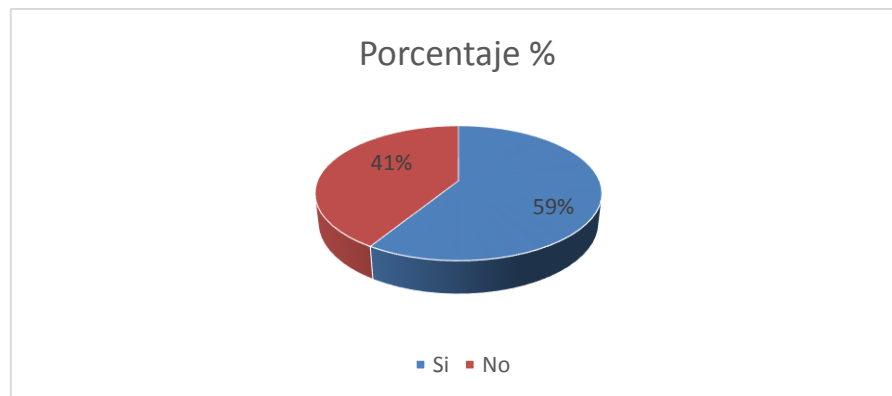
2) ¿Conoce usted fuentes de energía renovables alternas, como por ejemplo la energía solar, energía eólica, energía geotérmica, energía mareomotriz, biomasa, etc., que contribuyan con el desarrollo del país?

Tabla 2. 2: CONOCIMIENTO SOBRE ENERGIAS RENOVABLES EN EL PAIS.

Variables	Frecuencia	Porcentaje %
Si	10	59%
No	7	41%
<b>TOTAL</b>	<b>17</b>	<b>100%</b>

Elaborado por: Los Investigadores

Gráfico N° 2. 2: PORCENTAJE SOBRE EL CONOCIMIENTO SOBRE ENERGIAS RENOVABLES EN EL PAIS.



Elaborado por: Los Investigadores

**Análisis.-** El 41% que equivale a 7 personas aseguran no conocer de las energías renovables, mientras que el 59% equivalente a 10 personas si conocen de las energías renovables.

**Interpretación.-** cierto número de personas que se encuentran alejadas de las partes centrales donde hay energía eléctrica no saben a cerca de las energías renovables.

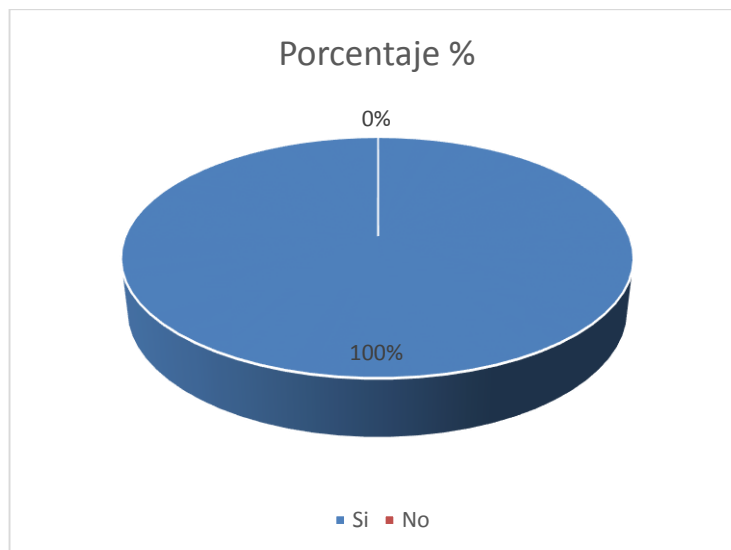
### 3) ¿Existe problemas de energía eléctrica en la hacienda “La Merced”?

**Tabla 2. 3:** PROBLEMAS DE ENERGIA ELECTRICA EN LA HACIENDA LA MERCED

<b>Variables</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje %</b>
Si	17	100%
No	0	0%
<b>TOTAL</b>	<b>17</b>	<b>100%</b>

**Elaborado por:** Los Investigadores

**Gráfico N° 2. 3:** PORCENTAJE DE PROBLEMAS DE ENERGIA ELECTRICA EN LA HACIENDA LA MERCED.



**Elaborado por:** Los Investigadores

**Análisis.-** El 100% de los encuestados, que equivalen a los 17 miembros de la asociación, expresan que si existen problemas de energía eléctrica, ya que se encuentran alejados de las redes de distribución eléctrica.

**Interpretación.-** De acuerdo con el análisis de la encuesta se puede observar que la totalidad de encuestados si consideran que existe problemas de energía eléctrica en la hacienda “La Merced”, y creen necesario la implementación de energías renovables en el sector.

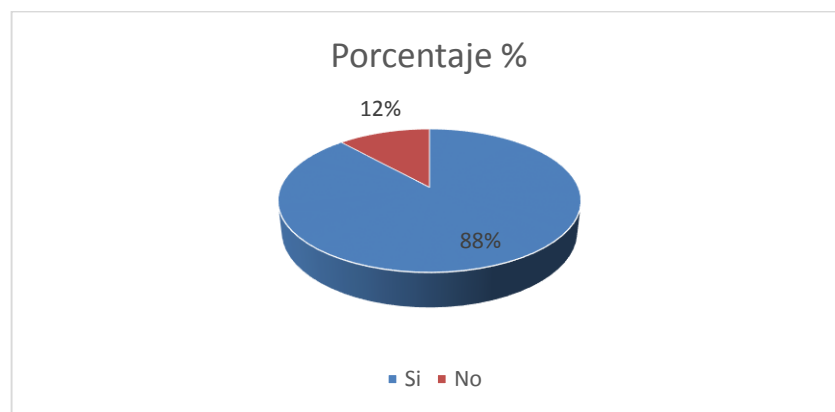
4) **¿Cree usted que es necesario que la hacienda “La Merced” cuente con una iluminación dotada por energías renovables?**

**Tabla 2. 4:** ILUMINACION DOTADAS POR ENERGIAS RENOVABLES.

<b>Variables</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje %</b>
Si	15	88%
No	2	12%
<b>TOTAL</b>	<b>17</b>	<b>100%</b>

**Elaborado por:** Los Investigadores

**Gráfico N° 2. 4:** PORCENTAJE DE ILUMINACION DOTADAS POR ENERGIAS RENOVABLES.



**Elaborado por:** Los Investigadores

**Análisis.-** el 12% que equivale a 2 personas dicen que no es necesario contar con energía eléctrica, mientras que el 88% equivalente a 15 personas están de acuerdo que se dote de energía eléctrica.

**Interpretación.-** de acuerdo a la encuesta realizada los miembros de la asociación consideran necesario y de mucha utilidad que la hacienda “La Merced” cuente con una iluminación dotada por energías renovables, para dejar de lado a los combustibles fósiles.

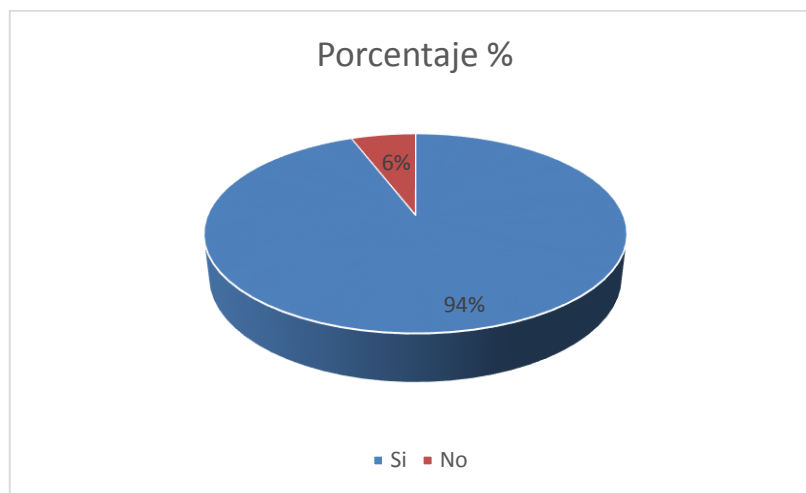
5) **¿Considera usted que un sistema híbrido eólico y solar puede sustituir la energía eléctrica convencional?**

**Tabla 2. 5:** UN SISTEMA HIBRIDO EÓLICO Y SOLAR PUEDE SUSTITUIR LA ENERGÍA ELÉCTRICA CONVENCIONAL

<b>Variables</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje %</b>
Si	16	94%
No	1	6%
<b>TOTAL</b>	<b>17</b>	<b>100%</b>

**Elaborado por:** Los Investigadores

**Gráfico N° 2. 5:** PORCENTAJE DE UN SISTEMA HIBRIDO EÓLICO Y SOLAR PUEDE SUSTITUIR LA ENERGÍA ELÉCTRICA CONVENCIONAL



**Elaborado por:** Los Investigadores

**Análisis.-** El 6% que equivale a 1 persona dice que no es necesario de energías renovables, mientras que el 94% equivalente a 16 personas aseguran que un sistema híbrido eólico y solar si reemplazaría a el sistema eléctrico convencional.

**Interpretación.-** el contar con un sistema híbrido eólico y solar, ayudara a aprovechar las fuentes de energía renovables y no contaminantes para que sea un estilo de vida más económico y energéticamente sin ningún costo.

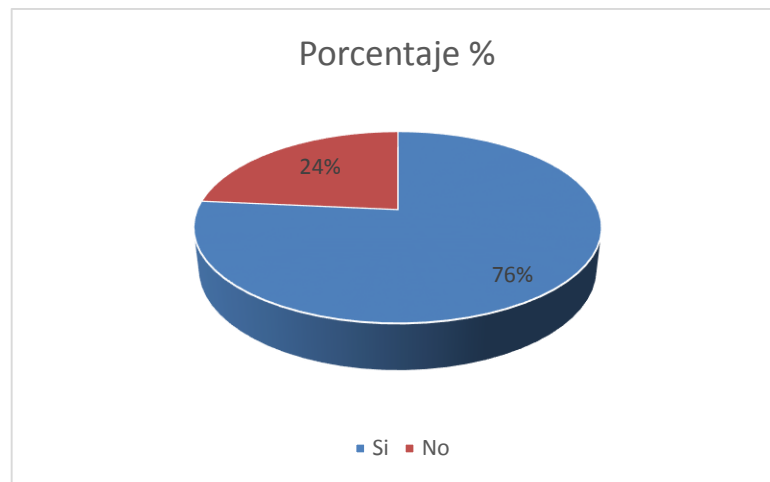
6) Al implementar nuevas fuentes energéticas renovables, ¿Cree usted que la energía eléctrica obtenida será más económica?

Tabla 2. 6: LA ENERGÍA ELÉCTRICA OBTENIDA SERÁ MÁS ECONÓMICA.

VARIABLES	FRECUENCIA	PORCENTAJE %
Si	13	76%
No	4	24%
<b>TOTAL</b>	<b>17</b>	<b>100%</b>

Elaborado por: Los Investigadores

Gráfico N° 2. 6: PORCENTAJE DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA OBTENIDA SERÁ MÁS ECONÓMICA.



Elaborado por: Los Investigadores

**Análisis.-** El 24% que equivalente a 4 personas consideran que sería demasiado costoso, mientras que el 76% equivalente a 13 personas piensan que es mejor tener energías renovables y que su costo sería mínimo

**Interpretación.-** el sistema híbrido eólico y solar ayudara a dotar de energía eléctrica aprovechando los recursos naturales, manejando los procesos y estilos de vida y su valor económico sería mínimo comparado con las fuentes de energía fósiles.

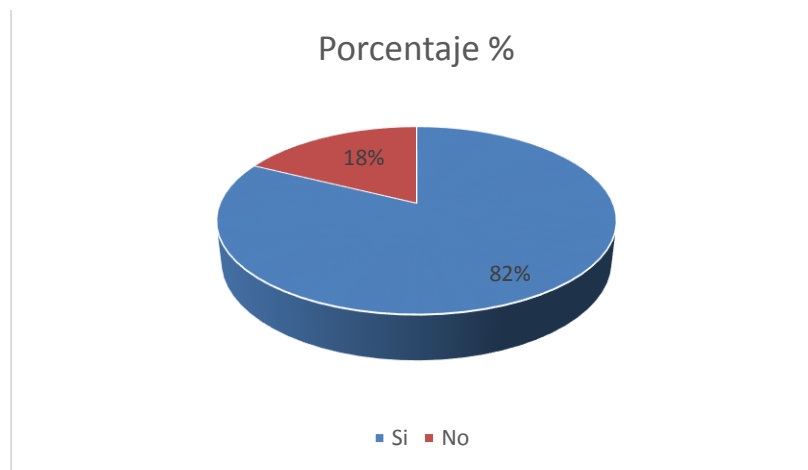
7) **¿Considera usted que es viable la implementación de un pico generador híbrido eólico y solar para dotar de energía eléctrica a la hacienda “La Merced”?**

**Tabla 2. 7:** LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PICO GENERADOR HIBRIDO EÓLICO Y SOLAR PARA DOTARA DE ENERGÍA ELÉCTRICA A LA HACIENDA “LA MERCED”

<b>Variables</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje %</b>
Si	14	82%
No	3	18%
<b>TOTAL</b>	<b>17</b>	<b>100%</b>

**Elaborado por:** Los Investigadores

**Gráfico N° 2. 7:** PORCENTAJE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PICO GENERADOR HIBRIDO EÓLICO Y SOLAR PARA DOTAR DE ENERGÍA ELÉCTRICA A LA HACIENDA “LA MERCED”



**Elaborado por:** Los Investigadores

**Análisis.-** El 18% que equivale a 3 personas consideran que no es viable ya que se estaría dañando el ecosistema, mientras que el 82% equivalente a 14 personas consideran que si es factible la implementación de un sistema híbrido y así poder reducir el impacto ambiental, ya que se utilizan recursos naturales.

**Interpretación.-** la implementación de un sistema híbrido eólico y solar ayudara a dotar de energía eléctrica a la hacienda “La Merced” para que se desarrollen sus actividades con eficiencia.

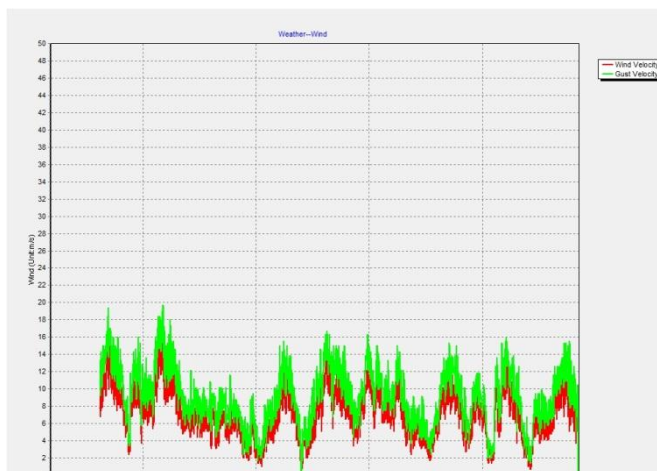
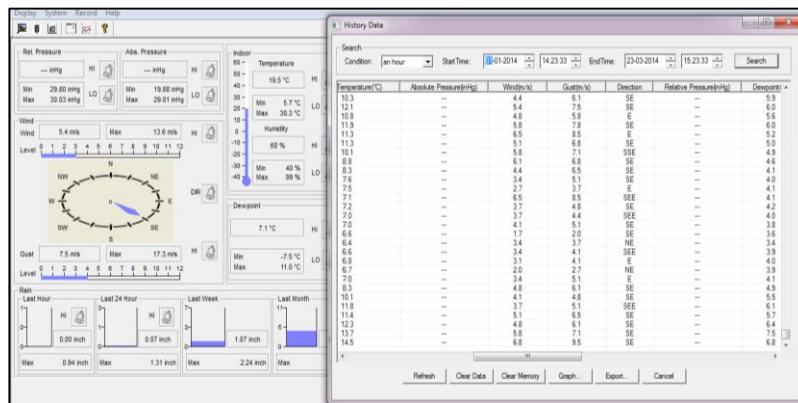


## 2.10 INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

### 2.10.1 Estación Meteorológica Anemómetro (Ambient Weather WS-2080).

Con la finalidad de realizar investigación experimental-tecnológica, se instaló la Estación Meteorológica en la hacienda la Merced, para obtener las mediciones exactas y precisas, programadas para guardar en la memoria del sistema cada 15 minutos durante un mes, realizando una serie de mediciones planificadas y vigiladas como se puede ver en resumen en el gráfico N° 2.8.

**Gráfico N° 2. 8:** SOFTWARE DE CONTROL DEL SISTEMA DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA



FUENTE: Guangzhou HY Energy Technology Co., Ltd.

REALIZADO POR: Los Investigadores

Para luego descargarle al PC mediante el software de la estación, se procede a exportarse esta información a formato de Microsoft EXCEL, lo cual fue fundamental para analizar y discutir sobre el valor promedio de la velocidad del viento, la dirección predominante, lo cual ayudara a dimensionar un

aerogenerador como una alternativa al mejor funcionamiento del sistema híbrido de generación eléctrica, como se verá a continuación en el desarrollo de este capítulo.

Al recolectar toda la información necesaria para nuestro proyecto se procedió al vaciado de datos y se realizó la elaboración de cuadros estadísticos y gráficos pertenecientes a cada uno de los meses como se muestra en la tabla N° 2.8.

**Tabla 2. 8:** TABULACIÓN DE DATOS DE VELOCIDAD DE VIENTO Y DIRECCIÓN DEL VIENTO

N°	Fecha y Hora	Intervalo	%Humedad int	Temperatura int	Humedad ext	Temperatura ext	Presion Abs	Velocidad del viento (m/s)	Rafaga de viento	Direccion	Presion relat	Punto de rocío	Temperatura vic	horas de presi	24 hora de
1	01/01/2015	30	59	17.3	80	6.7	---	8,2	9,9	SE	---	3.5	6.7	0.00	0.01
2	01/01/2015	30	60	17.0	80	6.7	---	10,5	10,9	S	---	3.5	6.7	0.00	0.01
3	01/01/2015	30	60	16.8	81	6.5	---	7,1	9,9	SE	---	3.5	5.2	0.00	0.01
4	01/01/2015	30	61	16.5	79	6.3	---	5,1	7,8	SE	---	2.9	6.3	0.00	0.01
5	01/01/2015	30	61	16.3	80	6.4	---	8,8	8,8	SE	---	3.2	6.4	0.00	0.01
6	01/01/2015	30	62	16.0	80	6.2	---	5,1	9,9	S	---	3.0	6.2	0.00	0.01
7	01/01/2015	30	63	15.8	80	6.1	---	9,5	9,9	SE	---	2.9	6.1	0.00	0.01
8	01/01/2015	30	63	15.6	81	5.9	---	5,8	8,8	SE	---	2.9	5.9	0.00	0.01
9	01/01/2015	30	63	15.4	80	5.9	---	8,5	10,5	SEE	---	2.7	5.9	0.00	0.01
10	01/01/2015	30	63	15.2	81	5.8	---	8,5	6,8	E	---	2.8	5.8	0.00	0.01
11	01/01/2015	30	64	14.9	82	5.5	---	8,5	9,9	SE	---	2.7	5.5	0.00	0.01
12	01/01/2015	30	64	14.7	82	5.5	---	6,1	8,2	SE	---	2.7	5.5	0.00	0.01
13	01/01/2015	30	64	14.5	82	5.4	---	7,8	9,9	SSE	---	2.6	5.4	0.00	0.01
14	01/01/2015	30	65	13.8	81	5.4	---	5,1	8,5	SEE	---	2.4	5.4	0.00	0.01
15	01/01/2015	30	64	12.9	79	6.1	---	5,4	9,2	S	---	2.7	6.1	0.00	0.00
16	01/01/2015	30	64	12.5	74	7.5	---	4,8	9,9	SE	---	3.2	7.5	0.00	0.00
17	01/01/2015	30	65	12.4	69	8.5	---	3,7	9,9	SE	---	3.1	8.5	0.00	0.00
18	01/01/2015	30	65	12.2	62	9.8	---	5,8	10,9	SE	---	2.9	9.8	0.00	0.00
19	01/01/2015	30	65	12.1	64	9.8	---	6,5	12,2	SE	---	3.3	7.8	0.00	0.00
20	01/01/2015	30	65	12.0	57	11.2	---	3,7	11,9	SE	---	3.0	9.3	0.00	0.00
21	01/01/2015	30	65	12.1	56	12.2	---	4,8	11,2	SE	---	3.7	10.4	0.00	0.00
22	01/01/2015	30	66	12.3	55	13.0	---	5,1	13,3	SE	---	4.2	10.7	0.00	0.00
23	01/01/2015	30	66	12.5	49	13.6	---	6,1	10,9	SSE	---	3.1	11.4	0.00	0.00
24	01/01/2015	30	66	12.6	47	14.1	---	5,8	12,9	SE	---	3.0	12.0	0.00	0.00

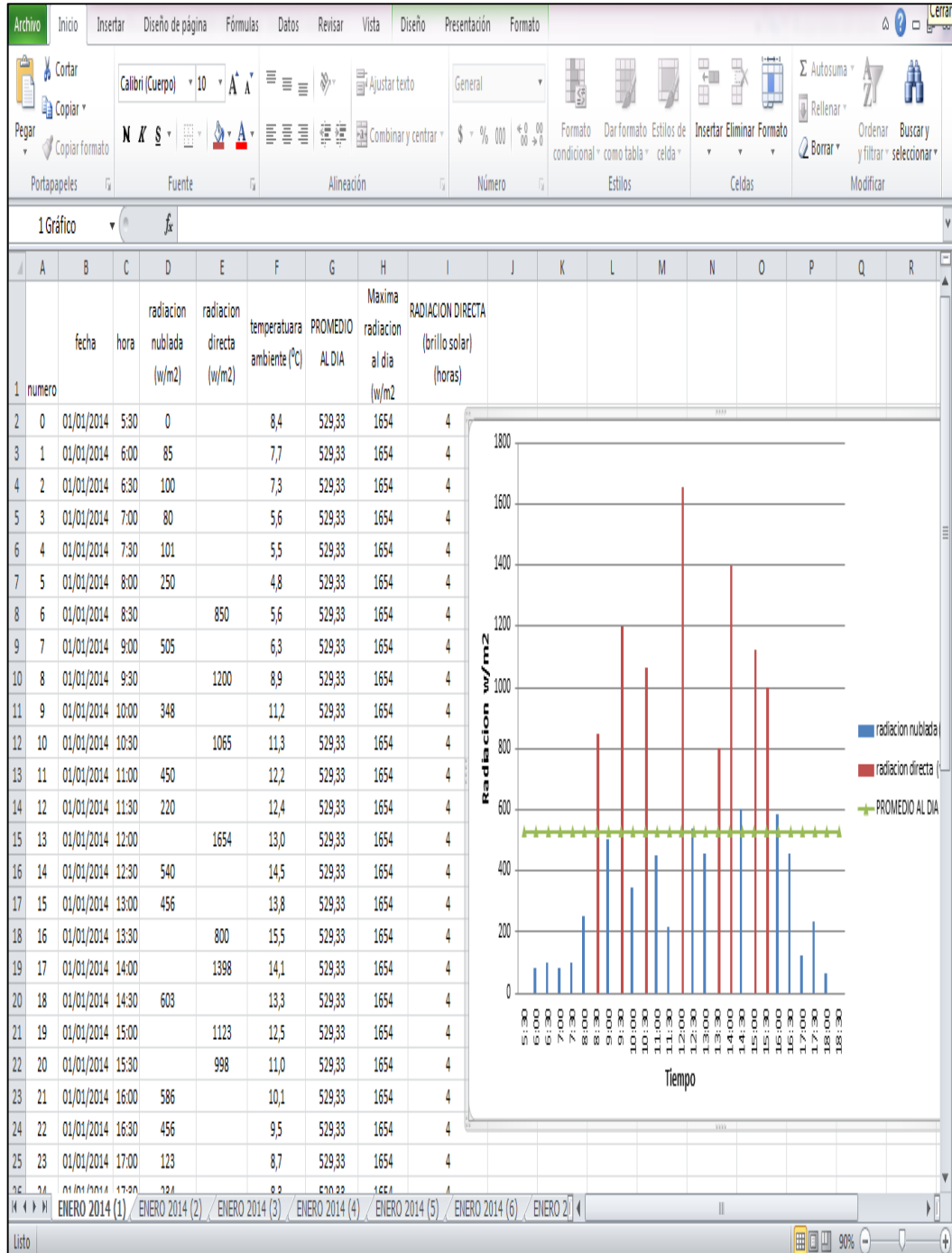
Realizado por: Los Investigadores

### 2.10.2 Estación Meteorológica Piranómetro (Solar Power Meter SP-216)

Con la finalidad de realizar investigación científica-tecnológica, se instaló la Estación Meteorológica piranómetro en la comuna Wintza, para obtener las mediciones exactas y precisas en el lugar, tomadas para guardar en la memoria del computador cada 30 minutos, realizando una serie de mediciones planificadas y vigiladas donde se registró la fecha y hora al momento de tomar cada uno de los datos. Unas ves adquiridas los datos realizamos proyecciones mediante curvas de regresión, es decir pudimos ejecutar tabulaciones de una cierta cantidad de datos de radiación existentes como radiación directa, nublada, difusa, temperatura y las

horas a plena luz solar, como se puede observar a continuación en la figura N° 2.9 que muestra lo mencionado.

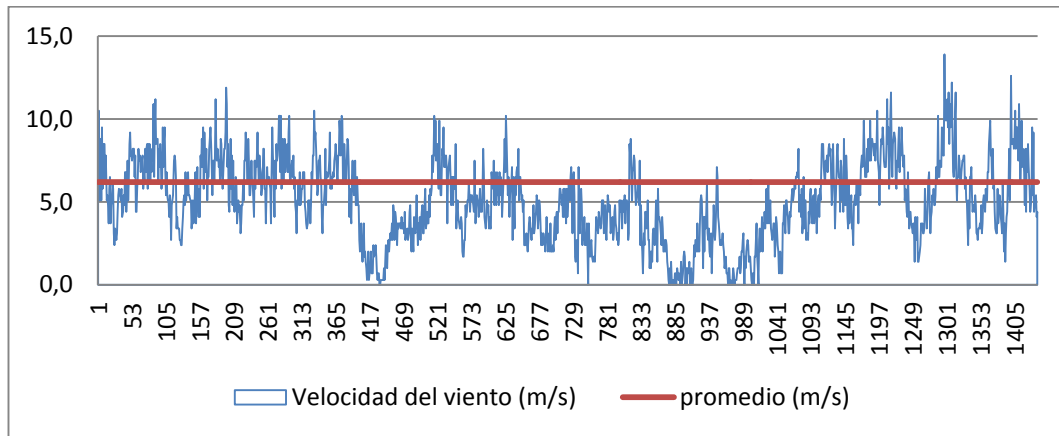
**Gráfico N° 2. 9: REGISTRO DE DATOS EN MICROSOFT EXCEL**



Realizado por: Los Inestigadores

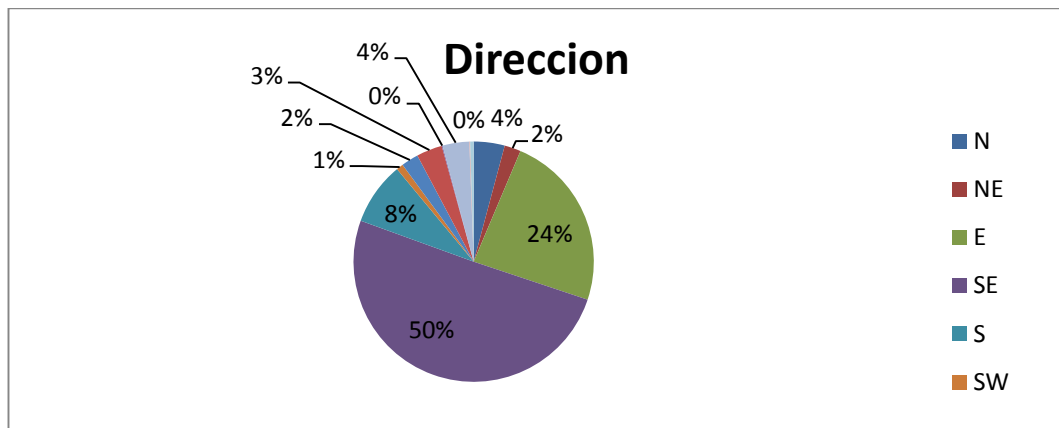
## 2.11 Estudio eólico en la zona

Gráfico N° 2. 10: VELOCIDAD DE VIENTO MES DE ENERO DEL 2015



Realizado por: los investigadores

Gráfico N° 2. 11: DIRECCIÓN DEL VIENTO

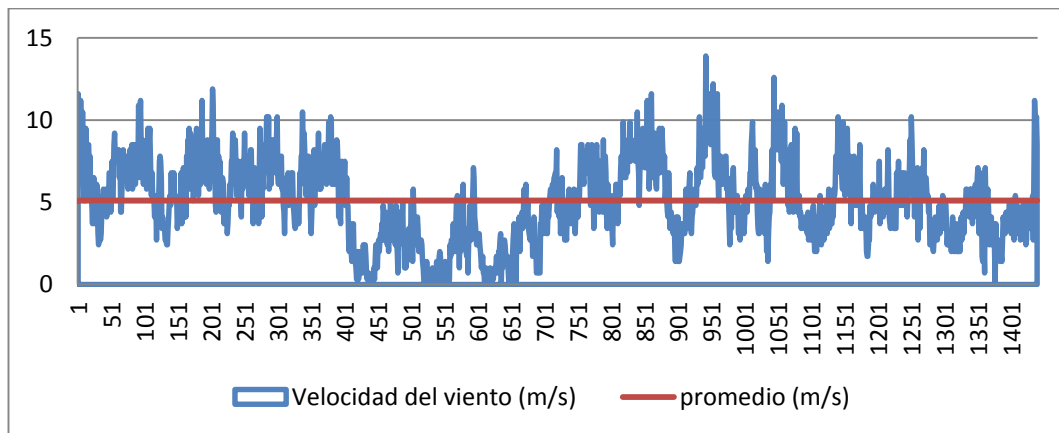


Realizado por: los investigadores.

### Análisis

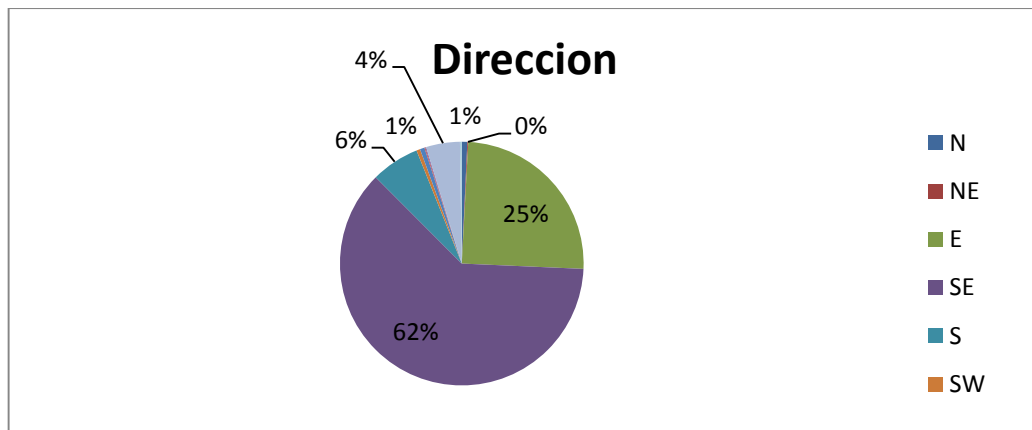
En el gráfico N° 2.10 se muestran los valores promedios tomados en cada uno de los días que representan, los valores mínimos, máximos y promedios que se tiene al día, dando como resultado un máximo de 13,9m/s; un mínimo de 0,0m/s; llegando a un promedio de 6,2 m/s de velocidad de viento correspondiente al mes de ENERO; mientras que en el gráfico N° 2.11 representa la dirección predominante de viento que es de sureste (SE) en un porcentaje de 50%. durante el mes.

Gráfico N° 2. 12: VELOCIDAD DE VIENTO MES DE FEBRERO DEL 2015



**Realizado por:** Los investigadores.

Gráfico N° 2. 13: DIRECCIÓN DEL VIENTO

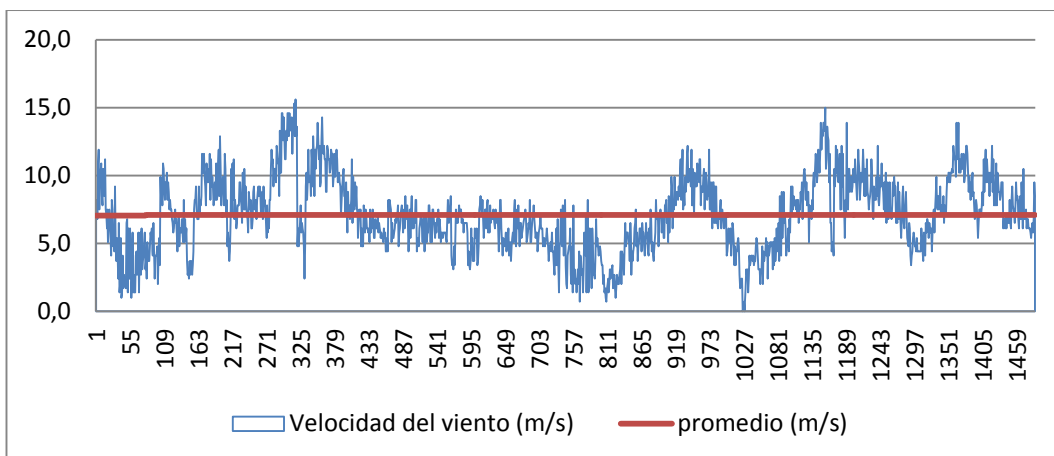


**Realizado por:** los investigadores

### Análisis

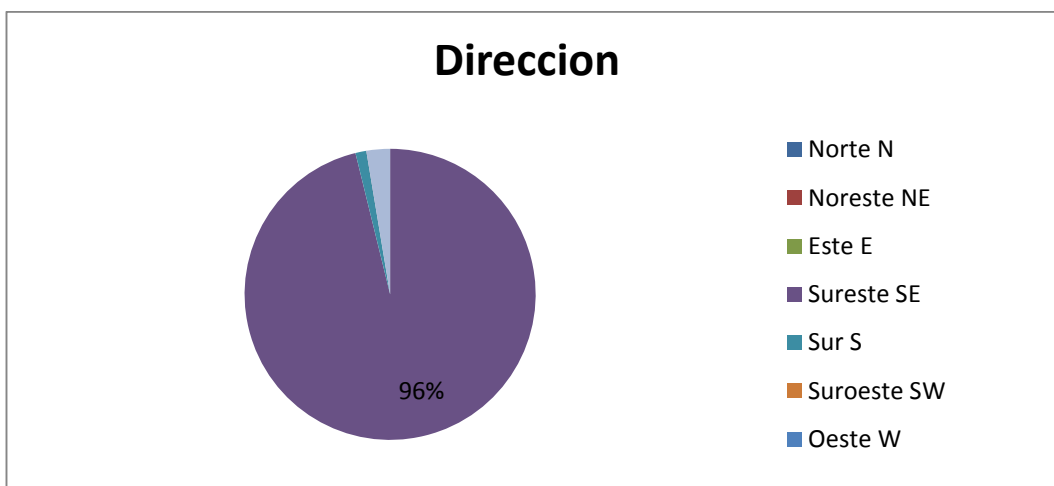
En el siguiente gráfico N° 2.12 muestran los valores promedios tomadas en cada uno de los días que representan, los valores mínimos, máximos y promedios que se tiene al día, dando como resultado un máximo de 13,9m/s; un mínimo de 0,0m/s; llegando a un promedio de 5,1 m/s de velocidad de viento correspondiente al mes de FEBRERO; mientras que el gráfico N° 2.14 representa la dirección predominante de viento que es de sureste (SE) en un porcentaje de 62%. durante el mes.

**Gráfico N° 2. 14:** VELOCIDAD DE VIENTO MES DE MARZO DEL 2015



**Realizado por:** Los investigadores.

**Gráfico N° 2. 15:** DIRECCIÓN DEL VIENTO

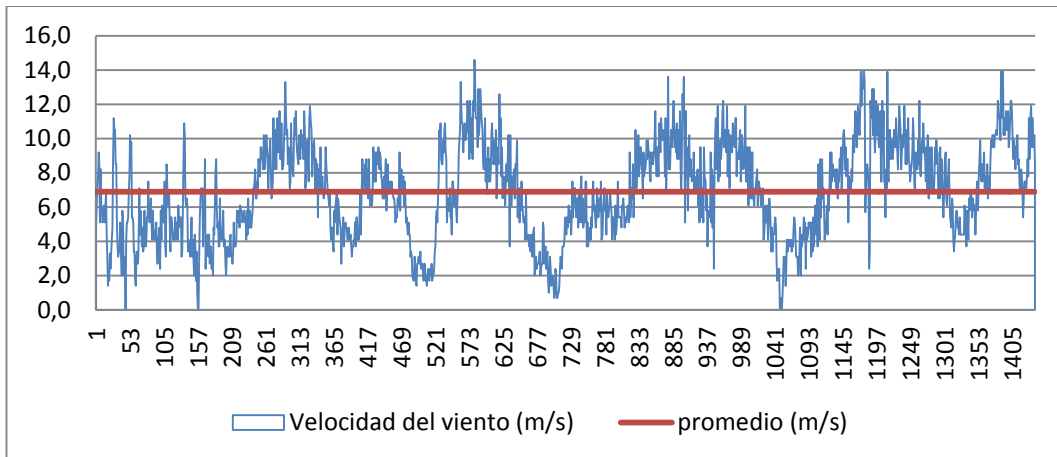


**Realizado por:** Los investigadores.

### Análisis

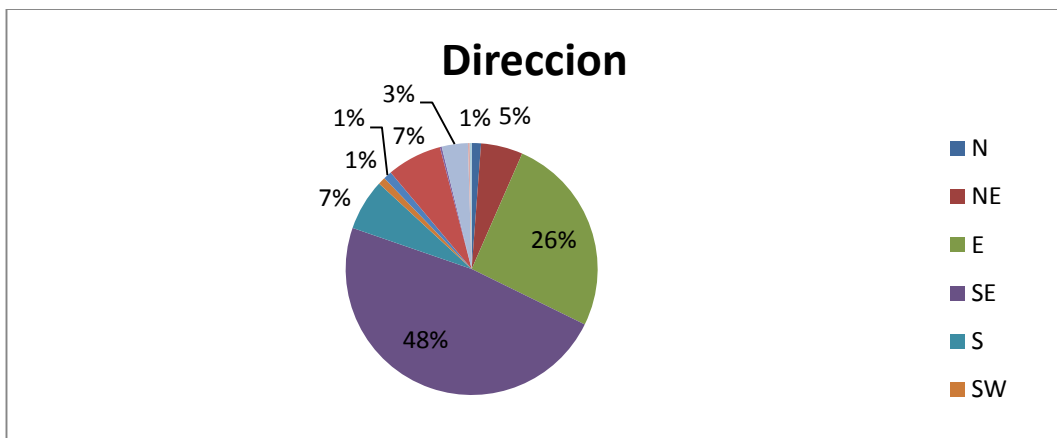
En el gráfico N° 2.15 se muestran los valores promedios tomadas en cada uno de los días que representan, los valores mínimos, máximos y promedios que se tiene al día, dando como resultado un máximo de 15,6m/s; un mínimo de 0,0m/s; llegando a un promedio de 7,1 m/s de velocidad de viento correspondiente al mes de MARZO; mientras que en el gráfico N°2.16 representa la dirección predominante de viento que es de sureste (SE) en un porcentaje de 96%.durante el mes.

**Gráfico N° 2. 16: VELOCIDAD DE VIENTO MES DE ABRIL DEL 2015**



**Realizado por:** Los investigadores.

**Gráfico N° 2. 17: DIRECCIÓN DEL VIENTO**

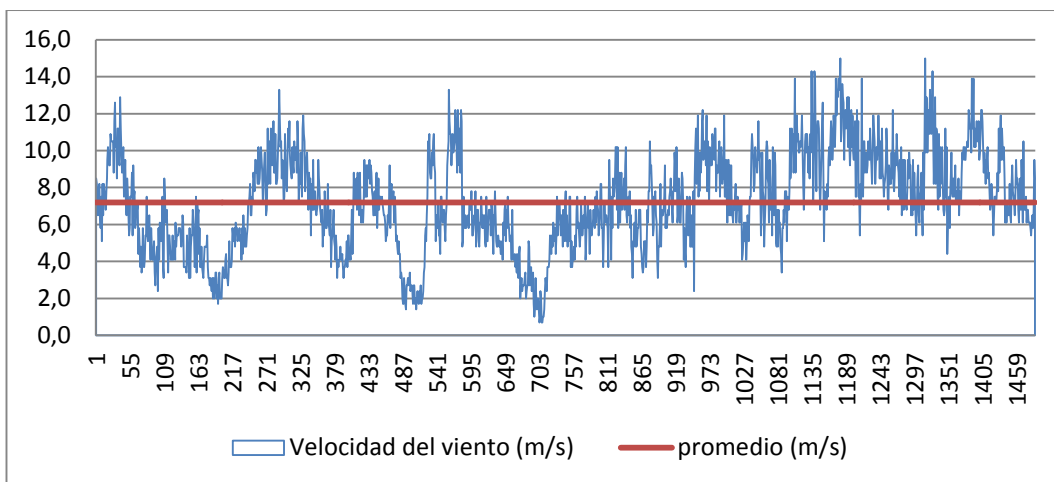


**Realizado por:** Los investigadores.

### Análisis

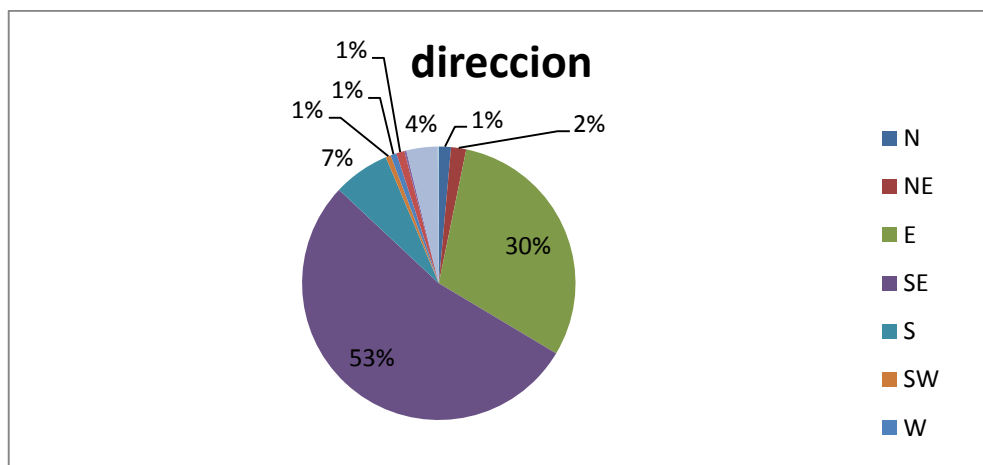
En el gráfico N° 2.17 muestran los valores promedios tomadas en cada uno de los días que representan, los valores mínimos, máximos y promedios que se tiene al día, dando como resultado un máximo de 14,6m/s; un mínimo de 0,0m/s; llegando a un promedio de 6,9 m/s de velocidad de viento correspondiente al mes de ABRIL; mientras que en el gráfico N° 2.18 representa la dirección predominante de viento que es de sureste (SE) en un porcentaje de 48%. durante el mes.

**Gráfico N° 2. 18: VELOCIDAD DE VIENTO MES DE MAYO DEL 2015**



**Realizado por:** Los investigadores.

**Gráfico N° 2. 19: DIRECCIÓN DEL VIENTO**



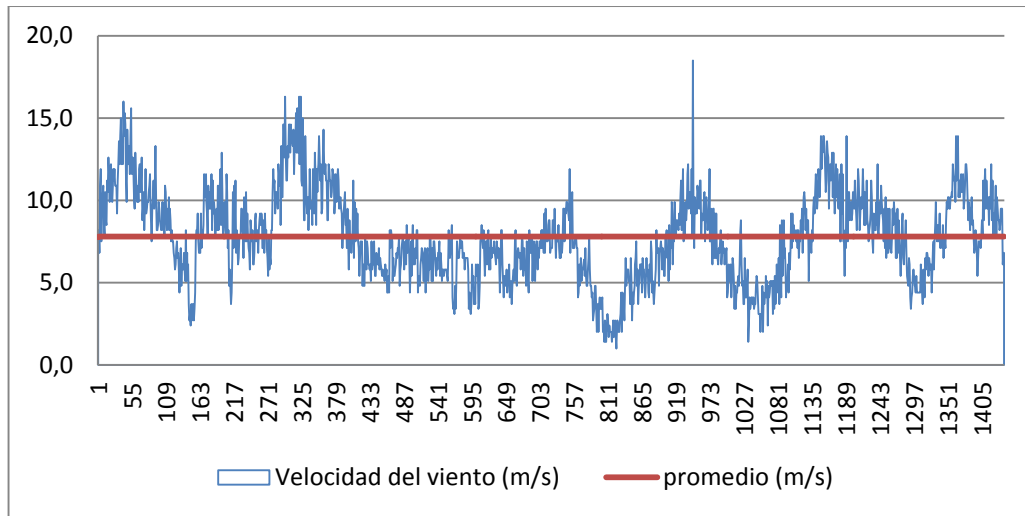
**Realizado por:** Los investigadores.

### Análisis

El gráfico N° 2.19 muestran los valores promedios tomadas en cada uno de los días que representan, los valores mínimos, máximos y promedios que se tiene al día, dando como resultado un máximo de 15,0m/s; un mínimo de 0,0m/s; llegando a un promedio de 7,2m/s de velocidad de viento correspondiente al mes de MAYO; mientras que en el gráfico N° 2.20 representa la dirección predominante de viento que es de sureste (SE) en un porcentaje de 53%.durante el mes.

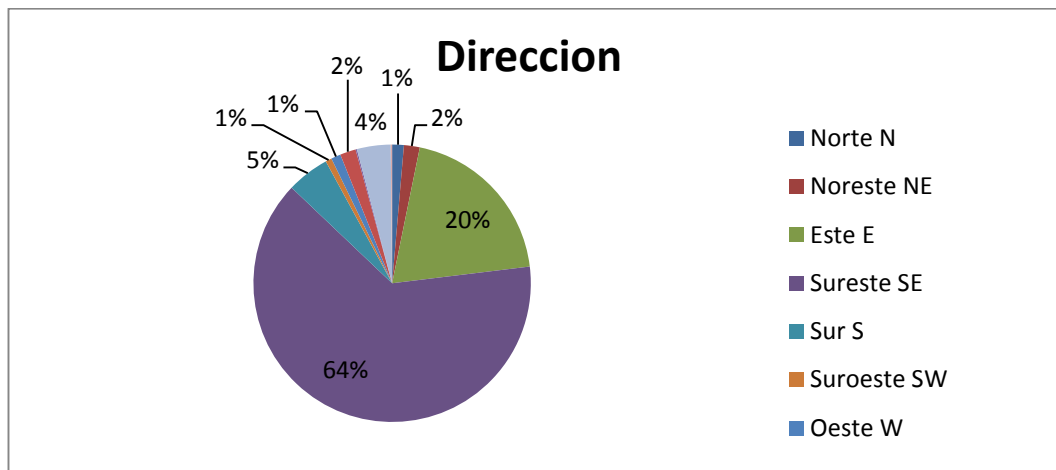


**Gráfico N° 2. 20: VELOCIDAD DE VIENTO MES DE JUNIO DEL 2015**



**Realizado por:** Los investigadores.

**Gráfico N° 2. 21: DIRECCIÓN DEL VIENTO**

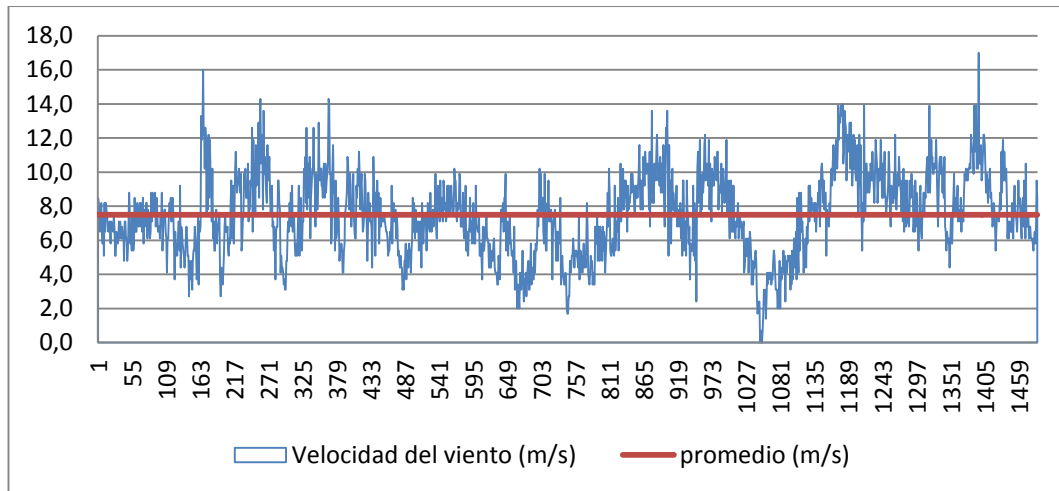


**Realizado por:** Los investigadores.

### Análisis

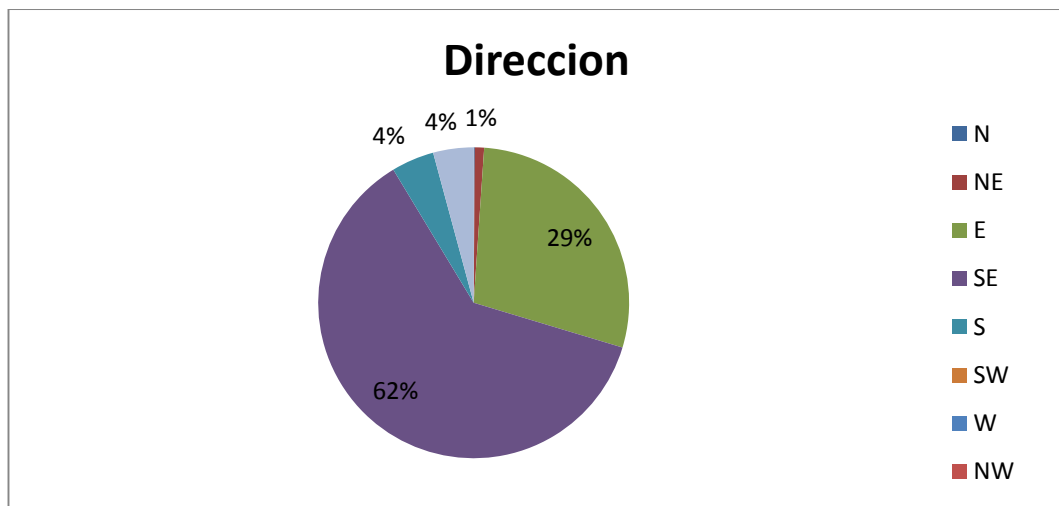
En el gráfico N° 2.21 muestran los valores promedios tomadas en cada uno de los días que representan, los valores mínimos, máximos y promedios que se tiene al día, dando como resultado un máximo de 18,5m/s; un mínimo de 0,0m/s; llegando a un promedio de 7,8m/s de velocidad de viento correspondiente al mes de JUNIO; mientras que en el gráfico N° 2.22 representa la dirección predominante de viento que es de sureste (SE) en un porcentaje de 64%. durante el mes.

**Gráfico N° 2. 22: VELOCIDAD DE VIENTO MES DE JULIO DEL 2015**



**Realizado por:** Los investigadores.

**Gráfico N° 2. 23: DIRECCIÓN DEL VIENTO**

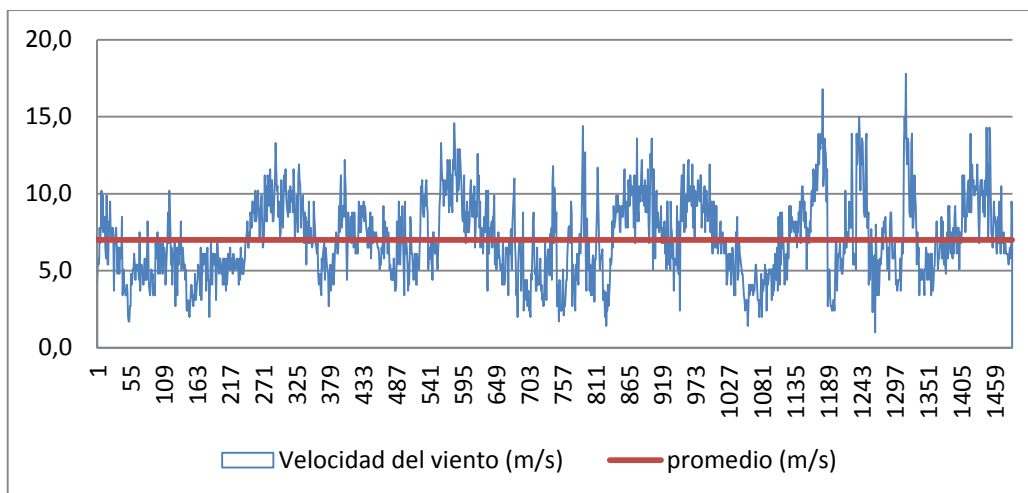


**Realizado por:** Los investigadores.

**Análisis**

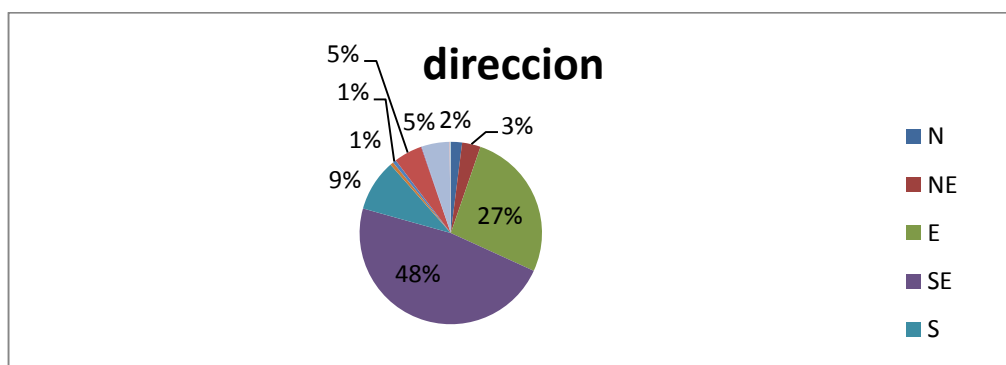
En el gráfico N° 2.23 muestran los valores promedios tomadas en cada uno de los días que representan, los valores mínimos, máximos y promedios que se tiene al día, dando como resultado un máximo de 17,0m/s; un mínimo de 0,0m/s; llegando a un promedio de 7,5 m/s de velocidad de viento correspondiente al mes de JULIO; mientras que en el gráfico N° 2.24 representa la dirección predominante de viento que es de sureste (SE) en un porcentaje de 62%.durante el mes.

**Gráfico N° 2. 24: VELOCIDAD DE VIENTO MES DE AGOSTO DEL 2015**



**Realizado por:** Los investigadores

**Gráfico N° 2. 25: DIRECCIÓN DEL VIENTO**



**Realizado por:** Los investigadores.

### Análisis

En el gráfico N° 2.25 muestran los valores promedios tomadas en cada uno de los días que representan, los valores mínimos, máximos y promedios que se tiene al día, dando como resultado un máximo de 17,8m/s; un mínimo de 0,0m/s; llegando a un promedio de 7,8 m/s de velocidad de viento correspondiente al mes de AGOSTO; mientras que en el gráfico N° 2.26 representa la dirección predominante de viento que es de sureste (SE) en un porcentaje de 48%. durante el mes.

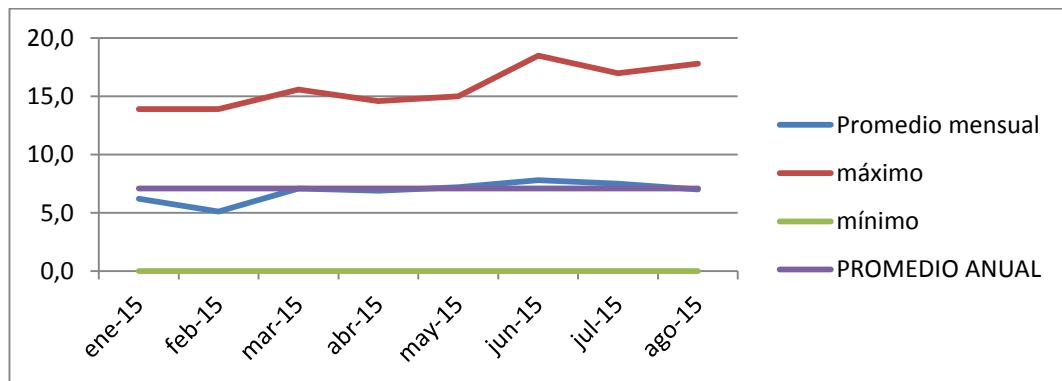
Promedio anual de velocidad de viento.

**Tabla 2. 9: PROMEDIO ANUAL DE VELOCIDAD DE VIENTO**

Mes	Dirección	Promedio mensual	máximo	Mínimo
ene-15	SE	6,2	13,9	0,0
feb-15	SE	5,1	13,9	0,0
mar-15	SE	7,1	15,6	0,0
abr-15	SE	6,9	14,6	0,0
may-15	SE	7,2	15,0	0,0
jun-15	SE	7,8	18,5	0,0
jul-15	SE	7,5	17,0	0,0
ago-15	SE	7,0	17,8	0,0
Promedio		6,9		

Realizado por: Los investigadores.

**Gráfico N° 2. 26: PROMEDIO ANUAL EN LA HACIENDA LA MERCED.**



Realizado por: Los investigadores.

### Análisis

La siguiente tabla N° 2.9 muestran los valores promedios tomadas en cada uno de los meses que representan, los valores mínimos, máximos y promedios que se tiene al mes, dando como resultado un promedio de 6.9 m/s de velocidad de viento; mientras que en el gráfico N° 2.27 representa el máximo valor de velocidad de viento que llega a alcanzar que es de 18,5m/s durante todo el año.

### Estudio solar en la zona

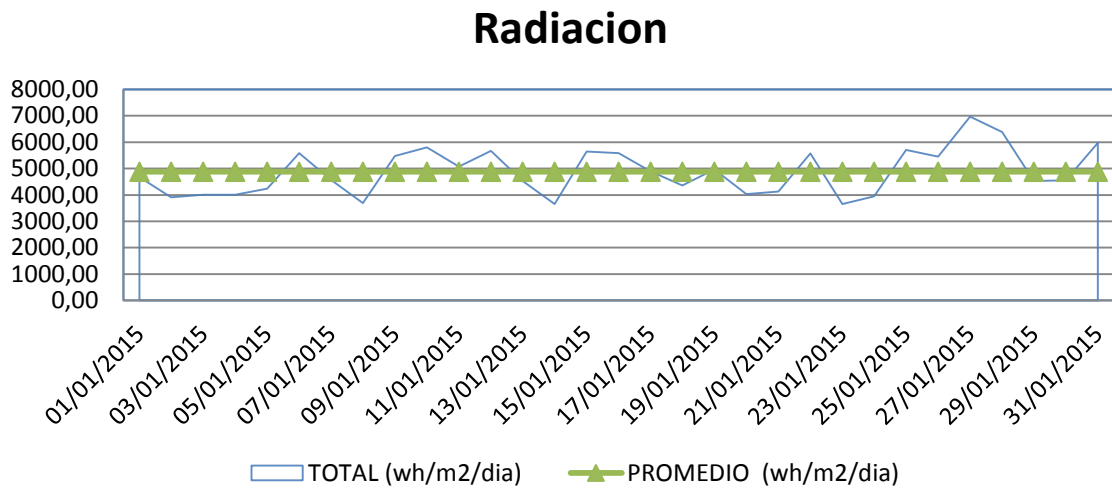
Análisis de los resultados de la medición, los siguientes datos representan la radiación solar registrados en la hacienda la Merced como se muestra en la tabla N° 2.10.

**Tabla 2. 10:** DATOS OBTENIDOS DURANTE EL MES DE ENERO DEL 2015

numero	fecha	RADIACION 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	3910,30	4878,44
3	03/01/2015	6,0	13,1	4002,34	4878,44
4	04/01/2015	3,0	10,4	4004,50	4878,44
5	05/01/2015	4,5	9,7	4235,34	4878,44
6	06/01/2015	2,5	9,1	5584,70	4878,44
7	07/01/2015	4,0	8,5	4564,54	4878,44
8	08/01/2015	4,5	8,3	3693,50	4878,44
9	09/01/2015	5,0	8,6	5481,19	4878,44
10	10/01/2015	5,0	8,5	5801,37	4878,44
11	11/01/2015	5,5	9,3	5076,26	4878,44
12	12/01/2015	7,0	10,0	5666,61	4878,44
13	13/01/2015	3,0	9,3	4526,41	4878,44
14	14/01/2015	4,5	8,7	3651,56	4878,44
15	15/01/2015	5,0	10,3	5644,89	4878,44
16	16/01/2015	6,0	10,2	5583,74	4878,44
17	17/01/2015	5,5	10,4	4892,34	4878,44
18	18/01/2015	4,0	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	4037,70	4878,44
21	21/01/2015	5,0	9,7	4126,40	4878,44
22	22/01/2015	6,0	9,4	5577,48	4878,44
23	23/01/2015	6,6	9,6	3654,40	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	9,0	5457,11	4878,44
27	27/01/2015	4,0	10,6	6963,19	4878,44
28	28/01/2015	5,0	9,6	6385,89	4878,44
29	29/01/2015	3,0	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	

**Realizado por:** Los investigadores.

Gráfico N° 2. 27: PROMEDIO DURANTE EL MES DE ENERO



**Realizado por:** Los investigadores.

#### Análisis e interpretación

La siguiente tabla N° 2.11 muestran los valores tomados en uno de los días que representan, al promedios de radiación directa de 4,52 horas al mes, al promedio de temperatura en 9,66 en grados centígrados ; mientras que En el gráfico N° 55 representan a un promedio total al mes de 4878,44 (Wh/m2/día) de radiación.

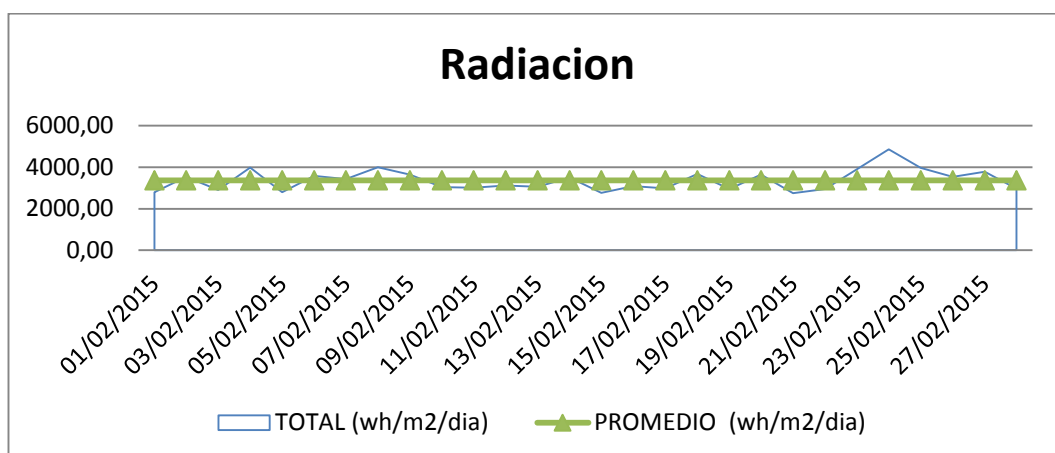
**Tabla 2. 11:** DATOS OBTENIDOS DURANTE EL MES DE FEBRERO DEL 2015.

numero	fecha	RADIACION DIRECTA (brillo solar) (horas)	temperatura ambiente (°C)	TOTAL (wh/m2/día)	PROMEDIO (wh/m2/día)
1	01/02/2015	5,8,5	9,8	2800,85	3367,11
2	02/02/2015	5,8,5	9,8	3543,63	3367,11
3	03/02/2015	6,0	13,1	2906,64	3367,11
4	04/02/2015	3,0	10,4	3987,50	3367,11
5	05/02/2015	5,8,5	9,7	2796,84	3367,11
6	06/02/2015	2,5	9,1	3586,98	3367,11
7	07/02/2015	5,8	7,2	3421,90	3367,11
8	08/02/2015	5,8,5	8,3	4005,75	3367,11
9	09/02/2015	5,0	7,2	3650,93	3367,11
10	10/02/2015	5,0	7,2	3042,80	3367,11
11	11/02/2015	5,8	9,3	3007,89	3367,11
12	12/02/2015	7,0	10,0	3123,83	3367,11
13	13/02/2015	3,0	9,3	3051,17	3367,11
14	14/02/2015	5,8,5	8,7	3504,68	3367,11

15	15/02/2015	5,0	10,3	2765,60	3367,11
16	16/02/2015	6,0	10,2	3096,07	3367,11
17	17/02/2015	5,8	10,4	2975,92	3367,11
18	18/02/2015	5,8	9,6	3678,80	3367,11
19	19/02/2015	5,8,5	9,3	2953,80	3367,11
20	20/02/2015	2,5	7,2	3643,83	3367,11
21	21/02/2015	5,0	9,7	2753,91	3367,11
22	22/02/2015	6,0	7,2	2953,36	3367,11
23	23/02/2015	6,6	9,6	3906,70	3367,11
24	24/02/2015	5,8,5	7,2	4865,89	3367,11
25	25/02/2015	3,5	9,5	3964,94	3367,11
26	26/02/2015	3,5	9,0	3535,36	3367,11
27	27/02/2015	5,8	10,6	3789,67	3367,11
28	28/02/2015	5,0	9,6	2963,80	3367,11
	Promedio	4,93	9,23	3367,11	

**Realizado por:** Los investigadores.

**Gráfico N° 2. 28:** PROMEDIO DURANTE EL MES DE FEBRERO



**Realizado por:** Los investigadores.

### Análisis e interpretación

La siguiente tabla N° 2.11 muestran los valores tomados en uno de los días que representan, al promedios de radiación directa de 4,93 horas al mes, al promedio de temperatura en 9,23 en grados centígrados ; mientras que en el gráfico N° 2.29 representan a un promedio total al mes de 3367,11 (Wh/m2/día) de radiación.

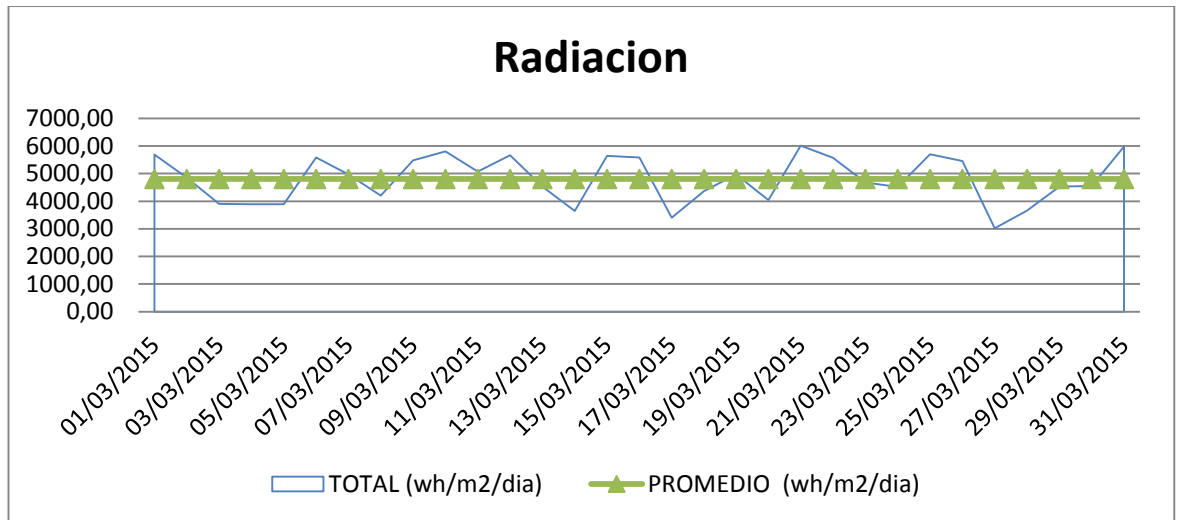
**Tabla 2. 12:** DATOS OBTENIDOS DURANTE EL MES DE MARZO DEL 2015

numero	fecha	RADIACION 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	

**Realizado por:** Los investigadores.



**Gráfico N° 2. 29: PROMEDIO DURANTE EL MES DE MARZO**



**Realizado por:** Los investigadores.

**Análisis e interpretación**

La siguiente tabla N° 2.12 muestran los valores tomadas en uno de los días que representan, al promedios de radiación directa de 4,34 horas al mes, al promedio de temperatura en 8,55 en grados centígrados ; mientras que en el gráfico N° 2.30 representan a un promedio total al mes de 4802,02 (Wh/m2/día) de radiación.

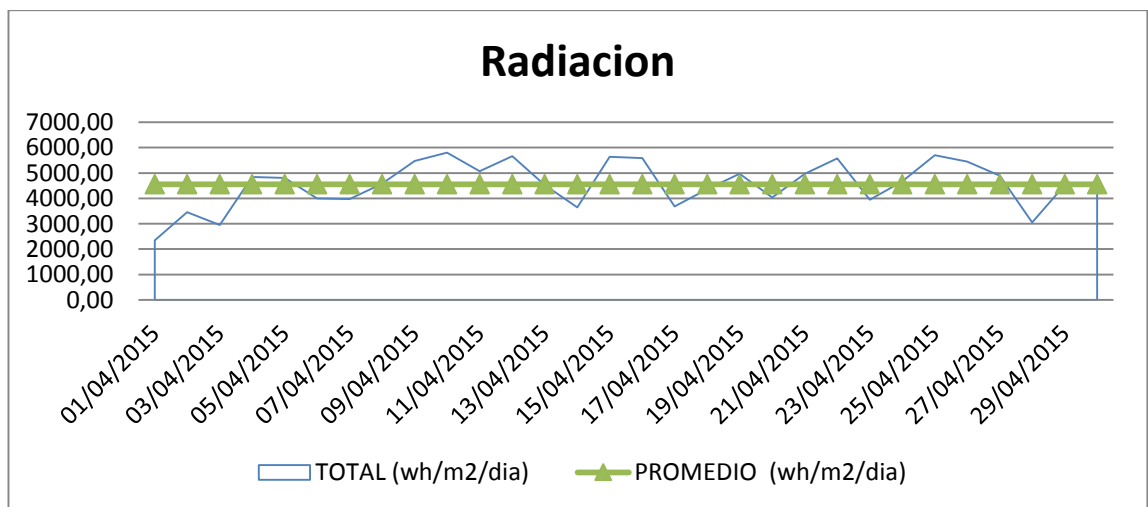
**Tabla 2. 13: DATOS OBTENIDOS DURANTE EL MES DE ABRIL DEL 2015.**

numero	fecha	RADIACION DIRECTA (brillo solar) (horas)	temperatura ambiente (°C)	TOTAL (wh/m2/día)	PROMEDIO (wh/m2/día)
1	01/04/2015	5,2	9,8	2344,00	4561,04
2	02/04/2015	5,2	9,8	3456,93	4561,04
3	03/04/2015	6,0	13,1	2953,50	4561,04
4	04/04/2015	3,0	10,4	4843,70	4561,04
5	05/04/2015	5,2	9,7	4811,80	4561,04
6	06/04/2015	2,5	9,1	4004,50	4561,04
7	07/04/2015	4,0	8,1	3976,60	4561,04
8	08/04/2015	5,2	8,3	4579,90	4561,04
9	09/04/2015	5,0	8,6	5481,19	4561,04
10	10/04/2015	5,0	8,1	5801,37	4561,04
11	11/04/2015	5,5	9,3	5076,26	4561,04
12	12/04/2015	7,0	10,0	5666,61	4561,04
13	13/04/2015	3,0	9,3	4526,41	4561,04
14	14/04/2015	5,2	8,7	3651,56	4561,04

15	15/04/2015	5,0	10,3	5644,89	4561,04
16	16/04/2015	6,0	10,2	5583,74	4561,04
17	17/04/2015	5,5	10,4	3689,40	4561,04
18	18/04/2015	4,0	9,6	4361,74	4561,04
19	19/04/2015	5,2	9,3	4968,41	4561,04
20	20/04/2015	2,5	8,1	4037,70	4561,04
21	21/04/2015	5,0	9,7	4977,50	4561,04
22	22/04/2015	6,0	9,4	5577,48	4561,04
23	23/04/2015	6,6	9,6	3954,90	4561,04
24	24/04/2015	5,2	8,1	4673,30	4561,04
25	25/04/2015	3,5	8,1	5701,22	4561,04
26	26/04/2015	3,5	9,0	5457,11	4561,04
27	27/04/2015	4,0	8,1	4900,30	4561,04
28	28/04/2015	5,0	9,6	3053,80	4561,04
29	29/04/2015	3,0	10,8	4524,96	4561,04
30	30/04/2015	3,5	9,3	4550,48	4561,04
promedio		4,68	9,40	4561,04	

**Realizado por:** Los investigadores.

**Gráfico N° 2. 30:** PROMEDIO DURANTE EL MES DE ABRIL



**Realizado por:** Los investigadores.

### Análisis e interpretación

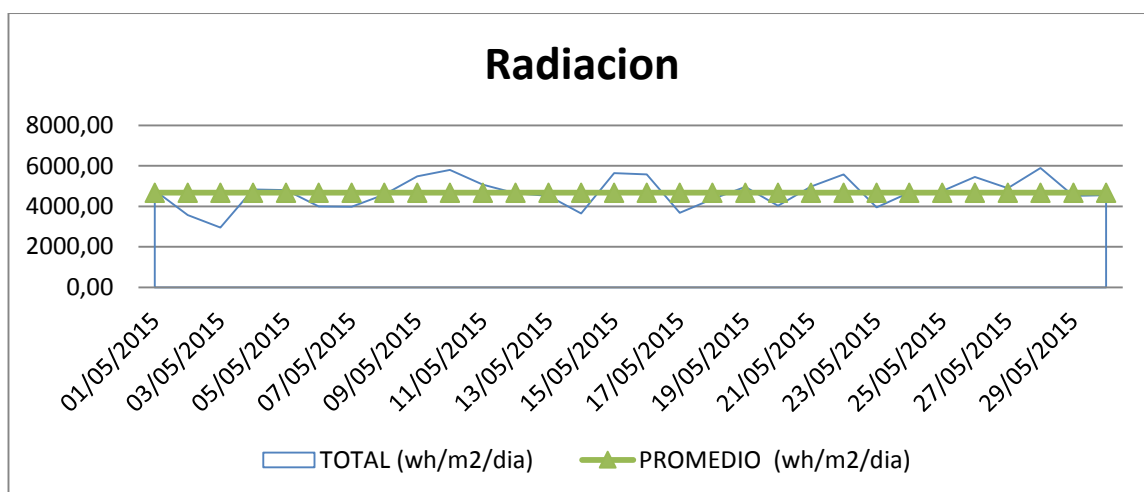
La siguiente tabla N° 2.13 muestran los valores tomados en uno de los días que representan, al promedios de radiación directa de 4,68 horas al mes, al promedio de temperatura en 9,40 en grados centígrados ; mientras que en el gráfico N° 2.31 representan a un promedio total al mes de 4561,04 (Wh/m2/día) de radiación.

**Tabla 2. 14:** DATOS OBTENIDOS DURANTE EL MES DE MAYO DEL 2015.

numero	fecha	RADIACION DIRECTA (brillo solar) (horas)	temperatura ambiente (°C)	TOTAL (wh/m2/día)	PROMEDIO (wh/m2/día)
1	01/05/2015	5,5	8,1	4789,70	4676,12
2	02/05/2015	5,5	8,1	3578,70	4676,12
3	03/05/2015	5,5	10,1	2953,50	4676,12
4	04/05/2015	3,0	8,1	4843,70	4676,12
5	05/05/2015	5,5	9,7	4811,80	4676,12
6	06/05/2015	2,5	9,1	4004,50	4676,12
7	07/05/2015	4,0	8,5	3976,60	4676,12
8	08/05/2015	5,5	8,3	4579,90	4676,12
9	09/05/2015	5,0	8,6	5481,19	4676,12
10	10/05/2015	5,0	8,5	5801,37	4676,12
11	11/05/2015	5,5	9,3	5076,26	4676,12
12	12/05/2015	7,0	8,1	4646,87	4676,12
13	13/05/2015	3,0	9,3	4526,41	4676,12
14	14/05/2015	5,5	8,7	3651,56	4676,12
15	15/05/2015	5,0	8,1	5644,89	4676,12
16	16/05/2015	5,5	8,1	5583,74	4676,12
17	17/05/2015	5,5	8,1	3689,40	4676,12
18	18/05/2015	4,0	9,6	4361,74	4676,12
19	19/05/2015	5,5	9,3	4968,41	4676,12
20	20/05/2015	2,5	8,5	4037,70	4676,12
21	21/05/2015	5,0	9,7	4977,50	4676,12
22	22/05/2015	5,5	9,4	5577,48	4676,12
23	23/05/2015	5,5	9,6	3954,90	4676,12
24	24/05/2015	5,5	8,1	4673,30	4676,12
25	25/05/2015	3,5	9,5	4765,70	4676,12
26	26/05/2015	3,5	9,0	5457,11	4676,12
27	27/05/2015	4,0	8,1	4900,30	4676,12
28	28/05/2015	5,0	9,6	5894,00	4676,12
29	29/05/2015	3,0	8,1	4524,96	4676,12
30	30/05/2015	3,5	9,3	4550,48	4676,12
	promedio	4,67	8,82	4676,12	

**Realizado por:** Los investigadores.

**Gráfico N° 2. 31: PROMEDIO DURANTE EL MES DE MAYO**



**Realizado por:** Los investigadores.

### Análisis e interpretación

La siguiente tabla N° 2.14 muestran los valores tomados en uno de los días que representan, al promedios de radiación directa de 4,67 horas al mes, al promedio de temperatura en 8,82 en grados centígrados ; mientras que en el gráfico N° 2.32 a un promedio total al mes de 4676,12 (Wh/m2/día) de radiación.

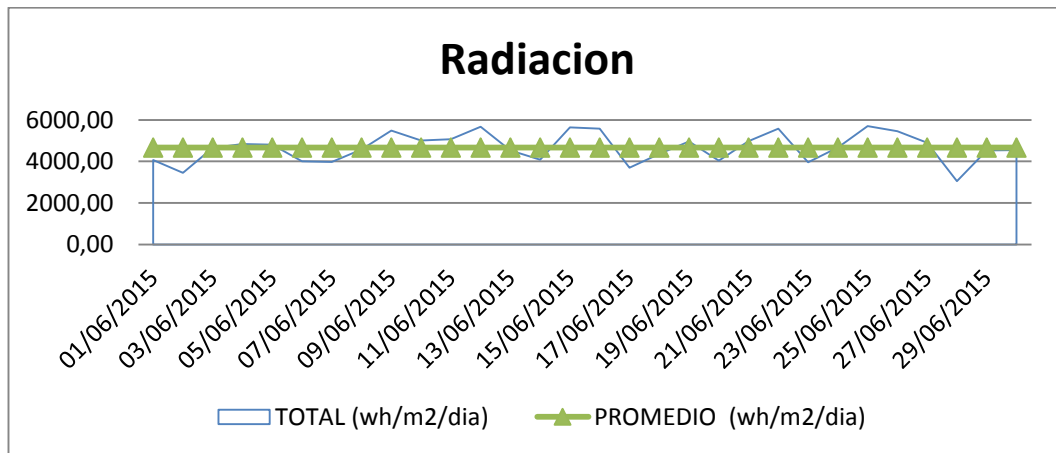
**Tabla 2. 15: DATOS OBTENIDOS DURANTE EL MES DE JUNIO DEL 2015.**

numero	fecha	RADIACION DIRECTA (brillo solar) (horas)	temperatura ambiente (°C)	TOTAL (wh/m2/día)	PROMEDIO (wh/m2/día)
1	01/06/2015	5,0	7,3	4065,60	4663,44
2	02/06/2015	5,0	7,3	3456,93	4663,44
3	03/06/2015	6,0	10,1	4659,60	4663,44
4	04/06/2015	3,0	7,3	4843,70	4663,44
5	05/06/2015	5,0	9,7	4811,80	4663,44
6	06/06/2015	2,5	9,1	4004,50	4663,44
7	07/06/2015	4,0	7,3	3976,60	4663,44
8	08/06/2015	5,0	8,3	4579,90	4663,44
9	09/06/2015	5,0	8,6	5481,19	4663,44
10	10/06/2015	5,0	7,3	5008,70	4663,44
11	11/06/2015	5,5	9,3	5076,26	4663,44
12	12/06/2015	6,0	7,3	5666,61	4663,44
13	13/06/2015	3,0	9,3	4526,41	4663,44
14	14/06/2015	5,0	8,7	4088,60	4663,44
15	15/06/2015	5,0	7,3	5644,89	4663,44

16	16/06/2015	6,0	7,3	5583,74	4663,44
17	17/06/2015	5,5	7,3	3689,40	4663,44
18	18/06/2015	4,0	9,6	4361,74	4663,44
19	19/06/2015	5,0	9,3	4968,41	4663,44
20	20/06/2015	2,5	7,3	4037,70	4663,44
21	21/06/2015	5,0	9,7	4977,50	4663,44
22	22/06/2015	6,0	9,4	5577,48	4663,44
23	23/06/2015	5,0	9,6	3954,90	4663,44
24	24/06/2015	5,0	7,3	4673,30	4663,44
25	25/06/2015	3,5	9,5	5701,22	4663,44
26	26/06/2015	3,5	9,0	5457,11	4663,44
27	27/06/2015	4,0	7,3	4900,30	4663,44
28	28/06/2015	5,0	9,6	3053,80	4663,44
29	29/06/2015	3,0	7,3	4524,96	4663,44
30	30/06/2015	3,5	9,3	4550,48	4663,44
	promedio	4,55	8,43	4663,44	

**Realizado por:** Los investigadores.

**Gráfico N° 2. 32:** PROMEDIO DURANTE EL MES DE JUNIO



**Realizado por:** Los investigadores.

### Análisis e interpretación

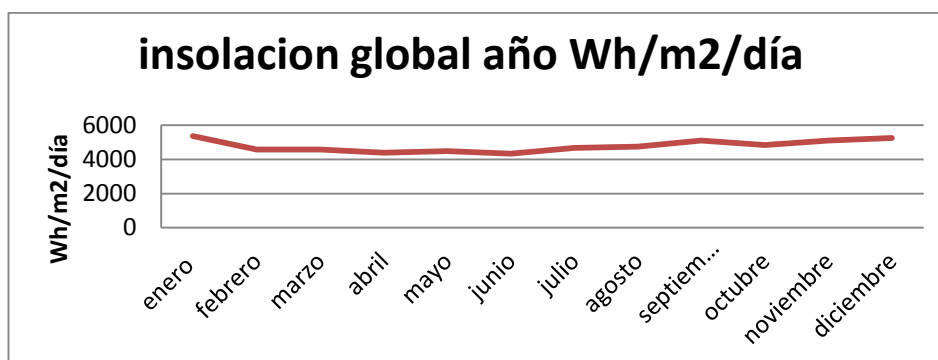
La siguiente tabla N° 2.15 muestran los valores tomados en uno de los días que representan, al promedios de radiación directa de 4,67 horas al mes, al promedio de temperatura en 8,82 en grados centígrados ; mientras que en el gráfico N° 2.33 representan a un promedio total al mes de 4676,12 (Wh/m<sup>2</sup>/día) de radiación.

**Tabla 2. 16:** INSOLACIÓN GLOBAL ANUAL PROMEDIO (CONELEC) PARA LA ZONA DE COTOPAXI

Insolación global (Wh/m <sup>2</sup> /día)	
Enero	5369,15
Febrero	4575,00
Marzo	4575,00
Abril	4400,00
Mayo	4487,50
Junio	4337,50
Julio	4670,00
Agosto	4750,00
Septiembre	5100,00
Octubre	4850,00
Noviembre	5100,00
Diciembre	5255,00

**Fuente:** Concejo Nacional de Electricidad (CONELEC) 2008  
**Realizado por:** Los investigadores.

**Gráfico N° 2. 33:** INSOLACIÓN GLOBAL



**Realizado por:** Los investigadores.

## 2.12 Promedio de radiación solar al año

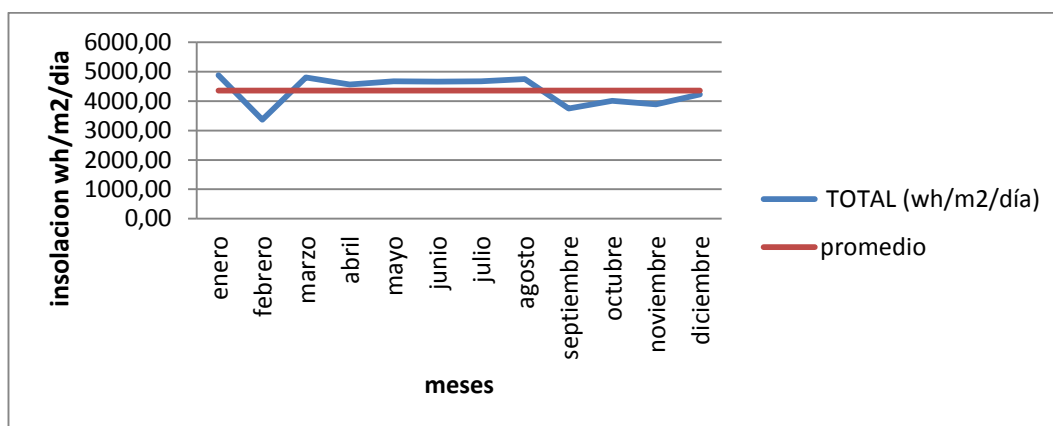
**Tabla 2. 17:** PROMEDIO GLOBAL DE DATOS METEOROLÓGICOS DEL AÑO 2015.

numero	mes	HELIOFANIA (brillo solar) (horas)	temperatura ambiente (°C)	TOTAL (wh/m2/día)	PROMEDIO CADA MES (Kwh/m2/mes)

1	enero	140,1	9,7	4878,44	151,23
2	febrero	144,2	9,2	3367,11	94,28
3	marzo	134,6	8,6	4802,02	148,86
4	abril	140,5	9,4	4561,04	136,83
5	mayo	140,0	8,8	4676,12	144,96
6	junio	136,5	8,4	4663,44	139,90
7	julio	137,0	8,0	4670,00	144,77
8	agosto	147,6	8,2	4750,00	147,25
9	septiembre	86,3	8,2	3743,80	112,31
10	octubre	142,7	7,8	4011,80	124,37
11	noviembre	86,1	8,0	3894,50	116,84
12	diciembre	67,2	8,9	4225,60	130,99
	promedio	125,2	8,6	4353,66	149,78
				TOTAL AL AÑO (Kwh/m2/año)	1797,33

**Realizado por:** Los investigadores.

**Gráfico N° 2. 34:** INSOLACIÓN TOTAL DEL AÑO 2015 HACIENDA LA MERCED



**Realizado por:** Los investigadores.

### Análisis e interpretación

En la tabla N° 2.17 representa un total de valores promedios correspondientes a cada uno de los meses donde tenemos; promedio de temperatura de 8,6 grados centígrados, horas de brillos solar de 125,2, mientras que en el gráfico N° 2.34 se puede observar que la insolación más alta es de 4878,44 (Wh/m2/día) que corresponde al mes de Enero, el más bajo es de 3367,11 (Wh/m2/día) que

corresponde al mes de Febrero, dando como promedio al mes de 4353,66Wh/m<sup>2</sup>/día de radiación solar existente en la hacienda la Merced.

### 2.13 Hipótesis

- ✓ La hipótesis Aceptada ( $H_1$ ): ¿Con la implementación de un sistema híbrido de energía solar-eólico se podrá generar energía eléctrica para los habitantes de la hacienda la Merced?
- ✓ La hipótesis Nula ( $H_0$ ): ¿Con la implementación de un sistema híbrido de energía solar-eólico no se podrá generar energía eléctrica para los habitantes de la hacienda la Merced?

La hipótesis ( $H_1$ ) se verifica con la validación de los objetivos propuestos.

- a) Si se cumple el objetivo general debido a las bondades que presenta la zona en velocidad de viento en 6.9 m/s y radiación solar en 4353.66 Wh/m<sup>2</sup>/día en promedio al año, son aptos para la generación de electricidad por ende podemos mejorar la calidad de vida de los habitantes de la hacienda la Merced.
- b) Si se cumple los objetivos específicos porque podemos analizar, calcular, dimensionar y obtener una excelente puesta en marcha la implementación.

**Regla de decisión:** entonces la hipótesis ( $H_1$ ) si se verifica, por lo tanto se decide realizar la propuesta “Análisis e implementación de una pico central híbrida solar-eólica para generar 500w en la hacienda “la Merced” ubicado en el barrio Santa Ana del Pedregal, parque Nacional Cotopaxi en el periodo 2014”.



## **CAPITULO III**

### **3.1 PROPUESTA**

#### **3.1.1 Desarrollo de la propuesta**

Tema: “ANÁLISIS E IMPLEMENTACIÓN DE UNA PICO CENTRAL HIBRIDA SOLAR-EÓLICA PARA GENERAR 500W EN LA HACIENDA “LA MERCED ” UBICADO EN EL BARRIO SANTA ANA DEL PEDREGAL, PARQUE NACIONAL COTOPAXI EN EL PERIODO 2014”

#### **3.1.2 Datos Informativos.**

Hacienda la Merced ubicado en el barrio santa Ana del pedregal, parque nacional Cotopaxi.

País: Ecuador

Provincia: Pichincha

Cantón: Mejía

Parroquia: El pedregal

#### **3.1.3 Antecedentes de la propuesta**

Existen diversas fuentes de energía, entre ellas están los combustibles fósiles y las fuentes de energía renovable como el sol y el viento. La energía solar fotovoltaica (FV) y eólica se denominan renovables debido a que trata de un recurso limpio, abundante e inagotable. Las aplicaciones más comunes que utilizan la tecnología de renovables en el sector eléctrico son la generación de energía eléctrica limpia para la utilidad de los menos favorecidos. Las renovables tienen mucha utilidad especialmente en el medio rural donde no hay suministro de energía eléctrica convencional

En la actualidad, obtener energía eléctrica en zonas aisladas es un problema complejo de resolver. Entre los problemas que se enfrenta es la dificultad de construir una línea de alimentación eléctrica, 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 de conexión de energía convencional 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 asociación.

Esta situación se presenta porque no se posee un sistema de generación de energía eléctrica que pueda abastecer y poner en funcionamiento un sistema híbrido que podría generar energía limpia y sustentable de manera rápida y eficiente y así poder satisfacer las necesidades de los habitantes de dicha hacienda. Luego de haber realizado la investigación de campo con instrumento adecuado que nos permitió la recolección de información para llegar al conocimiento de los fenómenos que se producen en la hacienda la Merced, podemos darnos cuenta que tenemos un potencial solar y eólico satisfactorios como para generar electricidad y de esta manera poder cubrir la demanda energética que se requiere para una vivienda unifamiliar.

#### **3.1.4 Justificación**

El aprovechamiento de la energía solar y eólica, como fuentes de energías renovables, es importante porque nos permite la generación de energías limpias y sustentables es así que la generación híbrida solar y eólica se verá como una forma rentable y segura de producción del fluido eléctrico. A esto se suma que por su posición geográfica, la hacienda “LA MERCED” puede aprovechar los recursos energéticos en la mayoría de sus capacidades.

Esta investigación nos permite analizar los datos obtenidos en el área de estudio las condiciones climáticas a las que nos atenderemos de la zona para así poder cuantificar los valores reales necesarios obtenidos después de una serie de recopilación de datos técnicos en el lugar de estudio para la implementación de sistemas híbridos que son altamente confiables es necesario obtener datos reales y constantes en la zona de estudio para así poder dimensionar los equipos óptimos a utilizarse en dicho lugar de implementación.

Por tal razón, se propone el “análisis e implementación de una pico central híbrida solar-eólica para generar 500w en la hacienda “la Merced” ubicado en el barrio Santa Ana del Pedregal, Parque Nacional Cotopaxi en el período 2014”

De esta manera y de acuerdo a los objetivos 3 y 4 del plan nacional del buen vivir menciona que:

1.- Mejorar la calidad de vida de la población

2.- Garantizar los derechos de la naturaleza y promover un medio ambiente sano y sustentable

Por tal motivo se pretende desarrollar nuevas maneras de aprovechar las energías renovables en la generación de electricidad a su vez usar el recurso solar-eólico para el crecimiento económico, social, productivo de la comunidad, parroquia y la provincia.

### **3.1.5 Objetivos**

#### **3.1.5.1 Objetivo General**

Análizar e implementar una pico central híbrida solar-eólica para generar 500w en la hacienda “La Merced ” ubicado en el barrio Santa Ana del Pedregal, parque Nacional Cotopaxi en el periodo 2014.

#### **3.1.5.2 Objetivos específicos:**

- ✓ Analizar y procesar los datos obtenidos con el piranómetro, anemómetro, para así poder demostrar los recursos existentes en el lugar y determinar el correcto requerimiento energético para la respectiva adquisición de los componentes del sistema.
- ✓ Diseñar el sistema híbrido de captación solar-eólico poniendo en práctica los cálculos aprendidos para así poder poner en marcha dicho proyecto.
- ✓ Implementar el sistema híbrido con los equipos adecuados de acuerdo a los requerimientos calculados, procurando tener un óptimo y correcto funcionamiento.

### **3.2 Análisis de factibilidad**

Factibilidad técnica

La propuesta proyectada sobre el análisis de un sistema híbrido eólico – solar para generar energía eléctrica es factible desde un punto de vista técnico ya que los paneles fotovoltaicos, aerogenerador, elementos que conforman el sistema híbrido son equipos tecnológicos que existen en el mercado y su instalación es muy sencilla.

#### Factibilidad operativa

Desde el punto de vista operativo es factible la propuesta debido a que el área geográfica en la cual se encuentra la hacienda la Merced proporciona el recurso eólico - solar aceptables ya que estos son determinantes de un proyecto factible, respaldados con la teoría consultada, ya que el nivel promedio de la velocidad del viento es 6,54 m s/ y de la radiación solar es 4,92 KWh/m<sup>2</sup>/día, los mismo que mediante el análisis se estableció como valores aceptables, lo cual permitirá implementar un sistema híbrido para la generación de electricidad y así poder cumplir la demanda energética requerida para la vivienda unifamiliar aprovechando así los recursos naturales que nos brinda el lugar de estudio

#### Factibilidad económica

La propuesta planteada tiene una inversión de 5880,7 del costo económico de proyecto en implementación y análisis.

Los benebios serán los siguientes:

- Se tiene un promedio de consumo de potencia instalada de 1320.0 Wh/día, ó 39.60 Kwh/mes, con esto calculamos el valor de ahorro de energía.

$$\frac{39.60Kwh}{mes} = \frac{10,33\text{¢}}{1Kwh} = 409.06\text{¢/mes}$$

Luego multiplicando por el numero de meses que tiene el año estaria ahorrando \$49.08 al año

- Además tiene una producción pecuaria al año 2.000 dolares anuales en beneficio de la hacienda la Merced.
- El ahorro en el costo del transporte de gasolina para la planta eléctrica es de 720 \$ anual que comúnmente se paga para llevar la gasolina hacia la hacienda..

- El ahorro de costo por lo de la planta electrica es aproximadamente en 60\$ anuales que por lo general se paga por manteniminto del sistema.
- Incremento de ganancias en produccion de animales en un 25% aproximadamente lo que nos dara un valor de 700\$ anuales estimado.

Teniendo como veneficio total de \$ 2300,83 al año

De acuerdo al costo veneficio se tiene que el periodo de recuperacion esta estimado en un plazo de 1 año.

### 3.3 Dimensionamiento del sistema de captación de energía solar.

#### 3.3.1 Cálculo de la Energía Requerida del Sistema o Demanda Energética.

De acuerdo al planteamiento del problema, se tiene equipos de cargas de AC como es las luminarias, televisor y un radio donde se agrega un porcentaje de energía adicional tomando en cuenta el rendimiento del inversor (% consumo del Inversor), como se puede ver en la tabla N° 3.1 el valor total de la potencia eléctrica que se consume cada uno de los equipos es de 1320,00 vatios/hora al día.

**Tabla 3. 1:** DEMANDA ENERGÉTICA DIARIA EN LA HACIENDA LA MERCED.

DEMANDA DE ENERGÍA DIARIA EN LA VILLA TOTTORAS						
Equipos AC	(Voltios) (V)	Potencia (W)	Cantidad (N)	Potencia Total	Utilización (h)	Energía (Wh/día)
Televisión	110	120	1	120	3	360
Radio	110	60	1	60	4	240
Focos	110	50	6	300	2	600
Subtotal				480		1200
Consumo del inversor		10% del subtotal		48,00		120,00
<b>TOTAL</b>				<b>528,00</b>		<b>1320,00</b>

**Elaborado por:** Los investigadores.

### 3.3.2 Estimación de pérdidas.

Para ello se debe considera los datos señalados en el Capítulo I en la Estimación de pérdidas. Del sistema fotovoltaico, que se muestran en la tabla N° 3.2 para realizar el cálculo.

**Tabla 3. 2:** COEFICIENTE DE PÉRDIDAS DEL SISTEMA

Coeficiente de pérdidas (rendimiento del acumulador)	$k_b$	0,05
Coeficiente de pérdidas en el inversor	$K_c$	0,005
Coeficiente de pérdidas (Transmisión, efecto Joule, etc.)	$K_v$	0,05
Coeficiente de autodescarga diaria de las baterías	$K_a$	0,05
Días de autonomía de la instalación	$D_a$	2
Profundidad de descarga diaria de la batería	$P_d$	80%

Elaborado por: Los investigadores.

### 3.3.3 Rendimiento global de la instalación fotovoltaica.

Mediante la ecuación 1.17 se obtuvo el valor de rendimiento global

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

$$R_G = (1 - 0,05 - 0,005 - 0,05) * \left(1 - \frac{0,05 * 2}{0,9}\right)$$

$$R_G = 80,00 \%$$

### 3.3.4 Dimensionamiento de los paneles.

**Tabla 3. 3:** DATOS PARA DIMENSIONAMIENTO DE PANELES

Radiación del Lugar	$G_D$	4353,66 kwh/m <sup>2</sup> /dia
Demanda de energía total del sistema	$E_T$	528,00
Rendimiento global	$R_G$	80,00%

Elaborado por: Los investigadores

Aplicando la ecuación 1.19 tenemos:

$$P_G = \frac{E_T}{R_G * G_d} [w]$$

$$P_G = \frac{1320,0}{0,80 * 4,353} [w]$$

$$P_G = 379,04[w]$$

Empleando la ecuación 1.20, el número de paneles será:

$$N_P = \frac{P_G}{P_N}$$

Donde  $P_N$  es la potencia del panel que vamos a usar en nuestro caso será de 100w.

$$N_P = \frac{379,04[W]}{100[W]} = 3,79$$

Como el resultado de número de paneles fue un número decimal, se considera la aproximación como se estipulo en el Capítulo I en el dimensionamiento de paneles solares, entonces el número de paneles será:

$$N_p = 4$$

Se deberá utilizar 4 paneles de 100 W cada uno.

### 3.3.5 Dimensionamiento del Sistema de Acumulación

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

Se calculo El rendimiento de la batería con la ecuacion 1.26

$$n_B = 100\% - K_b$$

$$n_B = 100\% - 05\%$$

$$n_B = 95\%$$

Energía diaria de acumulación requerida  $Q_M$  se aplicó la ecuación 1.27

$$Q_M = \frac{E_T}{n_B} \left[ \frac{Wh}{dia} \right]$$

$$Q_M = \frac{1320,00}{95\%} \left[ \frac{Wh}{dia} \right]$$

$$Q_M = 1389,47 \left[ \frac{Wh}{dia} \right]$$

Capacidad diaria de acumulación  $C_{DA}$  se obtuvo mediante la ecuación 1.28

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

$$C_{DA} = \frac{1389,47}{12} \left[ \frac{Ah}{dia} \right]$$

$$C_{DA} = 115,78 \left[ \frac{Ah}{dia} \right]$$

El valor de la profundidad de descarga PdD, se indica en el Capítulo I en Estimacion de perdidas, lo cual nos establece el dato adecuado para aplicarlo.

$$PDH = 80\%$$

La capacidad total de la batería  $C_{TB}$ , se consiguió usando la ecuación 1.29, durante la investigación se analizó las variaciones de clima en el lugar del proyecto y determino un días de autonomía:

$$C_{TB} = \frac{C_{DA} * D_A}{PdD} [Ah]$$

$$C_{TB} = \frac{115,78 * 1}{0.80} [Ah]$$

$$C_{TB} = 144,73 [Ah]$$

Aplicando la ecuación 1.30, se obtiene el número de baterías: donde se asume Capacidad de la batería que se va a utilizar es de 95 Ah.

$$N_B = \frac{C_{TB}}{CB_{USAR}}$$

$$N_B = \frac{144,73 Ah}{95 Ah}$$

$$N_B = 1,53$$

Se deberá usar 2 baterías, de 95Ah cada una. Para un dia (24 horas) de autonomía.

### 3.3.6 Dimensionamiento del Inversor.

Se utilizará la ecuación 1.31 y la potencia total en AC ya calculada en la tabla 3.1.

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

$$P_{inversor} = 1,25 * 528,0 [W]$$

$$P_{inversor} = 660,00 [W]$$

Entonces se utilizara deberá usar un inversor de 1000W como mínimo



### 3.3.7 Dimensionamiento del Regulador (controlador).

Para dimensionar el regulador (controlador) se utilizará la ecuación 1.24.

$$I_R = I_{SC} * N[A]$$

$$I_R = 5,75 * 4[A]$$

$$I_R = 23,00[A]$$

Entonces se utilizará un regulador de 30 A.

### 3.3.8 Dimensionamiento de los Conductores.

Para el dimensionamiento de los conductores se requiere las distancias entre cada uno de los componentes, para lo cual se considerará las distancias mostradas en la Tabla: 1.9 capacidad de corriente de conductores AWG. En el capítulo I.

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

$$I_R = 23,00[A]$$

Entonces se debe utilizar un calibre AWG número 8 proyectando a una caída de tensión

La conexión batería – inversor, se considerará la corriente requerida por  $I_{inversor}$ , mediante la ecuación 1.33.

$$I_{inversor} = \frac{P_{carga AC}}{V_{Bateria}}$$

$$I_{inversor} = \frac{528,0}{12}$$

$$I_{inversor} = 43,33A$$

Entonces se debe utilizar un calibre AWG número 4 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 1.34.

$$I_{carga AC} = \frac{P_{carga AC}}{V_{AC}}$$

$$I_{carga AC} = \frac{520}{110}$$

$$I_{carga AC} = 4,72 A$$

- Para el cálculo de la caída de tensión y calibre de conductor Panel – Panel, se considera un cable 8 AWG (8,36 mm<sup>2</sup>).
- Para el cálculo de caída de tensión y calibre de conductor Panel – Regulador, se considera un cable 8 AWG (8,36 mm<sup>2</sup>).
- Para el cálculo de caída de tensión y calibre de conductor regulador – batería, se debe considerar un cable 8 AWG (8,36 mm<sup>2</sup>).
- Para el cálculo de caída de tensión y calibre de conductor batería – inversor, se considera un cable 4 AWG (21 mm<sup>2</sup>).
- Para el cálculo de caída de tensión y calibre de conductor inversor – breaker carga AC, se considera un cable 12 AWG (3,3mm<sup>2</sup>).

Para calcular la caída de tensión de voltaje en los conductores se utilizarán la ecuación 1.32, como se vio en Capítulo I dimensionamiento de conductores, el porcentaje de caída de voltaje se calculará como se muestra a continuación.

$$\Delta V\% = \frac{\Delta V}{V_N} * 100$$

Además se debe considerar que las caídas de tensión no sobrepasen los límites establecidos en la tabla N° 3.4 para lo cual las caídas de voltaje que se tiene entre los equipos instalados serán las siguientes:

**Tabla 3. 4: CAÍDAS DE TENSIÓN EN CONDUCTORES**

	Distancia m	Número Conductores	AWG	R Ω/m	Corriente A	Voltaje V	ΔV %
Panel - Panel	20	2	8	0,00203	26,04	12	0,33
Panel - Controlador	2	2	8	0,00203	26,04	12	0,88
Controlador - Batería	20	2	8	0,00203	26,04	12	0,33
Batería - Inversor	0,8	2	4	0,0008	43,33	12	0,23
Inversor - Carga AC	12	2	12	0,00513	4,72	110	2,42

**Elaborado por:** Los investigadores.

### 3.3.9 Dimensionamiento del sistema de captación de energía eólica.

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

La velocidad total del viento para los respectivos cálculos se obtuvo mediante el promedio de la velocidad del viento que se consiguió con el procesamiento de datos mediante la estación meteorológica profesional de pantalla táctil, teniendo en cuenta la altura inicial que se colocó la estación meteorológica fue de 8 metros para la respectiva medición, la altura final que se pretende poner el aerogenerador es de 11m de acuerdo a la rugosidad del terreno.

Mediante la ecuación 1.8 se obtuvo el valor de la rugosidad. Con la ayuda de la tabla 1.3: 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:

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

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

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

$$n = 1,2880$$

Aplicando la ecuación 1.6 se calcula el promedio de la velocidad total del viento, considerando los valores que se muestran en la tabla N° 3.5 para el siguiente cálculo:

**Tabla 3. 5:** DATOS PARA EL CÁLCULO DEL PROMEDIO

Velocidad inicial	$v_0$	6,90 m/s
Altura inicial	$h_0$	8 m
Altura final de la torre	$h$	11 m
Rugosidad	$n$	1,2880

**Elaborado por:** Los investigadores.

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

$$v = 6,90 \frac{m}{s} \left( \frac{11}{8} \right)^{1,2880}$$

$$v = 10,30 \frac{m}{s}$$

Entonces se establece que a una altura de 11 metros de altura desde el suelo tendremos una velocidad promedio del viento en 6,90m/s.

### 3.3.10 Dimensionamiento del aerogenerador

Para lo cual se debe seguir los siguientes pasos:

Se calcula el área de barrido del rotor A, con la ecuación 1.9:

$$A = \pi * \frac{D^2}{4}$$

$$A = \pi * \frac{(1,30m)^2}{4}$$

$$A = 1,32m^2$$

Luego se debe calcular la potencia en función del área de barrido con la ecuación 1.10.

$$\frac{P}{A} = \frac{1}{2} \rho V^3$$

$$\frac{P}{A} = \frac{1}{2} * 0,8254 \frac{Kg}{m^3} * (10,30m)^3$$

$$\frac{P}{A} = 450,96 \frac{W}{m^2}$$

Se debe calcular la intensidad de turbulencia con la ecuación 1.11.

$$I_v = \frac{\sigma}{V}$$

$$I_v = \frac{1,85 \frac{m}{s}}{10,30 \frac{m}{s}}$$

$$I_v = 0,1796$$

La potencia disponible del viento se calcula mediante la ecuación 1.4, anteriormente estudiada en el capítulo I:

Reemplazando tenemos (a 10,30 m/s)

$$P = \frac{1}{2} * 0,8254 \frac{Kg}{m^3} * 1,32m^2 \left(10,30 \frac{m}{s}\right)^3$$

$$P = 570,23 W$$

La potencia eléctrica se calcula a través de la ecuación 1.12, como se muestra a continuación:

$$P_e = n * P$$

De acuerdo a la curva característica de los fabricantes de aerogeneradores la eficiencia será:  $n = 80\%$

$$P_e = 0,80 * 570,23 \text{ W}$$

$$P_e = 461,79 \text{ W}$$

Finalmente se calcula la producción anual con la aplicación de la ecuación 1.9, como se puede apreciar a continuación

$$A = \frac{P}{A} * A * (Eficiencia) * \left(8650 \frac{h}{a}\right) * \left(\frac{1KW}{1000W}\right)$$

$$A = 450,96 \frac{W}{m^2} * 1,32m^2 * 0,50 * \left(8650 \frac{h}{a}\right) * \left(\frac{1KW}{1000W}\right)$$

$$A = 2086,93 \frac{1KWh}{a}$$

$$A = 173,91 \frac{1KWh}{m}$$

$$A = 5,79 \frac{1KWh}{d}$$

La producción anual de energía que se le divide para los 12 meses del año para conocer cuánto produce la turbina en un mes y este resultado se le divide para los 30 días que generalmente tiene un mes y sabremos que el aerogenerador aportará con 5,79 KWh/día.

### 3.4 Análisis de los cálculos del sistema.

A continuación se detalla un breve cálculo sobre el análisis realizado.

Se calculó la potencia eólica con el nivel eólico que posee el lugar en este caso

El aerogenerador de 500W, se tomó el dato de la velocidad total del viento 10,30 m/s, lo cual el aerogenerador generará aproximadamente 469,71 Wh/día.

Se determinó el panel a utilizar que en este caso es de 100W, con el nivel promedio de radiación solar del lugar de estudio 4,353kWh/m<sup>2</sup>/día. Energía diaria del panel fotovoltaico de acuerdo al rendimiento global generará aproximadamente en 379,04Wh/día. Luego se multiplicó la energía diaria del

panel 379,04 Wh/día. Por dos paneles que se va a poner en el sistema, lo cual como resultado da que los dos paneles de 100W, van a generar 758,08Wh/día.

Analizando se sabe que sumando la potencia que generan los paneles y el aerogenerador nos da 1227,79 Wh/día se compensara la demanda energética requerida que requiere en la hacienda la Merced.

NOTA: Los cálculos presentados anteriormente fueron realizados con los niveles de promedios de radiación solar y velocidad del viento, con la finalidad de saber si el sistema propuesto funcionara bajo los parámetros del rendimiento requerido de los equipos en días de escases, teniendo en cuenta que los paneles funcionaran todo el día y que el aerogenerador estará en funcionamiento tanto en el día como la noche. Teniendo presente que los datos en ciertos meses van hacer altos, lo que hará que el sistema tenga un correcto funcionamiento cumpliendo así con las expectativas trazas.

### **3.5 Diseño del diagrama unifilar del sistema hibrido**

Una vez conocido los parámetros del rendimiento requerido, especificaciones técnicas y las características de cada uno de los equipos se realizó el diseño del sistema hibrido mediante un diagrama unifilar como se muestra en el plano del anexo, donde figuran la conexión eléctrica de los generadores solar-eólico conectados entre sí mediante conductores diferenciados (positivo-negativo), breakers switchs, controladores de carga y fusibles de protección señalan como está conectado el sistema.

El diseño detallado para la implementación de cada uno de los componentes ya estudiados del sistema hibrido en base a los requerimientos técnicos y la ubicación de los mismos, se realizó los respectivos planos tomando en cuenta la disponibilidad del espacio que se tiene en el lugar como se puede apreciar en los planos de los anexos (K).

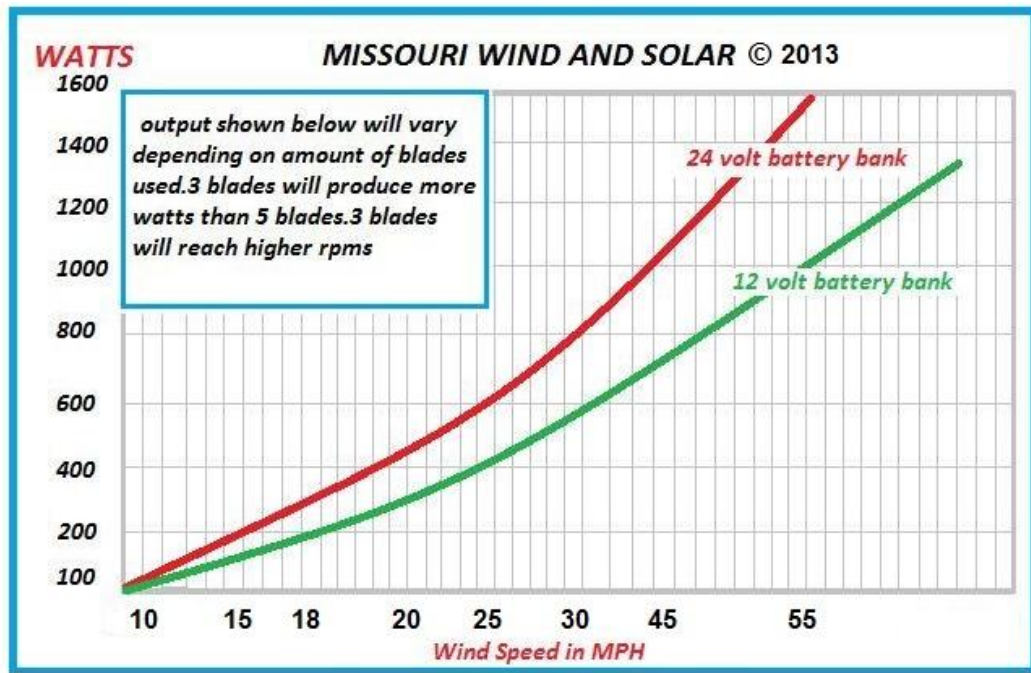
### **3.6 Listado de Equipos y sus características técnicas del sistema hibrido.**

#### **3.6.1 Turbina Missouri confederado 500 vatios 5 alaveses de viento.**

Adopta materiales de alta calidad de aleación de aluminio y accesorios de acero inoxidable, que es un peso ligero. Tiene una alta fiabilidad lo que puede ser

aplicable a diferentes condiciones de trabajo, Están clasificados para resistir vientos de 125 kilómetros por hora como se muestra en el gráfico 3.1 y están diseñados para funcionar con (alternadores de imanes permanentes) a alta velocidad en vientos bajos para crear la máxima potencia.

Gráfico N° 3. 1: CURVA CARACTERÍSTICA DEL AEROGENERADOR



Elaborado por: Los investigadores.

Los alabés están fabricados de materiales compuestos de fibra de carbono revolucionarios (utilizados por la industria aeronáutica) están hechas del mismo material usado en el F-22 jet de combate Raptor.

#### Especificaciones técnicas:

- ✓ Cada hoja es de 33 "de largo
- ✓ Base de la hoja es 5.35 "(136 mm) de ancho
- ✓ Agujeros de los tornillos de montaje son de 5/16 "(8 mm)
- ✓ Cuchillas pesan aproximadamente 2 libras cada uno
- ✓ 70 "montado fuera del área de barrido
- ✓ Reforzado y resistente al impacto
- ✓ Pesado para la densidad
- ✓ Perfectamente equilibrada

- ✓ Resistente a la luz ultravioleta (UV protegida). NUNCA me agrieta ni se degradar
- ✓ Giro a la derecha
- ✓ Coloración negro rico para la estética
- ✓ Garantía de por vida

### **Especificaciones Hub:**

- ✓ 8 3/8 "de diámetro
- ✓ Acero grueso 1/4
- ✓ Centro 17 mm
- ✓ Agujeros de los tornillos de 5/16 "(8 mm)
- ✓ Galvanizado
- ✓ 3,5 libras

### Aleta de la cola:

- ✓ Acero calibre 16
- ✓ 13 "de alto x 9" de ancho
- ✓ Brazo cola Individual
- ✓ Pesa 2.9 libras
- ✓ Buques de 30 "x 10" x caja 8 "

### Rotor

Diseño del rotor 100% de zinc núcleo sólido plateado con orificios de flujo de aire para un funcionamiento más frío del viento baja de puesta en marcha, Operación más suave con aumento de potencia del volante, Pernos Viviendas tratados con anti-adherente para evitar la corrosión de metales disímiles, Las cuchillas no están sobrecargadas a bajas RPM, se vuelve más rápido para más amperios por encima de 500 vatios.

### Buje de sujeción:

#### Características:

- ✓ Fabricado en acero de alta calidad con una alta resistencia a la tracción
- ✓ Gran Allen establece tornillos para el par real.
- ✓ Zincado - no se oxida
- ✓ Garantía de por vida



1 1/2 pulgadas Especificaciones cuello:

- ✓ Diámetro interior: 1 15/16 pulgadas
- ✓ Diámetro exterior: 3 pulgadas
- ✓ Se adapta a 1 tubo de 1/2 de pulgada
- ✓ 3 tornillos de fijación

### 3.6.2 Modulo Solar RENOBY RNG-100D

RENOBY es capaz de proporcionar un suministro continuo de electricidad mientras se acampara en seco o en cualquier otra situación en la que la electricidad convencional no está disponible. Un panel solar de alta calidad que cuenta con las células solares de silicio de alta eficiencia que son fabricados en los Estados Unidos. Estas células solares producen electricidad de corriente continua cuando es iluminado por la luz del sol.

Gráfico N° 3. 2: PANEL SOLAR RENOBY RNG-100D



ELABORADO POR: Los investigadores.

El positivo (+) y negativos (-) salidas de un panel solar se alimentan a través de una caja de conexiones a prueba de agua. El cable adecuado longitud está conectado a la caja de conexiones para otras conexiones. Los paneles solares suministran con estos kits se proporcionan con aproximadamente 2 pies. Cada uno de los cables positivos y negativos que están pre-conectados a la caja de conexiones. Los extremos libres de los cables se terminan con un tipo de apareamiento especial de conectores MC4 para facilitar la ampliación de estos

cables para otras conexiones. MC4 son conectores macho y hembra. Este tipo de sistema de conector es fácil de instalar y utiliza un tipo de clips de seguridad de bloqueo para evitar ser desconexión. Además, los contactos de acoplamiento están sellados contra la entrada de polvo y agua.

### 3.6.3 Especificaciones técnicas del módulo solar.

**Tabla 3. 6:** ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL MÓDULO SOLAR

Número de Modelo	RNG-Mono 100D	
De potencia máxima (Pmax)	(W):	100
Producción Tolerancia	(%)	± 3
Tensión de máxima potencia (Vmp)	(V):	18
Corriente de máxima potencia (Imp)	(A):	5,56
Voltaje de circuito abierto (Voc)	(V):	21,24
Corriente de cortocircuito (Isc)	(A):	6,11
Tensión máxima del sistema	(VDC) :	600
Tipo de célula solar	Mon o	
Cantidad de células solares	36 de (125 x 125mm)	
Clase frontal	3,2 mm de vidrio templado	
Datos técnicos del AII en las condiciones de ensayo estándar		
STC: irradiación 1000W / m2, temperatura del módulo 25 ° C, AM = 1,5		
Estructura de aleación de aluminio anodizado		
Garantía de rendimiento: 90% de salida de 25 años.		

**Elaborado por:** Los investigadores.

### 3.6.4 Controlador de carga.

El controlador de carga de 440 amperios con relé de desvío se puede utilizar con nuestras cargas de desvío. Algunas cargas de desviación incluyen, estilo hilo

bobinado resistencia, CC elementos de calentamiento de agua, nuestros aparatos de calefacción, o simple enchufe en inversores de alimentación de red.

Cuenta con una pantalla LED para hacerle saber el voltaje de la batería como se muestra en el gráfico 65.

**Gráfico N° 3. 3: CONTROLADOR DE CARGA**



**Elaborado por:** Los investigadores.

**Características:**

Microprocesador Dual controlado para la estabilidad y la precisión, Múltiples usuarios, ajustes cambiantes y puntos de disparo para diversos requisitos del sistema y las aplicaciones. Puede cambiar el nivel de punto de volcado de tensión, al final del nivel de voltaje de descarga, y la duración del tiempo en el modo de desvío cuando se alcanza el punto de tensión volcado final (entre 0 y 999 segundos, o 0 a 999 minutos), Aislado Protección Electrónica Casi imposible conectar accidentalmente eólica o solar directamente a la placa de circuito A bordo de relé aísla la electrónica de picos de voltaje de vuelta de gran relé de 440 amp. Esto es importante para obtener la mayor duración de los componentes electrónicos. Calificación alta amplificador: 440 amperios, 10.000 vatios. LED de estado de la batería le permite saber voltaje real de la batería, LED en tarjeta verde

le permite saber el controlador está en modo de volcado, Plug & Play cables largos para la terminación fácil de la batería o la batería del banco de 12 voltios. Puede desviar la fuente de carga de las baterías a la carga o volcar tanto las baterías junto con la fuente de carga. Conecte tanto eólica y solar a la vez. Protección contra polaridad inversa, como se indica en el gráfico N° 3.3.

### 3.6.5 Especificaciones del Inversor whistler (1600W/3200W).

Gráfico N° 3. 4: INVERSOR WHISTLER PRO (1600W)



**Realizado por:** Los investigadores.

El inversor este Whistler tiene la capacidad de proporcionar una salida de potencia (exceso de corriente) igual a aproximadamente dos veces su capacidad nominal potencia para un período muy breve, que está diseñado para operar equipos y aparatos con puesta en marcha potencia nominal de carga no superiores a su propio máximo, como se indica en el gráfico N° 3.4.

#### Características:

- ✓ Tres Salidas de 110v CA
- ✓ Operación Remota Jack El inversor está diseñado para ser operado desde una ubicación remota a través de un interruptor WHISTLER Control Remoto (P / N Pro-RS01) que se conecta a esta toma. Este accesorio opcional está disponible a través de su distribuidor o WHISTLER WHISTLER.
- ✓ USB Puerto de alimentación Este puerto está siempre en independiente del inversor de encendido / apagado.
- ✓ Encendido / apagado Enciende la unidad de encendido / apagado.
- ✓ Medidor de potencia digital

- ✓ Encendido / apagado Luz indicadora El LED se ilumina en verde cuando el inversor se alimenta en condiciones normales. Esta luz se volverá rojo y el inversor se apagará automáticamente (excepto alarma de baja tensión) cuando se presenta alguno de los siguientes problemas:
- ✓ Protección contra cortocircuitos. El inversor se apagará hasta que se elimina el corto.
- ✓ Alarma de baja tensión. Una alarma sonará cuando el voltaje de la batería se descarga a 10,5 +/- 0.5volts DC. Esto es una indicación de que la batería necesita ser recargada.
- ✓ Protección de sobre voltaje. El inversor convertirlo auto apagado cuando el en puesto excede 15,5 +/- 0,5 voltios de corriente continua.
- ✓ protección de bajo voltaje. El inversor convertirlo auto apagado cuando la entrada es inferior a 10,0 +/- 0.5volts DC.
- ✓ Protección de sobre carga. El inversor convertirlo auto apagado cuando el empate continua o el sorteo incremento del equipo conducido excede la potencia máxima para el inversor.
- ✓ Protección térmica. El inversor se apagará automáticamente cuando la temperatura interna supera los parámetros que está en diseño de seguridad Ventiladores
- ✓ Terminales de entrada de alimentación (Observe la polaridad correcta)  
Nota: En caso de apagado automático o alarma audible continua, gire el inversor OFF (ON) hasta que la fuente del problema relacionado ha sido determinado y resuelto.

**Tabla 3. 7:** ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL INVERSOR PRO-1600W

ESPECIFICACIONES	
Máxima potencia continua	1600 Watts
Capacidad (potencia máxima)	3200 Watts
Sin carga Consumo de corriente	<1.0A
La forma de onda	sinusoidal modificada
Rango operativo de voltaje	11-15 + 0,5 voltios de CC

AC receptable	Tres salidas de conexión
USB	0,5 Volt 500mA Max
Dimensiones aproximadas	8.9 "L x 7.4" W x 3.54 "H
Peso aproximado	5.4 libras

**Realizado por:** Los investigadores

### 3.6.6 Especificaciones de la batería (30H102L)

**Tabla 3. 8:** ESPECIFICACIONES TÉCNICAS BATERÍA (30H102L).

BATERÍA	30H HEAVY DUTY
MODELO	30H102L
Polos	I/B
Número de Placas	17
Capacidad C20 (Ah)	105
Descarga Rápida 0°C	850
Descarga Rápida 26°C	1020
Capacidad de Reserva	190
Caja Tipo	30H
Largo (mm)	338
Ancho (mm)	162
Alto (mm)	214

**Realizado por:** Los investigadores

### 3.7 Instalación del sistema híbrido.

Para la implementación del sistema se diseñó los planos donde van a ser ubicados todos los elementos de acuerdo al espacio establecido para lo cual se tuvo que tomar las siguientes prioridades:

### 3.8 Bases para el anclaje de la torre.

Se fundió una bases de concreto de 1m x 1m con una profundidad de 95cm, de tipo losa en el área óptima para la implementación de los equipos, para la

sujeción de la torre se fundió conjuntamente con el hormigón una base de acero de 5mm de espesor soldados a ella 3 pernos de 1 1/2 pulgadas dando una forma triangular de 30\*30 cm entre sí. En dicha base también se soldó varilla corrugada de 12mm cruzada entre sí para tener un mayor anclaje de la base de acero como se muestra en el grafico N° 3.5.

**Gráfico N° 3. 5:** BASE PARA LA TORRE.



**Elaborado por:** Los investigadores.

### **3.8.1 Anclajes de sujeción de la torre.**

Para los anclajes de sujeción de la torre se procedió a fundir 3 bases de concreto de 1m x 1m con una profundidad de 95cm, de tipo losa a 6m de la base de la torre en cada una de ellas se fundió una varilla de 12mm con varillas entrecruzadas en el hormigón como anclaje de los tensores de la torre como se muestra en el gráfico N° 3.6.

**Gráfico N° 3. 6:** BASES PARA ANCLAJES DE TENSORES DE LA TORRE.



**Elaborado por:** Los investigadores.

### 3.9 Adecuación del cableado eléctrico en la vivienda.

Se procedió al adecuamiento del cableado de la vivienda ya que no tenía en su totalidad el funcionamiento de luminarias y toma corrientes en toda la vivienda, realizaron pruebas de funcionamiento de toda la vivienda como se muestra en el anexo J.

### 3.10 Construcción de la torre.

Para la construcción de la torre de 11 metros se realizó la compra de los siguientes materiales especificados en la tabla N° 3.9.

Tabla 3. 9: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS BATERÍA (30H102L).

CANTIDAD	DESCRIPCION
9	Tubos de $\frac{1}{2}$ de 3m de longitud
4	Varillas de 12mm x 10m (lisa)
1	Plancha de acero de 5mm de espesor de 1m <sup>2</sup>
1	Tubo de $\frac{3}{4}$ de 3m de longitud
1	Tubo de 2 $\frac{1}{4}$ x 3mm de espesor.

Elaborado por: Los investigadores.

#### 3.10.1 Construcción.

Se procedió a perforar los agujeros en la plancha de acero de forma triangular de 30 x 30cm entre sí para que asiera pueda entrar y ajustarse en la plancha de acero de la base de anclaje como se muestra en el grafico 3.7.

Gráfico N° 3. 7: PERFORACIONES EN LA PLANCHA DE ACERO





**Elaborado por:** Los investigadores.

A continuación se procedió a soldar las varillas en los tubos dándole una forma triangular de 30cm entre si tomando en cuenta el centro de sus ejes, las varillas soldadas están separadas unos 35 cm entre puntos de suelda, una vez hecha la primera parte, se procede a soldar 3 tubos de 20cm de  $\frac{3}{4}$  pulg en la parte superior de los tubos para así poder unir con la parte que sigue de la torre. Una vez terminada la primera parte se la suelda en la plancha de acero véase la grafico N° 3.8.

**Gráfico N° 3. 8:** SOLDADA DE LA PRIMERA PARTE EN LA PLANCHA DE ACERO



**Elaborado por:** Los investigadores.

La segunda parte se soldó de igual manera explicado en el párrafo anterior, y para la tercera parte de la torre se tuvo q hacer doblar los tubos en caliente dándole una forma que abrace al tubo de 2  $\frac{1}{4}$  véase en el gráfico N° 3.9, para tener mayor fijación ya que en dicho tubo va instalado el aerogenerador y soporta un poco más de peso.

**Gráfico N° 3. 9:** TUBO DOBLADO EN CALIENTE



**Elaborado por:** Los investigadores.

Para la unión de las dos partes superiores se soldó el tubo de  $\frac{3}{4}$  al final de cada segmento de la torre, una vez unidas las tres partes de la torre se procedió a hacer los agujeros en las uniones de los dos segmentos superiores de la torre como se muestra en el grafico N° 3.10 para así tener una mejor estabilidad de dicha torre y evitar la vibración cuando este en pleno funcionamiento.

**Gráfico N° 3. 10:** UNIONES PARA LA TORRE



**Elaborado por:** Los investigadores.

En la tercera parte también se realizó la soldadura para la base del panel solar con ángulo de  $\frac{3}{4}$  y con unas distancias de 1 m y 20cm de longitud y el ancho de 72 cm como se muestra en el grafico N° 3.11.

**Gráfico N° 3. 11:** UNIONES PARA LA TORRE



**Elaborado por:** Los investigadores.

### **3.10.2 Implementación de los equipos en la torre.**

#### **Instalación del panel fotovoltaico**

Para la instalación del panel solar se realizó el siguiente procedimiento:

1. Se construyó unas bases metálicas para sujetar el panel solar como se puede apreciar en el anexo (G), teniendo en cuenta una inclinación de 30 grados para captar los rayos solares y evacuación

del agua en caso de lluvia.

2. Ajustes y limpieza en la parte superior de la estructura, en la cual se instalara el panel.
3. Dimensionamiento del cableado para las conexiones eléctrica entre los paneles y el controlador de carga. Para lo cual se usó conectores MC4.
4. Se realizó una conexión en paralelo y se hizo una comprobación de continuidad del panel, las celdas se exponen a la radiación solar, y se midió el voltaje nominal, esto quiere decir que el modulo fotovoltaico funciona correctamente.
5. Aseguramiento y colocación adecuada del módulo fotovoltaico, de acuerdo a la dirección del sol.
6. Finalmente el modulo fotovoltaico terminado listo para su funcionamiento.

### **3.11 Instalación del sistema eólico.**

Para la implementación del aerogenerador se realizó el siguiente proceso:

1. Se diseñó los planos del sistema eólico de acuerdo al espacio, características y la necesidad del aerogenerador.
2. Se realizó la instalación de la base de la torre haciendo la excavación del suelo de 95cm de profundidad, con un ancho de 1metro x 1metro para poder acomodar la torre como se muestra en el anexo F (1/1)
3. Reconocimiento y verificación de cada uno de los elementos necesarios para armar la torre y montar el aerogenerador.
4. Cableado por el interior de los tubos de la torre y puesta de cauchos para evitar la fricción en las uniones de los tubos.
5. Conexiones de los conductores de la salidas del aerogenerador a los conductores que van a las baterías y el conductor que va a tierra.
6. Montaje de las aspas en el plato de acuerdo con los números marcados, apriete de las tuercas para su aseguramiento.
7. Levantamiento de la torre, para lo cual fue necesario la ayuda de

todos los socios de la hacienda la Merced como se muestra en el gráfico N° 3.12.

**Gráfico N° 3. 12:** LEVANTAMIENTO DE LA TORRE CON TODOS LOS EQUIPOS INSTALADOS



**Elaborado por:** Los investigadores

8. Después del levantamiento de la torre se procedió:

A la conexión hacia la tierra mediante el cable verde y el conector abrazadera con la varilla coperwell de 1,80 metros, A la conexión de los cables en la caja de breaker principal, aseguramiento de pernos en las borneras de unión y verificación de voltaje en el sistema. Como se muestra en el anexo E

### **3.12 Instalación del Banco de Baterías.**

Unas ves instaladas el sistema de generación solar-eólico se procede a la conexión de las baterías con el siguiente procedimiento:

- 1) Ubicación y adecuación de las baterías con conectores de cobre que van en los bornes de la batería.
- 2) Empalmes y aislamiento en los cables para la respectiva conexión paralelo de las baterías.
- 3) Instalación de los cables con sus respectivos empalmes y conectores de cobre en los polos de las baterías
- 4) Finalmente banco de baterías listo para su correcto funcionamiento, con conexión a las entradas de las baterías y su salida al inversor, como se puede apreciar en el plano del anexo (H).

### **3.13 Instalación de protecciones del sistema.**

Adicionalmente se instaló en la protección del aerogenerador a las baterías un

fusible de 20A como medidas de prevención ante elevación de corriente, de acuerdo a la recomendación al fabricante se lo hace en la entrada de las baterías para su protección ante cualquier eventualidad.

### 3.14 Conexiones a Tierra.

Como medida de seguridad se coloca a tierra de una Varilla coperwell, 5/8 x 1,80 metros la misma que fue enterrada La cual permitirá desviar las descargas atmosféricas a la tierra, y así no causar daños a los equipos instalados.

### 3.15 Prueba de generación eléctrica instalada.

Las pruebas de funcionamiento del sistema se las realizaron durante el transcurso de toda la instalación como se pudo apreciar en el anexo E, y al finalizar se ejecutó las pruebas finales en el día y en la noche mediante el sistema de iluminación de la vivienda, monitoreo permanente para comprobar el correcto funcionamiento de 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 por la demanda eléctrica que requiere la vivienda unifamiliar de la hacienda la Merced.

### 3.16 Costo Económico del Proyecto.

**Tabla 3. 10: COSTO ECONÓMICO DEL SISTEMA HIBRIDO**

<b>Costos de equipos del sistema hibrido.</b>			
<b>Cant.</b>	<b>Descripción</b>	<b>P. unitario</b>	<b>P.subtotal</b>
1	Generador Eólico de 750w + controlador de carga	1630,00	1630,00
1	Panel fotovoltaico de 200w	720,00	720,00
2	Batería Ecuador 30H102L(95 Ah )	100,00	200,00
1	Inversor 50w-1000w pic up	840,00	840,00
1	Torre de 11m	600,00	600,00
1	(anemómetro) Ambient Weather WS-2080	220,00	220,00

1	(Piranómetro) Ambient Weather TM-206 Solar	182,50	182,50
---	--	--------	--------

<b>Costos de componentes para la instalación</b>			
1	flexometro STANLEY 3m	3,50	3,50
1	Multímetro digital de gancho TRUPER	30,35	30,35
1	Destornillador estrella STANLEY	3,35	3,35
1	Destornillador plano STANLEY	2,55	2,55
1	Corta fríos	3,60	3,60
1	Pinzas	6,80	6,80
2	Cinta aislante	0,95	1,90
1	Bornera 12p H15A 12mm	1,50	1,50
1	Interruptor	3,35	3,35
100m	CABLE SUPERFLEX 8 AWG 60H.	145,00	145,00
5 días	Mano de obra para la soldada y pintada de la torre	50,00	250,00

Elaborado por: Los investigadores.

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>			
1	TRANSPORTE	120,00	120,00
1	REFRIGERIOS	50,00	50,00
200h	INTERNET	0.60	120,00
1	FLASH MEMORY	15,00	15,00
4	LÁPICES Y BORRADORES	0.40	2,00
6	ESFEROS	0.30	1.80
4	CARPETAS	0.50	2,00
300	HOJAS DE PAPEL BOND	0,05	15,00
	IMPRESIONES	10,00	40,00
<b>COSTO TOTAL</b>			<b>5.190,20</b>

### 3.17 CONCLUSIONES

- El área geográfica donde se implementó el pico generador híbrido proporciona el recurso solar y eólico aceptables para la instalación, respaldándonos así con la teoría consultada.
- Con la toma de datos en el área de implementación se obtuvo un nivel promedio de velocidad de viento de 6.9 m/s los mismos que mediante el análisis se estableció como valores aceptables para la implementación.
- Con la toma de datos en el área de implementación se obtuvo un nivel de radiación solar promedio de 4.92KWh/m<sup>2</sup>/día, los mismos que mediante el análisis se establecieron como valores aceptables para la implementación.
- Con los valores promedios obtenidos de radiación solar y velocidad de viento se pudo cumplir con la demanda energética requerida para la vivienda unifilar aprovechando así los recursos naturales que nos brinda dicho lugar.
- Esta implementación servirá como proyecto piloto para un nuevo estudio en toda la zona del parque nacional Cotopaxi.

### 3.18 RECOMENDACIONES

- Es necesario la recopilación de datos técnicos con los instrumentos adecuados para así poder dimensionar de forma efectiva los equipos a implementarse.
- Para un mejor aprovechamiento en la captación de radiación solar con paneles fotovoltaicos es necesario realizar una estructura con mecanismo que puedan seguir el sol logrando que el sol incide perpendicularmente hacia la superficie para así tener eficiencia en rendimiento energético.
- En la instalación de equipos de generación eléctrica convencionales es necesario contar con el equipo y herramientas mayor y menor, con la cual facilitara la preparación, ensamble e instalación de manera técnica de acuerdo al manual de instalación; así evitando contratiempos y pérdidas de materiales. .
- Es necesario contar con planos de instalación ya sea para la torre y conexiones de los instrumentos a implementarse.
- De acuerdo a los datos del viento y en vista del tamaño del aerogenerador es directamente proporcional a la energía que produce, se puede instalar más aerogeneradores para producir mayor cantidad de electricidad.
- Al momento de la implementación es necesario llevar toda la herramienta ya que por ser un tipo de instalación aislada no se puede dar el lujo de que falte algo y no se puedan instalar los equipos.
- Es fundamental ubicar el lugar de emplazamiento donde se instalarán los equipos para así poder determinar qué tipo de torre es la indicada en dicho sector.
- 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 por lo que podrían girar al momento del armado, además de acuerdo a la altura se debe realizar el izaje con apoyo de carro grúa.
- Se debe recolectar la mayor cantidad de datos de radiación solar y velocidad del viento en zonas específicas donde se va a aprovechar estos



recursos ya que estos valores cambian de acuerdo a la ubicación geográfica clases y longitudes de rugosidad.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Alcalde San, M. P. 2009. Instalaciones Eléctricas Y Autónomas. Madrid : Paraninfo, 2009.
2. Castilla, León. Manual De Instalación. Pag. 28-30. Pdf.
3. Castillo Meraz, Raúl M.C. Julio De 2013.. Sistema Híbrido Fotovoltaico-Eólico Para La Generación De Energía Eléctrica. Universidad Autónoma De San Luís Potosí. : S.N., Julio De 2013.
4. Castillo, F. E., Y F. Castellvi Sentis. 2010. Vientos. Madrid : Ediciones Mundi-Prensa, 2010. Pág. 517.
5. Fernandez, Diez Pedro. 2009. Energía Eólica. 2009. Pág. 11-14.
6. Herrera Heredia, J. C. 2013. Sistema Híbrido Solar-Eólico Para El Abastecimiento Electricodel Centro De Control De Energia. Quito : Cenace, 2013.
7. Lopez, J.M Escudero. 2004. Manual De Energia Eolica. Madrid : S.A. Mundi-Prensa Libros, 2004. Pág. 97.
8. Mejia, Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Del Canton. 2012. Plan Estratégico Participativo Institucional 2012. Machachi : S.N., 2012.
9. Moncada Sánchez, José. 2004. Ecuador: Un País En Transición. Loja : Gallor Rojo, 2004. Pág. 104.
10. Mosquera. 2007. Energías Renovables Para Todos: Eólica. S.L. : Haya Comunicación, 2007. Pág. 3.
11. Pareja Aparicio, M. Cálculo De Una Instalación Aislada. S.L. : 2º Edición. 2010.
12. Shyam S., Nandwani Phd. 2006. Experiencias Practicas En Casa Solar Con Fines De Ahorro De Energía. México : S.N., 2006. Pág. 19-20.

13. Subiela Ortin, Vicente. 2008. Energías Renovables Y Eficiencia Energética. Instituto Tecnológico De Canarias : Itc, 2008. Pág. 64-70.

## **B) APUNTES**

1. GANDO, Pedro Msc. “Apuntes correspondientes a la materia Proyectos I”, año 2003.
2. MALUK, Omar Ing. “Guía para la presentación de proyectos”, Décimo tercera edición, Editorial de la Espol, año 2003.
3. MORENO, Alvaro Ec. “Formulación y Evaluación de Proyectos II”, año 2005.
4. SANCHEZ, Santiago Ing. “Propuesta de acciones y políticas en energías renovables y eficiencia energéticas para el Ecuador”, año 2005.

## **C) PÁGINAS WEB**

1. Direccion General De Cooperacion Y Asistencia Financiera Argentina. [Citado El: 18 De Julio De 2015.] [Http://Www.Energia.Gov.Ar/Contenidos/Archivis/Reorganizacion/Contenidos\\_Didactitos/Publicaciones/Libro\\_Energia\\_Solar.Pdf](http://Www.Energia.Gov.Ar/Contenidos/Archivis/Reorganizacion/Contenidos_Didactitos/Publicaciones/Libro_Energia_Solar.Pdf).
2. Potencia Maxima De Salida Del Panel Solar Fotovoltaico. [Citado El: 14 De Mayo De 2015.] [Http://Www.Solartronic.Com/Energia\\_Solar/Sistemas\\_Fotovoltaicos/Curso\\_Breve/4\\_Curvas\\_Caracteristicas/](http://Www.Solartronic.Com/Energia_Solar/Sistemas_Fotovoltaicos/Curso_Breve/4_Curvas_Caracteristicas/).
3. Control Digital Para Convertidor Multinivel Alimentado Con Energía Solar. [Citado El: 15 De Abril De 2015.] [Http://Catarina.Udlap.Mx/U\\_DI\\_A/Tales/Documentos/Meie/Martinez\\_H\\_D/Capitulo2.Pdf](http://Catarina.Udlap.Mx/U_DI_A/Tales/Documentos/Meie/Martinez_H_D/Capitulo2.Pdf); Pag. 14.
4. Elektron. Medidor De Radiación Solar. [En Línea] [Citado El: 10 De Febrero De 2015.]

[Http://Www.Tiendaelektron.Com/Catalog/Product\\_Info.Php?Products\\_Id=50.](http://Www.Tiendaelektron.Com/Catalog/Product_Info.Php?Products_Id=50)

5. Olade. 2015. Olade. [En Línea] 30 De Julio De 2015. [Citado El: 30 De Julio De 2015.] [Http://Www.Olade.Org/Noticias/En-Ecuador-Se-Analiza-El-Desarrollo-En-Latinoamerica-A-Partir-De-La-Generacion-De-Biocombustibles/.](http://Www.Olade.Org/Noticias/En-Ecuador-Se-Analiza-El-Desarrollo-En-Latinoamerica-A-Partir-De-La-Generacion-De-Biocombustibles/)

## **ANEXOS**

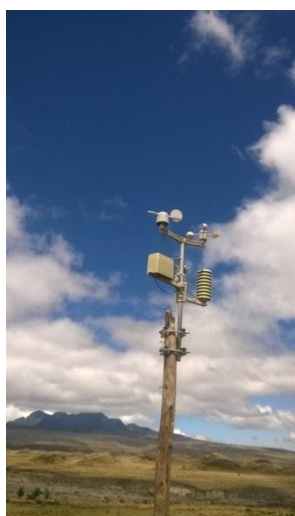
Anexo A	Tema: Especificaciones Técnicas Estación Meteorológica ANEMÓMETRO	1/1
<p>Modelo Ambient Weather WS-2080.</p> <p>Datos exteriores (Anemómetro).</p>		
Distancia en transmisión en campo abierto	300 pies (100m máximo)	
frecuencia	915 Mhz (norteamerica)	
Intervalo de medición	48 segundos	
<b>TEMPERATURA</b>		
Rango	-40°F a 149°F	
Exactitud	±2°F	
Resolución	±1°F	
<b>HUMEDAD</b>		
Al aire libre	10% a 99%	
exactitud	±4%	
<b>PRESIÓN BAROMÉTRICA</b>	8.85 a 32.50 inHg.	
Exactitud	±0.08 inHg (dentro del rango de 27.13 a 32.50 inHg ).	
Resolución	0.01 inHg.	
<b>DESPLIEGUE DE VOLUMEN DE LLUVIA</b>	0 a 394 in.	
Exactitud	±10%.	
Resolución	0.01 in.	
<b>VELOCIDAD DE VIENTO</b>	0 a 112 mph (0-160km/h).	
Exactitud	±2.2 mph o 10%.	
Resolución	0.1 mph.	
<b>DIRECCIÓN DEL VIENTO</b>	0 a 360°.	
Exactitud	22.5° (16 puntos del compás).	
Resolución	22.5° (16 puntos del compás).	
<p><b>Fuente:</b> Manual de instrucciones del sistema de estación meteorológica profesional de pantalla táctil, modelo última versión W/ Precisión de sensores meteorológicos.</p>		
Anexo B	Tema: Especificaciones Técnicas Estación Meteorológica PIRANÓMETRO	1/1

Modelo Ambient Weather WS-2080.

Datos exteriores (Anemómetro).

ESPECIFICACIONES:	
Duración de la batería:	aprox. 100 hr
Tipo de pila:	9V
Precisión:	$\pm 10 \text{ W / m}^2$ [ $\pm 3 \text{ BTU / (m}^2 * \text{h)}$ ] o $\pm 5\%$ , lo que sea mayor en la luz del sol; temperatura adicional: $\pm 0.38 \text{ W / m}^2 / ^\circ \text{C}$ [ $\pm 0.12 \text{ BTU / (m}^2 * \text{h) / grado C}$ ] de $25^\circ$
Temperatura de funcionamiento:	$5^\circ \text{C}$ a $40^\circ \text{C}$
Temperatura de almacenamiento:	$-10^\circ \text{C}$ a $60^\circ \text{C}$
Pantalla:	Pantalla LCD grande de 3.5 dígitos "
Tiempo de muestreo:	Aprox. 0,25 segundos
Resolución:	$0,1 \text{ W / m}^2$ , $0.1 \text{ BTU / (m}^2 * \text{h)}$
Rango:	$1999 \text{ W / m}^2$ , $634 \text{ BTU / (m}^2 * \text{h)}$
Dimensiones y peso:	5 (L) x 2 (W) x 1.5 (H) en, aprox. 0,3 libras
EMC:	Este instrumento es de CEM y ha sido sometido a las pruebas de compatibilidad de acuerdo con EN61326 (1997) + A1 (1998) + A2 (2001).

**Fuente:** Manual de instrucciones del sistema de estación meteorológica profesional de pantalla táctil, modelo última versión W/ Precisión de sensores meteorológicos.



**Elaborado por:** Los investigadores.



<b>Anexo D</b>	<b>Tema: Promedio de datos de velocidad de viento y dirección registrados en la Hacienda la Merced.</b>	<b>1/1</b>
----------------	---	------------

### Valores promedio del mes de Enero.

Numero de datos	Fecha	Promedio al día	máximo al día	mínimo al día	dirección
1	01/01/2015	5,7	10,5	2,4	SE
2	02/01/2015	7,5	11,2	4,4	SE
3	03/01/2015	5,4	9,5	2,4	SE
4	04/01/2015	6,8	11,2	3,4	SE
5	05/01/2015	6,4	11,9	3,1	SE
6	06/01/2015	7,0	10,2	3,7	SE
7	07/01/2015	6,3	10,5	3,1	SE
8	08/01/2015	7,0	10,2	3,1	SE
9	09/01/2015	3,1	8,5	0,3	SE
10	10/01/2015	2,7	4,8	0,0	SE
11	11/01/2015	5,0	10,2	2,0	SE
12	12/01/2015	5,4	9,5	1,7	SE
13	13/01/2015	5,3	8,2	3,4	SE
14	14/01/2015	5,0	10,2	2,0	SE
15	15/01/2015	3,6	7,1	0,0	SE
16	16/01/2015	3,6	7,1	0,0	SE
17	17/01/2015	4,1	8,5	2,4	SE
18	18/01/2015	4,2	8,8	0,7	SE
19	19/01/2015	1,0	4,1	0,0	SE
20	20/01/2015	3,2	7,1	0,0	SE
21	21/01/2015	1,1	3,1	0,0	SE
22	22/01/2015	3,1	6,1	0,0	SE
23	23/01/2015	4,8	8,2	2,7	SE
24	24/01/2015	6,4	8,8	3,4	SE
25	25/01/2015	6,7	10,5	2,4	SE
26	26/01/2015	7,4	11,6	3,4	SE
27	27/01/2015	4,7	10,2	1,4	SE
28	28/01/2015	7,5	13,9	2,4	SE
29	29/01/2015	4,9	9,9	1,4	SE
30	30/01/2015	5,1	9,9	2,7	SE
31	31/01/2015	6,3	12,6	1,4	SE

**Elaborado por:** Los investigadores.

Anexo D	<b>Tema:</b> Promedio de datos de velocidad de viento y dirección registrados en la Hacienda la Merced	<b>1/2</b>
---------	--	------------

### Valores promedio del mes de febrero.

Numero de datos	Fecha	Promedio al día	máximo al día	mínimo al día	dirección
1	01/02/2015	6,1	11,6	2,4	SE
2	02/02/2015	7,3	11,2	4,4	SE
3	03/02/2015	5,7	9,5	2,4	SE
4	04/02/2015	6,6	11,2	3,4	SE
5	05/02/2015	6,5	11,9	3,1	SE
6	06/02/2015	6,8	10,2	3,7	SE
7	07/02/2015	6,1	10,2	3,1	SE
8	08/02/2015	7,1	10,5	3,1	SE
9	09/02/2015	3,7	8,8	0,3	SE
10	10/02/2015	2,3	5,1	0,0	SE
11	11/02/2015	2,4	5,8	0,0	SE
12	12/02/2015	1,6	5,4	0,0	SE
13	13/02/2015	2,3	7,1	0,0	SE
14	14/02/2015	2,1	5,8	0,0	SE
15	15/02/2015	5,5	8,5	2,7	SE
16	16/02/2015	5,5	8,5	2,7	SE
17	17/02/2015	5,7	8,8	2,4	SE
18	18/02/2015	8,1	11,6	4,8	SE
19	19/02/2015	5,1	9,5	1,4	SE
20	20/02/2015	7,5	13,9	3,1	SE
21	21/02/2015	5,2	7,8	2,4	SE
22	22/02/2015	6,3	12,6	1,4	SE
23	23/02/2015	5,4	10,9	2,7	SE
24	24/02/2015	5,0	10,2	2,0	SE
25	25/02/2015	5,4	9,5	1,7	SE
26	26/02/2015	5,3	8,2	3,4	SE
27	27/02/2015	5,0	10,2	2,0	SE

**Elaborado por:** Los investigadores.

Anexo D	<b>Tema:</b> Promedio de datos de velocidad de viento y dirección registrados en la Hacienda la Merced	<b>1/3</b>
---------	--	------------

### Valores promedio del mes de Marzo.

Numero de datos	Fecha	Promedio al día	máximo al día	mínimo al día	dirección
1	01/03/2015	6,2	11,9	9,2	SE
2	02/03/2015	4,0	6,8	1,0	SE
3	03/03/2015	6,9	10,9	2,0	SE
4	04/03/2015	7,7	11,6	2,4	SE
5	05/03/2015	8,3	12,9	3,7	SE
6	06/03/2015	8,4	12,2	5,4	SE
7	07/03/2015	10,7	15,6	2,4	SE
8	08/03/2015	11,0	14,3	8,5	SE
9	09/03/2015	7,7	11,2	4,8	SE
10	10/03/2015	6,1	8,2	4,4	SE
11	11/03/2015	6,5	8,5	4,4	SE
12	12/03/2015	6,1	8,5	3,1	SE
13	13/03/2015	6,0	8,5	3,1	SE
14	14/03/2015	6,0	8,2	3,7	SE
15	15/03/2015	5,9	8,2	3,7	SE
16	16/03/2015	3,5	8,2	0,7	SE
17	17/03/2015	3,5	8,2	0,7	SE
18	18/03/2015	4,1	7,5	1,0	SE
19	19/03/2015	6,1	9,9	3,7	SE
20	20/03/2015	9,4	12,2	6,1	SE
21	21/03/2015	7,4	11,9	4,1	SE
22	22/03/2015	3,3	6,5	0,0	SE
23	23/03/2015	5,4	9,2	2,0	SE
24	24/03/2015	9,1	13,9	5,1	SE
25	25/03/2015	9,7	15,0	4,1	SE
26	26/03/2015	9,4	12,2	6,8	SE
27	27/03/2015	7,2	10,2	3,4	SE
28	28/03/2015	6,2	9,9	3,7	SE
29	29/03/2015	10,2	13,9	7,1	SE
30	30/03/2015	8,8	12,2	5,4	SE

Elaborado por: Los investigadores.

Anexo D	<b>Tema:</b> Promedio de datos de velocidad de viento y dirección registrados en la Hacienda la Merced	<b>1/4</b>
---------	--	------------

### Valores promedio del mes de Abril.

Numero de datos	Fecha	Promedio al día	máximo al día	mínimo al día	dirección
1	01/04/2015	5,2	11,2	0,0	SE
2	02/04/2015	4,9	10,2	1,4	SE
3	03/04/2015	5,4	10,9	2,4	SE
4	04/04/2015	4,2	8,8	0,0	SE
5	05/04/2015	4,5	6,5	2,0	SE
6	06/04/2015	8,7	11,6	5,8	SE
7	07/04/2015	9,6	13,3	7,1	SE
8	08/04/2015	6,1	9,5	2,7	SE
9	09/04/2015	6,1	9,5	3,1	SE
10	10/04/2015	7,0	9,5	4,4	SE
11	11/04/2015	3,2	10,5	1,4	SE
12	12/04/2015	8,7	13,3	4,4	SE
13	13/04/2015	9,8	14,6	6,5	SE
14	14/04/2015	6,3	10,2	3,1	SE
15	15/04/2015	5,7	7,8	3,7	SE
16	16/04/2015	5,7	7,8	3,7	SE
17	17/04/2015	5,7	7,5	4,1	SE
18	18/04/2015	8,3	11,6	5,1	SE
19	19/04/2015	9,7	13,6	5,1	SE
20	20/04/2015	7,5	11,9	2,4	SE
21	21/04/2015	9,3	12,2	6,1	SE
22	22/04/2015	4,6	8,2	0,0	SE
23	23/04/2015	4,0	6,1	1,4	SE
24	24/04/2015	7,3	10,5	3,7	SE
25	25/04/2015	9,9	13,9	2,4	SE
26	26/04/2015	9,6	13,9	5,4	SE
27	27/04/2015	8,5	12,2	6,5	SE
28	28/04/2015	5,7	9,2	3,4	SE
29	29/04/2015	8,8	13,9	4,4	SE
30	30/04/2015	9,3	12,2	5,4	SE

Elaborado por: Los investigadores.

Anexo D	<b>Tema:</b> Promedio de datos de velocidad de viento y dirección registrados en la Hacienda la Merced	<b>1/5</b>
---------	--	------------

### Valores promedio del mes de Mayo.

Numero de datos	Fecha	Promedio al día	máximo al día	mínimo al día	dirección
1	01/05/2015	9,0	12,9	5,1	SE
2	02/05/2015	5,7	9,2	2,7	SE
3	03/05/2015	5,1	8,5	2,4	SE
4	04/05/2015	4,2	7,5	2,0	SE
5	05/05/2015	4,4	6,5	2,0	SE
6	06/05/2015	8,7	11,6	5,8	SE
7	07/05/2015	9,6	13,3	7,1	SE
8	08/05/2015	6,5	9,5	3,1	SE
9	09/05/2015	6,1	9,5	3,1	SE
10	10/05/2015	7,0	9,5	4,4	SE
11	11/05/2015	3,2	10,5	1,4	SE
12	12/05/2015	8,7	13,3	4,4	SE
13	13/05/2015	6,6	12,2	4,8	SE
14	14/05/2015	5,3	7,8	3,1	SE
15	15/05/2015	5,7	7,8	3,7	SE
16	16/05/2015	5,7	7,8	3,7	SE
17	17/05/2015	6,2	9,5	3,7	SE
18	18/05/2015	6,8	10,2	3,1	SE
19	19/05/2015	6,4	10,5	3,1	SE
20	20/05/2015	7,4	11,9	2,4	SE
21	21/05/2015	9,3	12,2	6,1	SE
22	22/05/2015	7,4	11,6	4,1	SE
23	23/05/2015	7,4	11,2	3,4	SE
24	24/05/2015	10,3	14,3	6,8	SE
25	25/05/2015	10,9	15,0	5,1	SE
26	26/05/2015	9,6	13,9	5,4	SE
27	27/05/2015	8,5	12,2	6,5	SE
28	28/05/2015	9,4	15,0	5,4	SE
29	29/05/2015	9,0	13,9	4,4	SE
30	30/05/2015	9,3	12,2	5,4	SE
31	31/05/2015	7,2	10,5	5,4	SE

**Elaborado por:** Los investigadores.

Anexo D	<b>Tema:</b> Promedio de datos de velocidad de viento y dirección registrados en la Hacienda la Merced	<b>1/6</b>
---------	--	------------

### Valores promedio del mes de Junio.

Numero de datos	Fecha	Promedio al día	máximo al día	mínimo al día	dirección
1	01/06/2015	11,2	16,0	9,2	SE
2	02/06/2015	10,7	15,6	7,5	SE
3	03/06/2015	7,5	10,9	4,4	SE
4	04/06/2015	7,7	11,6	2,4	SE
5	05/06/2015	8,3	12,9	3,7	SE
6	06/06/2015	8,4	12,2	5,4	SE
7	07/06/2015	12,6	16,3	8,2	SE
8	08/06/2015	11,0	14,3	8,5	SE
9	09/06/2015	7,7	11,2	4,8	SE
10	10/06/2015	6,1	8,2	4,4	SE
11	11/06/2015	6,5	8,5	4,4	SE
12	12/06/2015	6,1	8,5	3,1	SE
13	13/06/2015	6,0	8,5	3,1	SE
14	14/06/2015	6,0	8,2	3,7	SE
15	15/06/2015	7,1	9,5	4,4	SE
16	16/06/2015	3,9	7,8	1,4	SE
17	17/06/2015	3,9	7,8	1,4	SE
18	18/06/2015	4,1	7,5	1,0	SE
19	19/06/2015	6,1	9,9	3,7	SE
20	20/06/2015	9,6	18,5	6,1	SE
21	21/06/2015	7,4	11,9	4,1	SE
22	22/06/2015	4,4	8,8	1,4	SE
23	23/06/2015	5,4	9,2	2,0	SE
24	24/06/2015	9,1	13,9	5,1	SE
25	25/06/2015	10,5	13,9	5,4	SE
26	26/06/2015	9,4	12,2	6,8	SE
27	27/06/2015	7,2	10,2	3,4	SE
28	28/06/2015	6,2	9,9	3,7	SE
29	29/06/2015	10,2	13,9	7,1	SE
30	30/06/2015	8,8	12,2	5,4	SE

Elaborado por: Los investigadores.

Anexo D	<b>Tema:</b> Promedio de datos de velocidad de viento y dirección registrados en la Hacienda la Merced	<b>1/7</b>
---------	--	------------

### Valores promedio del mes de Julio.

Numero de datos	Fecha	Promedio al día	máximo al día	mínimo al día	dirección
1	01/07/2016	6,6	8,5	4,8	SE
2	02/07/2016	7,3	8,8	5,4	SE
3	03/07/2016	6,5	9,2	3,7	SE
4	04/07/2016	7,8	16,0	2,7	SE
5	05/07/2016	7,5	11,2	2,7	SE
6	06/07/2016	9,2	14,3	3,7	SE
7	07/07/2016	6,9	12,6	3,1	SE
8	08/07/2016	9,1	14,3	4,8	SE
9	09/07/2016	7,8	11,2	4,1	SE
10	10/07/2016	7,0	10,9	4,4	SE
11	11/07/2016	6,1	8,8	3,1	SE
12	12/07/2016	8,1	10,2	6,1	SE
13	13/07/2016	6,3	9,2	3,7	SE
14	14/07/2016	5,3	9,9	2,0	SE
15	15/07/2016	4,9	8,5	1,7	SE
16	16/07/2016	4,9	8,5	1,7	SE
17	17/07/2016	5,6	10,2	3,4	SE
18	18/07/2016	8,3	11,6	5,1	SE
19	19/07/2016	9,7	13,6	5,1	SE
20	20/07/2016	7,5	11,9	2,4	SE
21	21/07/2016	9,3	12,2	6,1	SE
22	22/07/2016	4,6	8,2	0,0	SE
23	23/07/2016	4,0	6,1	1,4	SE
24	24/07/2016	7,4	10,5	3,7	SE
25	25/07/2016	11,6	14,0	9,2	SE
26	26/07/2016	9,6	13,9	5,4	SE
27	27/07/2016	8,5	12,2	6,5	SE
28	28/07/2016	9,1	13,9	5,4	SE
29	29/07/2016	8,8	13,9	4,4	SE
30	30/07/2016	9,5	17,0	5,4	SE
31	31/07/2016	7,2	10,5	5,4	SE

**Elaborado por:** Los investigadores.

Anexo D	<b>Tema:</b> Promedio de datos de velocidad de viento y dirección registrados en la Hacienda la Merced	<b>1/8</b>
---------	--	------------

### Valores promedio del mes de Agosto.

Numero de datos	Fecha	Promedio al día	máximo al día	mínimo al día	dirección
1	01/08/2015	6,5	10,2	3,4	SE
2	02/08/2015	4,6	8,2	1,7	SE
3	03/08/2015	6,1	10,2	2,7	SE
4	04/08/2015	4,3	7,1	2,0	SE
5	05/08/2015	5,3	6,8	3,7	SE
6	06/08/2015	8,7	11,6	5,8	SE
7	07/08/2015	9,6	13,3	7,1	SE
8	08/08/2015	6,1	9,5	2,7	SE
9	09/08/2015	7,7	12,2	4,1	SE
10	10/08/2015	7,0	9,5	4,4	SE
11	11/08/2015	6,1	10,5	3,4	SE
12	12/08/2015	8,7	13,3	4,4	SE
13	13/08/2015	9,8	14,6	6,5	SE
14	14/08/2015	6,6	10,2	3,4	SE
15	15/08/2015	5,1	11,8	1,7	SE
16	16/08/2015	5,1	11,8	1,7	SE
17	17/08/2015	6,5	14,4	2,4	SE
18	18/08/2015	6,9	11,6	1,4	SE
19	19/08/2015	9,7	13,6	5,1	SE
20	20/08/2015	7,5	11,9	2,4	SE
21	21/08/2015	9,3	12,2	6,1	SE
22	22/08/2015	5,6	8,5	2,4	SE
23	23/08/2015	4,0	6,1	1,4	SE
24	24/08/2015	7,3	10,5	3,7	SE
25	25/08/2015	8,8	16,8	2,4	SE
26	26/08/2015	8,3	15,0	3,7	SE
27	27/08/2015	6,5	13,9	1,0	SE
28	28/08/2015	7,8	17,8	3,4	SE
29	29/08/2015	6,1	9,2	3,4	SE
30	30/08/2015	9,2	13,9	5,1	SE
31	31/08/2015	8,2	14,3	5,4	SE

**Elaborado por:** Los investigadores.





**Elaborado por:** Los investigadores.



Elaborado por: Los investigadores.



Elaborado por: Los investigadores.





Elaborado por: Los investigadores.



**Elaborado por:** Los investigadores.



Elaborado por: Los investigadores.

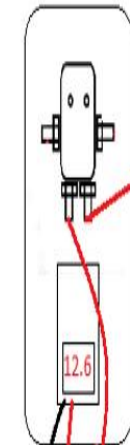
charge controller

**Disconnect mode**(solar). Disconnects solar when batteries are full. Wind should have diversion load. You can run multiple wind and solar in both diversion and disconnect modes simultaneously.

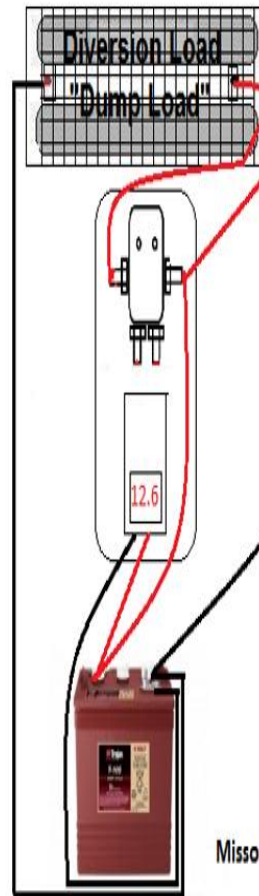


charge controller

**Divert mode**(wind and/or solar). Diverts "dumps" wind and/or solar when batteries are full. You can divert multiple wind and solar simultaneously. You can divert to our dump load resistors and/or dc water heating elements and more simultaneously



Connect to battery first before connecting turbine or solar panels!!



10,000 watt controller with 100 amp max continuous disconnect mode. You must have a diversion load present if using controller in diversion mode or your batteries will overcharge!

Missouri Wind and Solar© 2013

Wind & Solar Controller

Fuente: Manual de operación

Elaborado por: Los investigadores.





**Elaborado por:** Los investigadores.

**PRECAUCIÓN:** Desembale el módulo en un entorno adecuado y con las herramientas apropiadas. Los módulos deben mantenerse protegidos del agua y de 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 aislantes 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 dejaría de funcionar adecuadamente), si se cayera o si se golpeará con alguna herramienta o con algún otro objeto contundente.



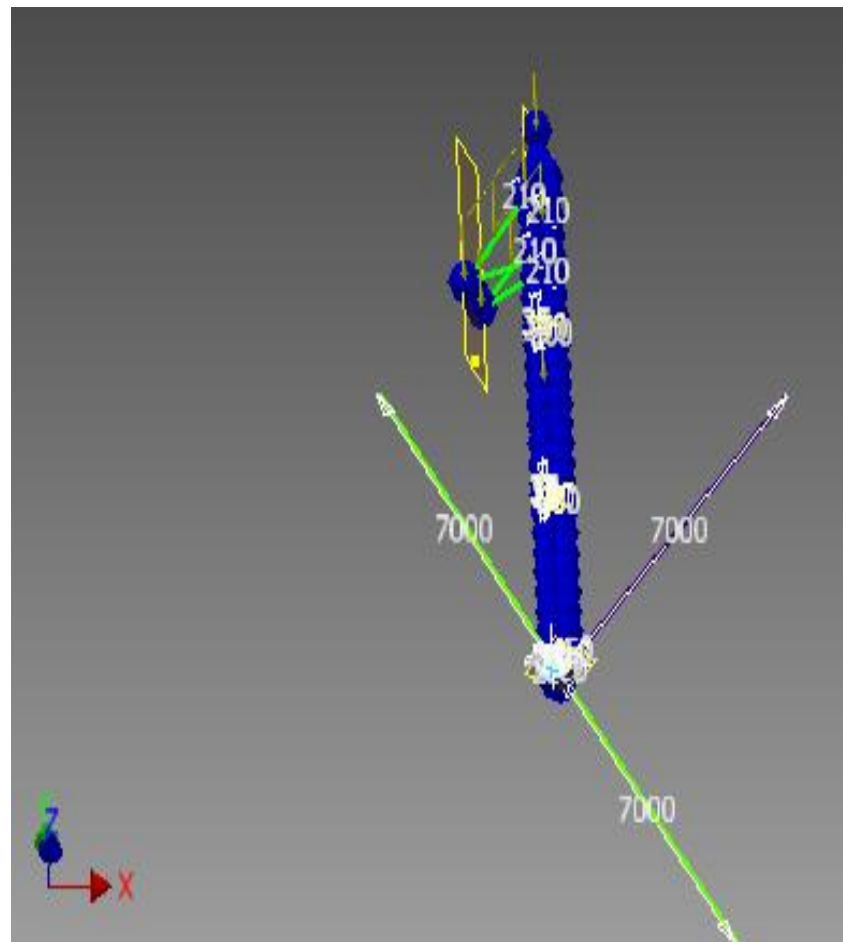
(4) Bajo determinadas condiciones, el módulo podría producir una corriente eléctrica o una tensión superior a las medidas obtenidas en circunstancias normales. Por consiguiente, los valores de  $I_{sc}$  y de  $V_{oc}$  señalados en este módulo deberían multiplicarse por 1,25 a la hora de determinar 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 la 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.

MASA	185,401 kg
ÀREA	107815,698 mm <sup>2</sup>
VOLUMEN	24497,395 mm <sup>3</sup>
CENTRO DE GRAVEDAD	x=-1134,150 mm y=3631,909 mm z=1,643 mm

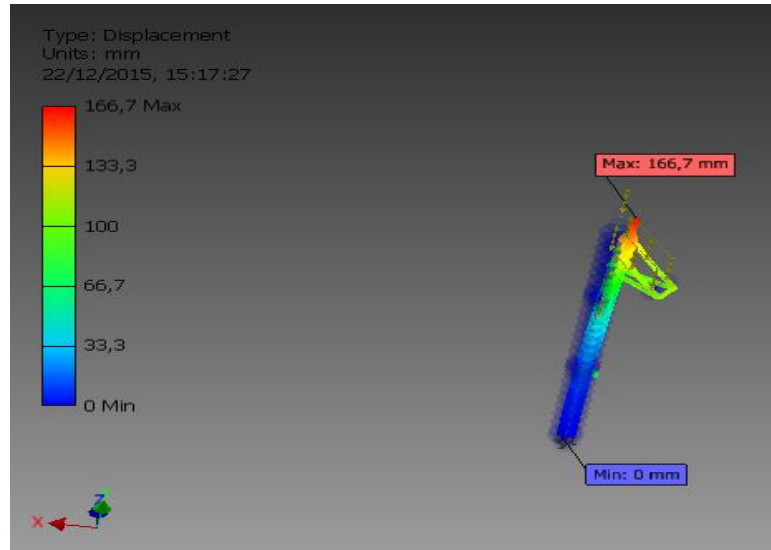


Elaborado por: Los investigadores.

NOMBRE		MINIMO	MAXIMO
DESPLAZAMIENTO		0,000 mm	166,651 mm
FUERZAS	Fx	-14679,498 N	12550,048 N
	Fy	-17679,633 N	12007,993 N
	Fz	-67317,686 N	46637,361 N
MOMENTOS	Mx	-1058275,527 N mm	1762998,459 N mm
	My	-1982809,601 N mm	1302836,088 N mm
	Mz	-103608,324 N mm	62499,327 N mm
TENSION NORMAL	Smax	-250,575 MPa	5178,526 MPa
	Smin	-5091,101 MPa	242,480 MPa
	Smax(Mx)	0,000 MPa	3518,921 MPa
	Smin(Mx)	-3518,921 MPa	0,000 MPa
	Smax(My)	0,000 MPa	2748,834 MPa
	Smin(My)	-2748,834 MPa	0,000 MPa
	Saxial	-274,165 MPa	271,868 MPa
TENSION DE CORTE	Tx	-109,956 MPa	110,157 MPa
	Ty	-45,971 MPa	61,488 MPa
ESFUERZO DE TORSION	T	-113,413 MPa	113,164 MPa

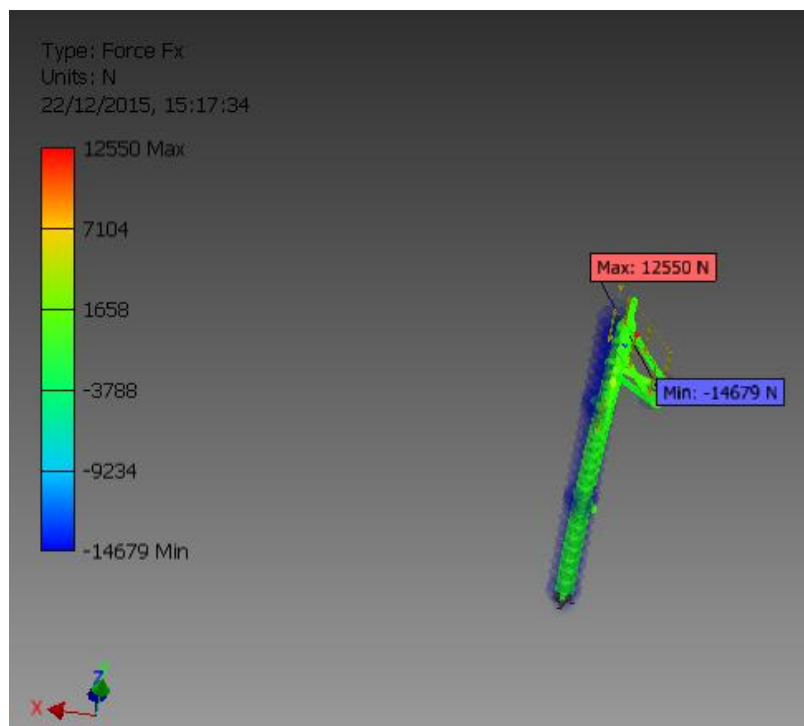
Elaborado por: Los investigadores.

## DESPLAZAMIENTO



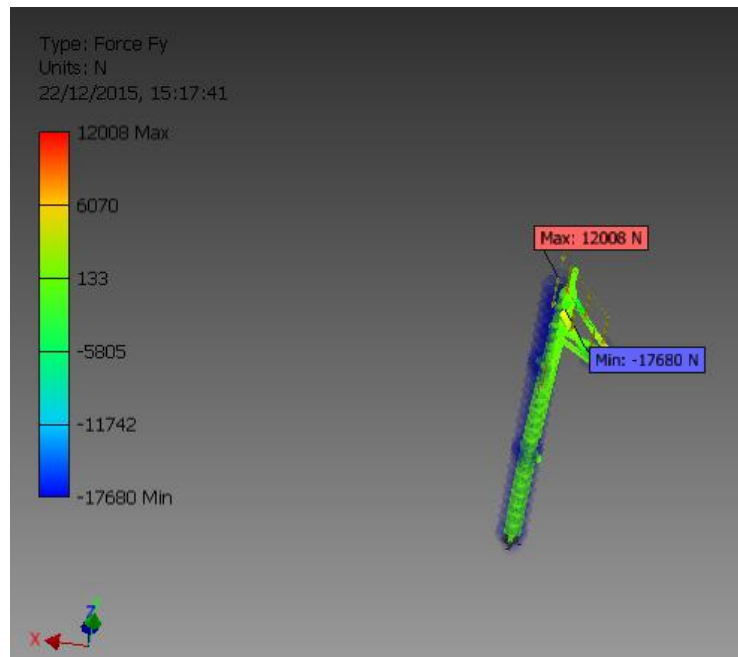
Elaborado por: Los investigadores.

## FUERZA MAXIMA Y MINIMA EN X

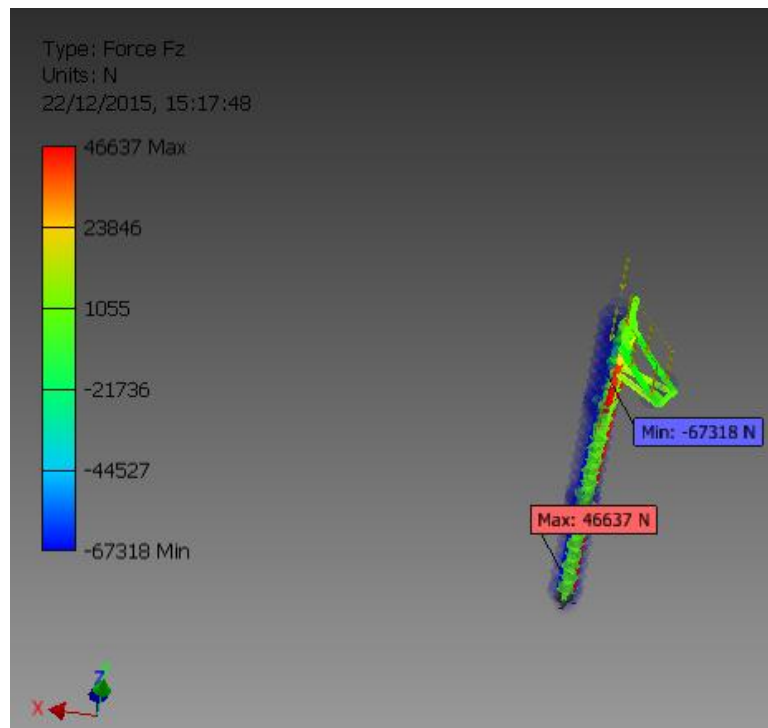


Elaborado por: Los investigadores.

## FUERZA MAXIMA Y MINIMA EN Y

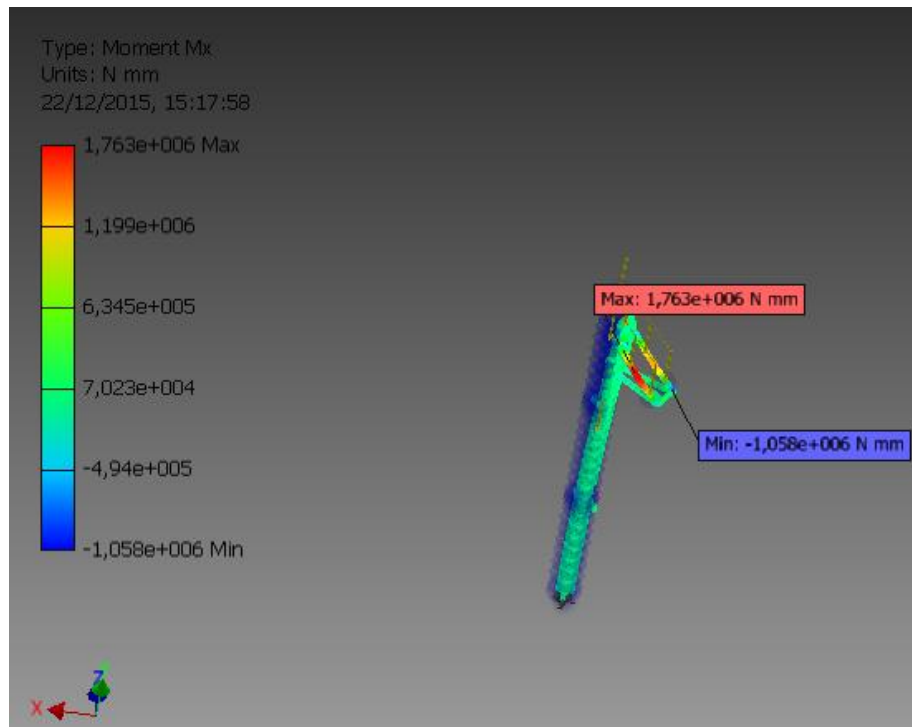


## FUERZA MAXIMA Y MINIMA EN Z

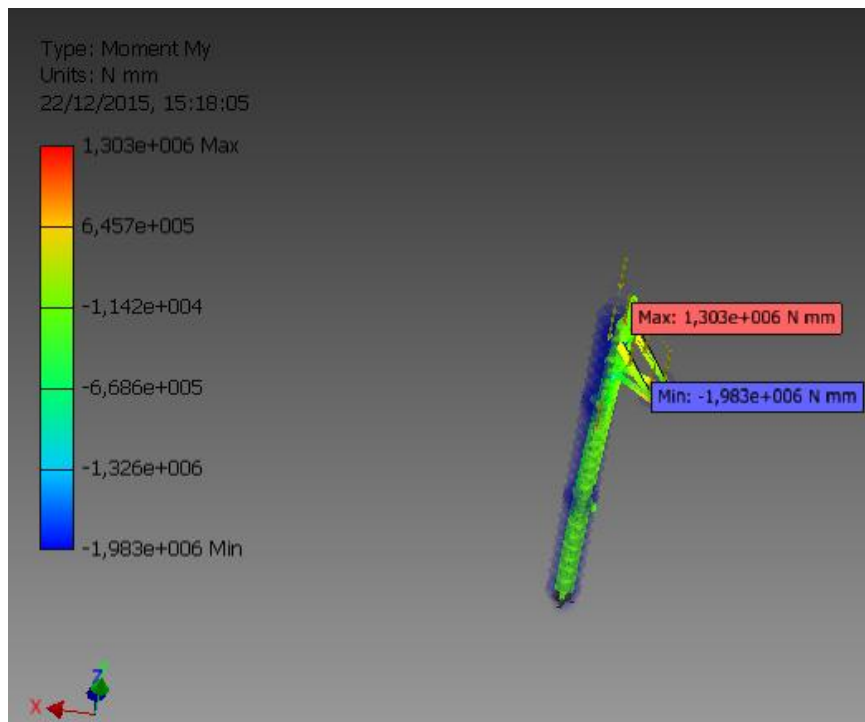


Elaborado por: Los investigadores.

## MOMENTO EN X

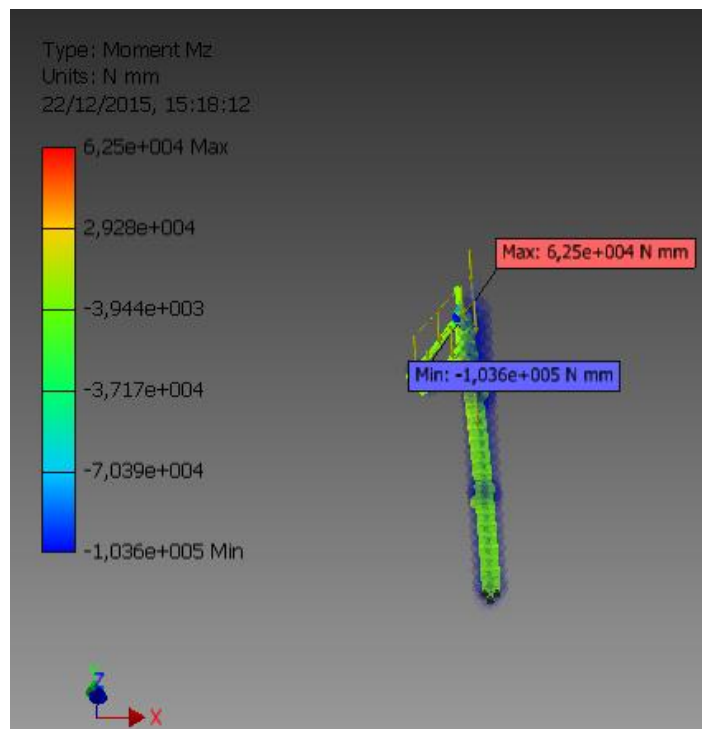


## MOMENTO EN Y

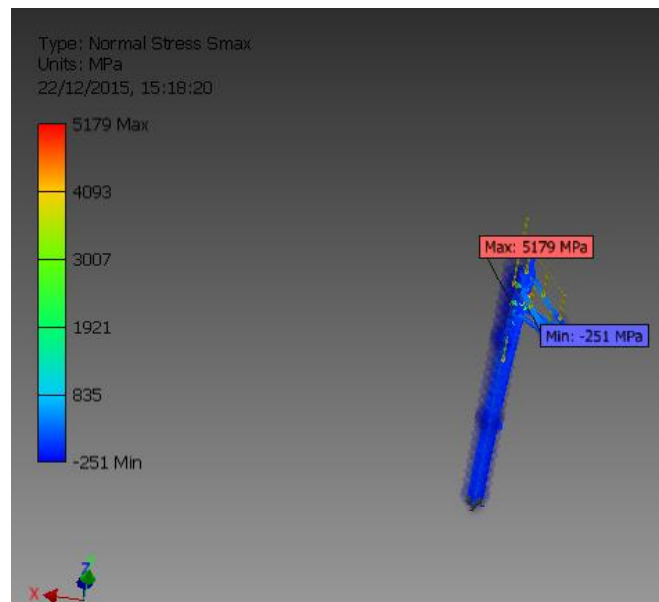


Elaborado por: Los investigadores.

## MOMENTO EN Z

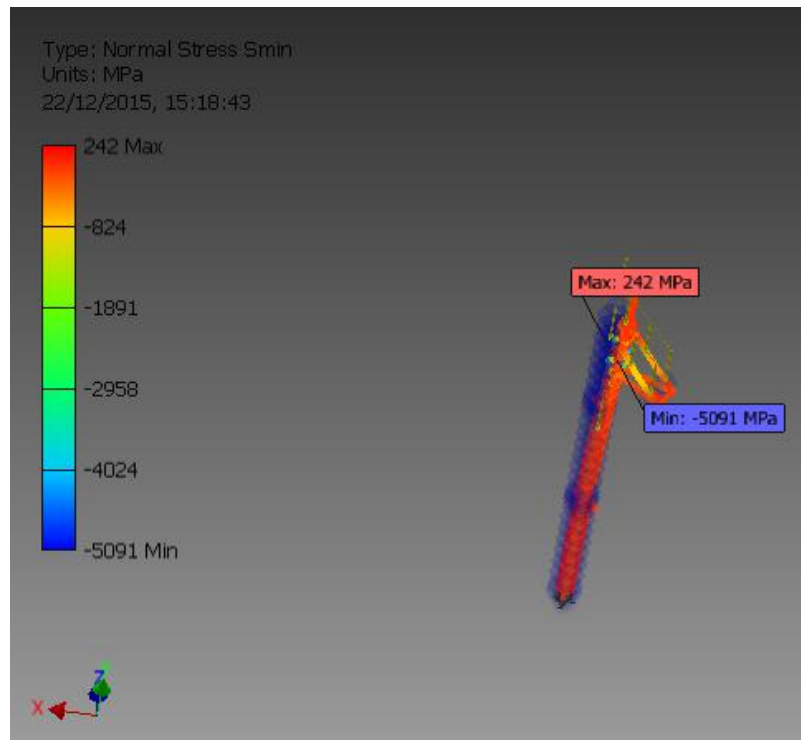


## TENSION NORMAL MAXIMA

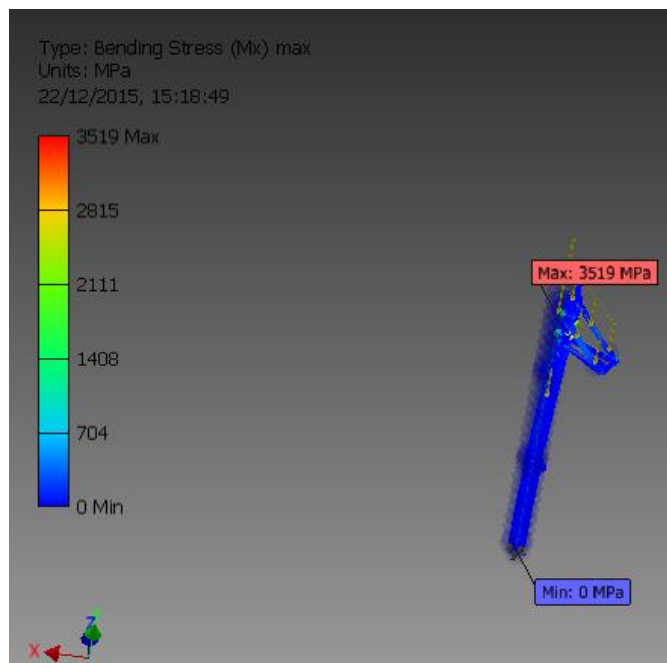


Elaborado por: Los investigadores.

## TENSION NORMAL MINIMA



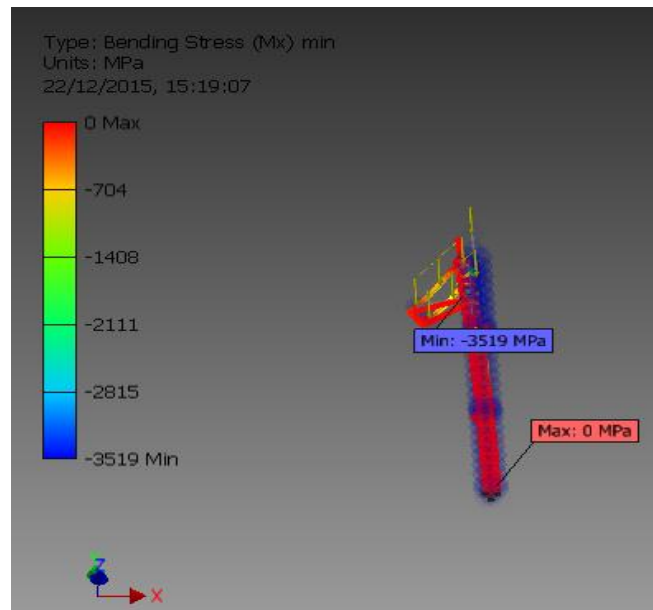
## TENSION NORMAL MAXIMA EN X



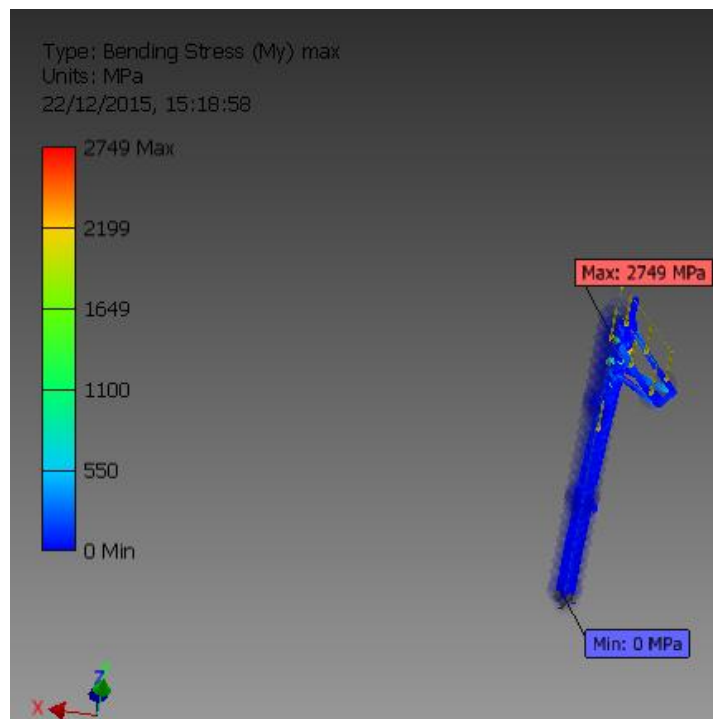
Elaborado por: Los investigadores.



## TENSION NORMAL MINIMA EN X

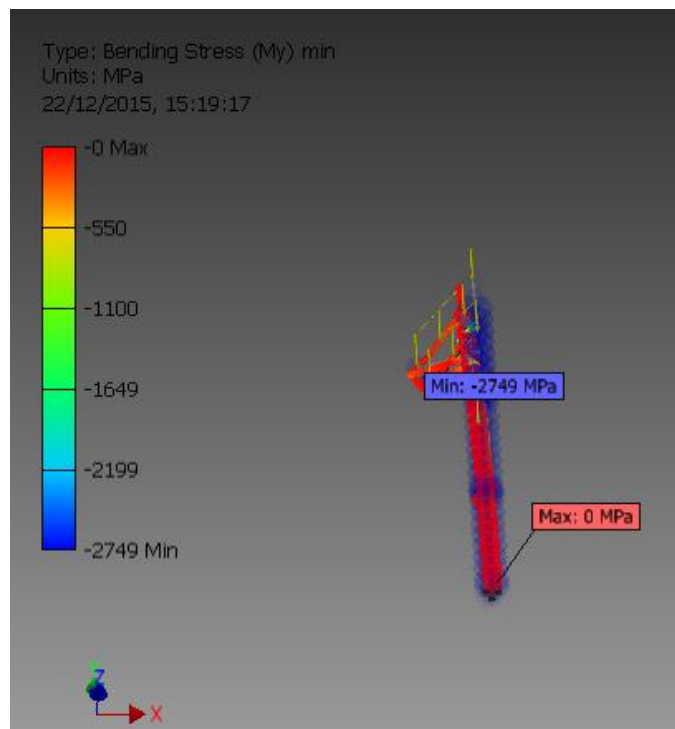


## TENSION NORMAL MAXIMA EN Y

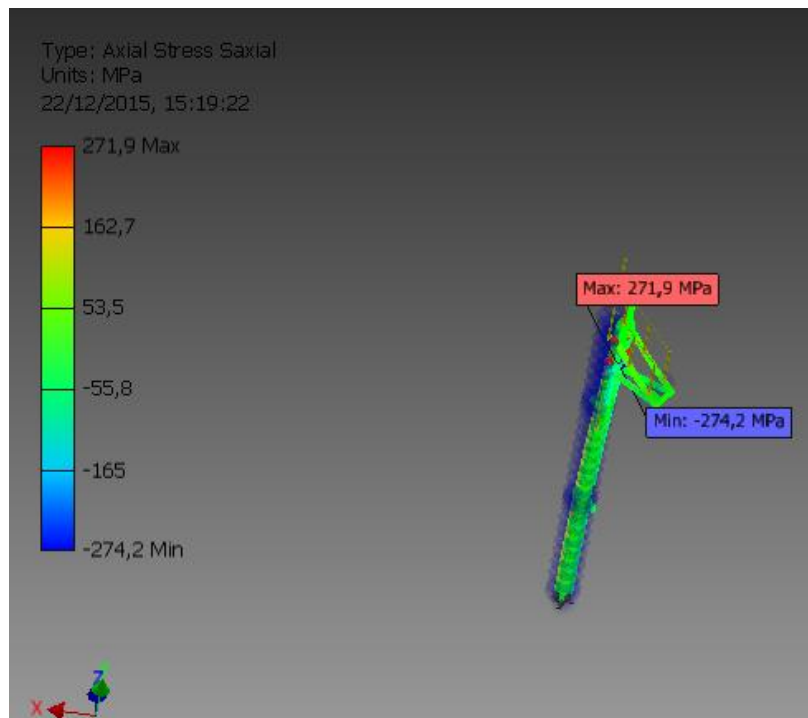


Elaborado por: Los investigadores.

## TENSION NORMAL MINIMA EN Y

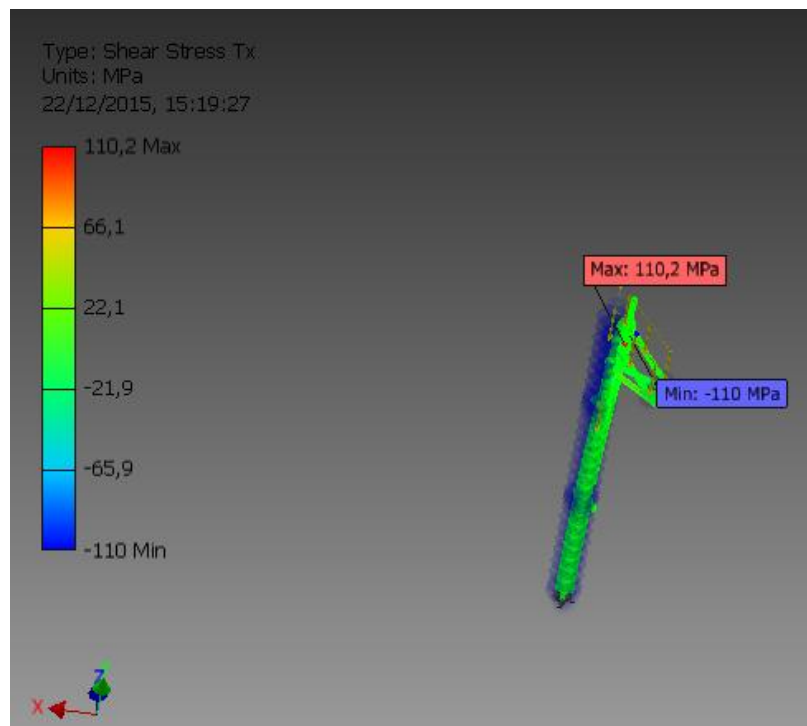


## TENSION NORMAL EN Z

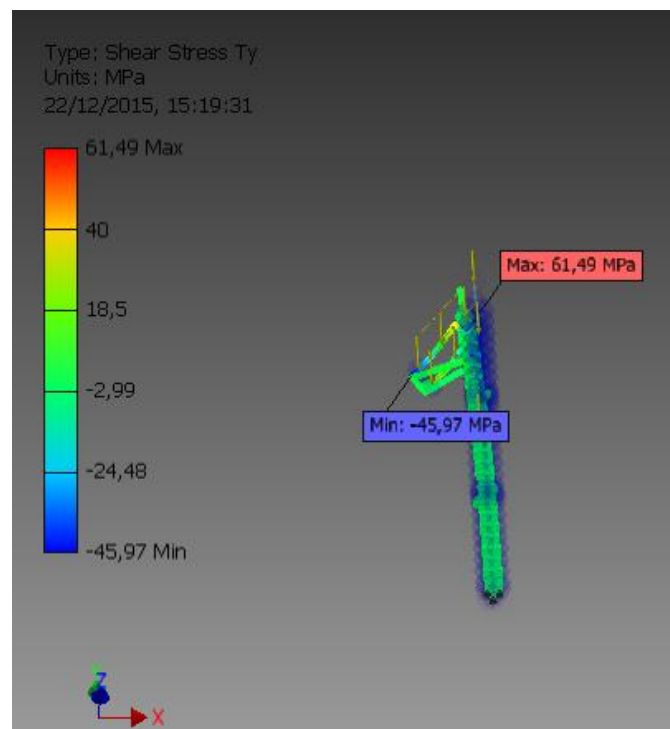


Elaborado por: Los investigadores.

## TENSION DE CORTE EN X

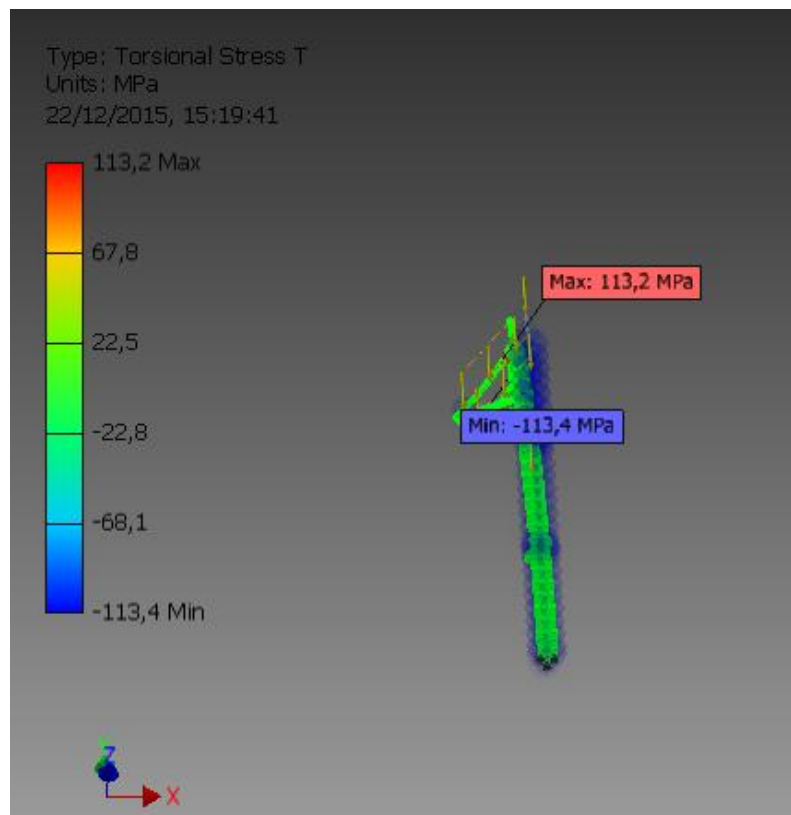


## TENSION DE CORTE EN Y



Elaborado por: Los investigadores.

## ESFUERZO DE TORSION



Elaborado por: Los investigadores.