



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

### CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA

#### TESIS DE GRADO

#### TEMA:

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN  
ELÉCTRICO SOLAR Y EÓLICO PARA UNA CASA COMUNAL  
UBICADA EN EL SECTOR SAN ISIDRO ALTO PERTENECIENTE A LA  
PARROQUIA DE ALÁQUEZ DEL CANTÓN LATACUNGA,  
PROVINCIA DE COTOPAXI EN EL PERIODO 2014-2015”**

Tesis presentada previa a la obtención del título de Ingeniero Eléctrico  
en Sistemas Eléctricos de Potencia.

**Autores:** Iturralde Ayala José Roberto

**Director:** Ing. Efrén Barbosa

**LATACUNGA – ECUADOR**

**2015**



## AVAL DE 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, el postulante:

- Iturralde Ayala José Roberto

Con la tesis, cuyo título es: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN ELÉCTRICO SOLAR Y EÓLICO PARA UNA CASA COMUNAL UBICADA EN EL SECTOR SAN ISIDRO ALTO PERTENECIENTE A LA PARROQUIA DE ALÁQUEZ DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI EN EL PERIODO 2014-2015”**.

Han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúnen 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, 18 de septiembre del 2015.

Atentamente:

---

Ing. Javier A. Proaño M.  
**PRESIDENTE**

---

Lic. Susana Pallasco  
**MIEMBRO**

---

Ing. Paola Velasco  
**OPOSITOR**

---

Ing. Efrén Barbosa  
**TUTOR (DIRECTOR)**



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

## AUTORÍA

Yo, Iturralde Ayala José Roberto con cédula de identidad N° 050278633-8 alumno egresado de Ingeniería Eléctrica, declaro que la presente tesis de grado, es fruto de mi esfuerzo, responsabilidad, trabajo y disciplina, logrando que los objetivos propuestos se culminen con éxito.

Atentamente:



---

**José Iturralde**  
**C.I. 050278633-8**

Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi



## AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS

En calidad de Director del Trabajo de Investigación sobre el tema: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN ELÉCTRICO SOLAR Y EÓLICO PARA UNA CASA COMUNAL UBICADA EN EL SECTOR SAN ISIDRO ALTO PERTENECIENTE A LA PARROQUIA DE ALÁQUEZ DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI EN EL PERIODO 2014-2015”**

Del señor estudiante; **Iturralde Ayala José Roberto** postulante de la Carrera de Ingeniería Eléctrica,

### **CERTIFICO QUE:**

Una vez revisado el documento entregado a mi persona, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científicos - técnicos necesarios para ser sometidos a la **Evaluación del Tribunal de Validación de Tesis** 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.

Latacunga, 20 de Septiembre del 2015

.....  
Ing. Efrén Barbosa

**EL DIRECTOR**



## AVAL DEL ASESOR METODOLÓGICO

En calidad de Asesor Metodológico del Trabajo de Investigación sobre el tema:

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN ELÉCTRICO SOLAR Y EÓLICO PARA UNA CASA COMUNAL UBICADA EN EL SECTOR SAN ISIDRO ALTO PERTENECIENTE A LA PARROQUIA DE ALÁQUEZ DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI EN EL PERIODO 2014-2015”**

Del señor estudiante: **JOSÉ ROBERTO ITURRALDE AYALA** postulante de la Carrera de **INGENIERÍA ELÉCTRICA EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA**.

### **CERTIFICO QUE:**

Una vez revisado el documento entregado a mi persona, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científicos - técnicos necesarios para ser sometidos a la **Evaluación del Tribunal de Validación de Tesis** 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.

Latacunga, 20 de Septiembre del 2015

.....  
Msc. Hugo Armas

**ASESOR METODOLÓGICO**



## CERTIFICADO DE IMPLEMENTACIÓN

Latacunga, 20 de Septiembre del 2015

En calidad de presidente del Directorio de Agua de Riego San Isidro Alto de Cuchitingue de la parroquia de Aláquez, el señor Iturralde Ayala José Roberto con cédula de identidad N°0502786338, realizó la Tesis de Grado con el tema: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN ELÉCTRICO SOLAR Y EÓLICO PARA UNA CASA COMUNAL UBICADA EN EL SECTOR SAN ISIDRO ALTO PERTENECIENTE A LA PARROQUIA DE ALÁQUEZ DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI EN EL PERIODO 2014-2015”**, bajo la supervisión del Ing. Efrén Barbosa, director de tesis y docente de la carrera de ingeniería eléctrica.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, facultando a los interesados, hacer uso de este documento en forma de que estimen conveniente.

Atentamente:

---

Sr. Tobías Cando  
**PRESIDENTE DEL DIRECTORIO**

## AGRADECIMIENTO

*El presente trabajo de tesis, primeramente agradezco a Dios por su infinita bondad que ha permitido llegar a este punto.*

*También me gustaría agradecer a mi tutor de tesis al Ing. Efrén Barbosa por su colaboración y orientación en la realización del presente trabajo investigativo.*

*A mis padres, hermanos y tíos por la ayuda que me han brindado que ha sido muy importante y siempre estuvieron a mi lado apoyándome en todo momento y confiando en mí.*

*A todas las personas que de una u otra manera contribuyeron en la formación personal y espiritual por el apoyo que siempre me brindaron día a día en el transcurso de cada año de mi carrera Universitaria.*

## DEDICATORIA

*Esta tesis está dedicada a mi preciosa hija quien me motivo a culminar este proyecto también a mis queridos padres, quienes con su apoyo incondicional en toda mi educación, tanto académica, como en la vida, que me han permitido ser una mejor persona.*

*A mis hermanos quienes siempre han estado a mi lado, para que tomen mi dedición y esfuerzo como un ejemplo de superación.*

*Gracias a todas estas personas importantes que forman parte de mi vida.*

***José Roberto Iturralde Ayala***

## ÍNDICE GENERAL

CARATULA.....	i
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	ii
AUTORÍA .....	iii
AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS .....	iv
AVAL DEL ASESOR METODOLÓGICO .....	v
CERTIFICADO DE IMPLEMENTACIÓN.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
DEDICATORIA .....	viii
ÍNDICE GENERAL.....	ix
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xv
RESUMEN .....	xvi
ABSTRACT .....	xvii
AVAL DE LA TRADUCCIÓN DEL IDIOMA INGLÉS.....	xviii
INTRODUCCIÓN .....	xix
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>1</b>
<b>FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....</b>	<b>1</b>
1.1 Antecedentes .....	1
1.2 La Energía Eólica .....	2
1.2 El Viento .....	4
1.2.1 Origen del viento .....	4
1.2.2. Patrones globales de circulación del viento.....	6
1.2.3 Tipos de vientos.....	7
1.2.4 Clasificación de los vientos locales .....	7
1.2.4 Velocidad del Viento. ....	9
1.2.5 Relación potencia mecánica – velocidad del viento .....	11
1.3 Influencia de la Altura Sobre el Suelo .....	14
1.4 Aerogenerador .....	15
1.4.1 Tipos de aerogeneradores.....	15
1.4.2. Componentes de un aerogenerador de flujo axial.....	20
1.4.2.1 Rotor o turbina eólica .....	20
1.4.2.2 Generador.....	21
1.4.2.3. Estator .....	21

1.4.2.4	Sistema de Orientación y Protección.....	21
1.4.2.5	Torre.....	22
1.4.3	Radiación Solar .....	23
1.4.3.1	Tipos de Pérdidas de Radiación de la Atmosfera al Suelo.....	24
1.4.3.2	Factores Atmosféricos .....	25
1.4.3.3	Factores de orientación y alineación.....	27
1.4.3.4	Orientación del panel fotovoltaico.....	28
1.4.3.5	Inclinación del panel fotovoltaico.....	29
1.4.4	Principio de Funcionamiento.....	30
1.4.4.1	Energía Solar Fotovoltaica .....	30
1.4.4.2	Células Fotovoltaicas.....	31
1.4.4.3	Tipos de células fotovoltaicas .....	32
1.4.4.4	Curva Característica de una Célula.....	33
1.4.4.5	Cálculo del Número de paneles .....	35
1.4.4.6	Cálculo y selección del número de paneles solares .....	36
1.4.4.7	Tamaño del Sistema Fotovoltaico .....	36
1.4.4.8	Cálculo y selección del conductor.....	37
1.5	Radiación en el Ecuador .....	39
1.6	Análisis de eficiencia energética y uso racional de energía.....	41
1.7	Descripción del sistema de generación eléctrica híbrido .....	42
1.7.1	Descripción de la maquina eólica .....	43
1.8	Componentes del sistema solar fotovoltaico .....	44
1.8.1	Paneles solares fotovoltaicos .....	45
1.8.2	HPS (Paneles solares fotovoltaicos).....	48
1.8.3	Regulador o Controlador de carga.....	49
1.8.4	Inversor de voltaje.....	50
1.8.5	Baterías o acumuladores.....	51
<b>CAPÍTULO II .....</b>		<b>53</b>
<b>2. INVESTIGACIÓN DE CAMPO.....</b>		<b>53</b>
2.1	Tipo de Investigación.....	53
2.1.2	Metodología.....	54
2.1.3	Hipótesis .....	55
2.1.4	Variables e indicadores .....	55
2.1.5	Fuente de Datos Primarios .....	56

2.1.6	Fuente de Datos Secundarios.....	56
2.2	Población.....	57
2.2.1	La parroquia “Aláquez” .....	57
2.2.2	Comunidad de San Isidro .....	58
2.2.3	Descripción del sitio del Proyecto .....	58
2.2.4	Requerimientos básicos de energía eléctrica en una casa comunal.....	59
2.3	Recopilación de la información.....	60
2.3.1	Velocidades del viento en la provincia de Cotopaxi .....	60
2.3.2	Tipo de viento en el lugar del proyecto.....	62
2.4	Velocidades del viento tomadas en la zona de San Isidro .....	63
2.5.	Tablas de Radiación de la Provincia de Cotopaxi .....	65
2.6.	Mediciones de la radiación solar tomadas en la zona donde se instaló el proyecto.....	66
<b>CAPITULO III.....</b>		<b>70</b>
<b>3. PROPUESTA .....</b>		<b>70</b>
3.1	Sistema de generación híbrida eólico-solar.....	70
3.1.1	Dimensionamiento del sistema híbrido.....	71
3.1.3	Curva de potencia del viento .....	74
3.2	Dimensionamiento del sistema solar fotovoltaico .....	75
3.2.1	Energía total de consumo .....	75
3.2.2	Dimensionamiento del Panel solar, Regulador, Inversor y Batería .....	76
3.2.3	Cálculo y selección del número de paneles solares de la propuesta .....	78
3.2.3.1	Método de selección del número de paneles.....	78
3.2.4	Cálculo y selección del regulador de carga aplicada en el proyecto.....	80
3.2.5	Selección del inversor .....	80
3.2.6	Cálculo y selección del conductor .....	82
3.3.	Elección del Sistema de Generación Eléctrica Híbrido a Implementarse .....	85
3.3.1	Selección del Aerogenerador .....	85
3.3.2	Estructura y desempeño .....	86
3.3.3	Aplicaciones principales .....	86
3.3.4	Desempeño de la turbina.....	87
3.3.5	Selección de los paneles fotovoltaicos.....	88
3.3.6	Selección del controlador de carga .....	89
Conclusiones y Recomendaciones .....		90

Conclusiones.....	90
Recomendaciones.....	91
BIBLIOGRAFÍA .....	92
ANEXOS	

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1.1:</b> Brisa diurna del valle .....	5
<b>Gráfico 1. 2:</b> Brisa nocturna de montaña.....	5
<b>Gráfico 1.3:</b> Representación del patrón global de circulación de vientos.....	7
<b>Gráfico 1.4:</b> Rosas de viento características para un flujo dominante dentro de un valle en una planicie sur y sur y por encima de las elevaciones extremas de un valle. ....	10
<b>Gráfico 1.5:</b> Diversos tipos de Anemómetros .....	10
<b>Gráfico 1.6:</b> Interacción del rotor con el Flujo de Aire .....	12
<b>Gráfico 1.7:</b> Interacción del rotor con el Flujo de Aire .....	14
<b>Gráfico 1.8:</b> Aerogeneradores de eje horizontal.....	17
<b>Gráfico 1.9:</b> Veletas de orientación para ejes horizontales.....	17
<b>Gráfico 1.10:</b> Veletas de orientación para ejes vertical Darrieus. ....	18
<b>Gráfico 1.11:</b> Esquema de instalación eólica de baja potencia con acumulador.....	20
<b>Gráfico 1.12:</b> Dimensiones y estructura de la veleta. ....	22
<b>Gráfico 1.13:</b> Radiación visible por el ojo humano.....	24
<b>Gráfico 1.14:</b> Radiación directa y difusa (atenuación por las nubes y la de Albedo).....	24
<b>Gráfico 1.15:</b> Pérdidas de radiación de la atmosfera al suelo. ....	26
<b>Gráfico 1.16:</b> Ángulo de inclinación solar/panel fotovoltaico. ....	27
<b>Gráfico 1.17:</b> Ángulo de Orientación.....	29
<b>Gráfico 1.18:</b> Ángulo de Orientación.....	29
<b>Gráfico 1.19:</b> Curva característica de la célula Fotovoltaica.....	33
<b>Gráfico 1.20:</b> Pérdidas de resistencia, aumento de la intensidad. ....	33
<b>Gráfico 1.21:</b> Área máxima de producción de potencia de la célula .....	33
<b>Gráfico 1.22:</b> Punto de máximo trabajo de la célula. ....	33
<b>Gráfico 1.23:</b> Curva I-V para distintas intensidades de iluminación.....	34
<b>Gráfico 1.24:</b> Distribución de la radiación en el Ecuador.....	40
<b>Gráfico 1.25:</b> Distribución de la radiación en el Ecuador.....	42
<b>Gráfico 1.26:</b> Conjunto de Subsistemas que conforman una Máquina Eólica .....	44
<b>Gráfico 1.27:</b> Elementos de un panel fotovoltaico .....	45
<b>Gráfico 1.28:</b> Paneles solares con exposición solar colocados en el proyecto .....	47
<b>Gráfico 1.29:</b> Diagrama HPS (horas de picos solar).....	48
<b>Gráfico 1.30:</b> Conexiones del regulador de carga.....	49
<b>Gráfico 1.31:</b> Regulador Inversor de voltaje 600 VA.....	50
<b>Gráfico 1.32:</b> Baterías de almacenamiento.....	52

<b>Gráfico 2.1:</b> Velocidad media del viento en KT .....	61
<b>Gráfico 2.2:</b> Anemómetro digital .....	64
<b>Gráfico 2.3:</b> Promedio velocidad de viento Año 2015 .....	65
<b>Gráfico 2.4:</b> Valores de radiación solar Enero 2015.....	67
<b>Gráfico 2.5:</b> Valores de radiación solar Febrero 2015.....	68
<b>Gráfico 2.6:</b> Valores de radiación solar marzo 2015 .....	68
<b>Gráfico 2.7:</b> Promedio radiación Solar trimestral 2015 .....	69
<b>Gráfico 3.1:</b> Curva potencia del viento en condiciones normales del sector San Isidro ..	74
<b>Gráfico 3.2:</b> Latitud geográfica de San Isidro de acuerdo a googleearth.....	79
<b>Gráfico 3.3:</b> Desempeño del aerogenerador Newsky power 600w.....	87

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.1:</b> Capacidad eólica instalada en Latinoamérica.....	3
<b>Tabla 1.2:</b> Tipos de vientos.....	8
<b>Tabla 1.3:</b> Tipos de vientos.....	15
<b>Tabla 1.4:</b> Clasificación de los sistemas eólicos según su eje. ....	16
<b>Tabla 1.5:</b> Comparación de los distintos tipos de aerogeneradores .....	19
<b>Tabla 1.6:</b> Clasificación de los sistemas eólicos.....	19
<b>Tabla 1.7:</b> Tipos de torres existentes.....	22
<b>Tabla 1.8:</b> Ángulos de inclinación, función de la latitud de lugar .....	30
<b>Tabla 2.1:</b> Requerimientos de energía básica. ....	60
<b>Tabla 2.2:</b> Registro histórico de la velocidad media del viento en KT, Aeropuerto Cotopaxi .....	61
<b>Tabla 2.3:</b> Valores de la velocidad de viento de Enero a Marzo del año 2015 .....	62
<b>Tabla 2.4:</b> Tipo de viento en San Isidro .....	63
<b>Tabla 2.5:</b> Valores de la velocidad de viento del año 2015. ....	64
<b>Tabla 2.6:</b> Promedio de la velocidad de viento del año 2015. ....	64
<b>Tabla 2.7:</b> Valores de irradiación de Cotopaxi y Latacunga.....	65
<b>Tabla 2.8:</b> Promedio de radiación solar Enero a Febrero 2015 .....	66
<b>Tabla 2.9:</b> Valores de radiación solar trimestral 2015 .....	68
<b>Tabla 3.1:</b> Variación de la potencia eólica en el sector San Isidro .....	74
<b>Tabla 3.2:</b> Cargas de la casa comunal de San Isidro.....	75
<b>Tabla 3.3:</b> Calibre de conductores awg y sus diámetros de cable .....	83
<b>Tabla 3.4:</b> Calibre de conductores awg y sus diámetros de cable .....	84
<b>Tabla 3.5:</b> Características técnicas de desempeño .....	88
<b>Tabla 3.6:</b> Características del panel fotovoltaico.....	88
<b>Tabla 3.7:</b> Controlador de carga.....	89

## RESUMEN

El objetivo principal del presente trabajo de investigación es el diseño e implementación de un sistema de generación eléctrica híbrido eólico-solar, para suministrar la demanda de una casa comunal, la cual se obtendrá aprovechando los recursos energéticos naturales como el viento y el sol.

Para el diseño del sistema de generación híbrido se escogió la casa comunal del sector San Isidro Alto de la Parroquia Alaquez del cantón Latacunga de la provincia de Cotopaxi. Los datos obtenidos de la radiación solar y la velocidad del viento durante las 24 horas del día, en el año, se recopiló de las Normas Ecuatorianas de la Construcción y del Aeropuerto Internacional de Carga, obteniendo una insolación solar promedio de 4320Wh/m<sup>2</sup> en el día, una heliofanía promedio de 4,3 horas/día y una velocidad de viento promedio de 5 m/s en el día.

Con los resultados obtenidos se dimensionó un Aerogenerador de 600W y el panel solar con capacidad de 217Wp, un banco de baterías de 100Ah a 24 V, controlador de carga de 30A, inversores de 600W de 24V/120V.

Se implementó una turbina de eje vertical con medidas de 1.40 metros de alto y una base de 0.75 metros elaborado de aleación de aluminio, en los extremos del eje se encuentra acoplado a una torre de 9 metros de alto, las pruebas operacionales de la turbina indican que funciona con una velocidad de viento a partir de 2 m/s, todos los elementos que corresponden al generador eléctrico híbrido diseñado y construido se encuentran colocados en la casa comunal. Con lo cual se cumplió con el objetivo de generar energía eléctrica en el sector rural.

## **ABSTRACT**

The main objective research is to design and implement a wind-solar hybrid power generation system to supply the demand in a community house, which will be obtained by using the natural energy resources such as wind and sun.

To the design of hibrid genertion system, it was choosen the community house located in San Isidro Alto-Aláquez, in Cotopaxi province. The data obtained from solar radiation and the wind speed during 24 hours, it was collected from Ecuadorian Construction Standards and the International Airport which obtained an average solar insolation of 4320Wh / m<sup>2</sup> in the day and an average of heliophany 4.3 hours in day and average wind speed of 5 m / s in the day.

The results obtained a measurement of a wind turbine and solar panel 600W capable of 217Wp with a 100Ah battery bank to 24 Va, charge controller of 30A, 600W 24V / 120V was investors.

It was implemented a vertical axis turbine measures with 1.40 meters high and a base of 0.75 meters it was elaborated of aluminum alloy at the ends of the shaft is coupled to a tower of 9 meters high was implemented, operational tests of the turbine show that it works with a wind speed from 2 m/s, all of the elements corresponding a hybrid electric generator designed and built in the community house which was generate electricity in the rural area.



## **AVAL DE LA TRADUCCIÓN DEL IDIOMA INGLÉS**

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro Cultural de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que: La traducción del resumen de tesis al Idioma Inglés presentado por el señor Egresado de la Carrera de Ingeniería Eléctrica de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas: **ITURRALDE AYALA JOSÉ ROBERTO**, cuyo título versa **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN ELÉCTRICO SOLAR Y EÓLICO PARA UNA CASA COMUNAL UBICADA EN EL SECTOR SAN ISIDRO ALTO PERTENECIENTE A LA PARROQUIA DE ALÁQUEZ DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI EN EL PERIODO 2014-2015”**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

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

Latacunga, 20 de Septiembre del 2015

Atentamente,

Msc. Verónica Alexandra Rosales Pijal

**DOCENTE CENTRO CULTURAL DE IDIOMAS**

**C.C. 100310698-4**

## INTRODUCCIÓN

La energía eléctrica es sinónimo de progreso y prosperidad, ya que es uno de los pilares fundamentales para el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes de este planeta.

En la actualidad el uso de energías alternativas y renovables, como fuentes sustitutivas de las energías derivadas del petróleo y del carbón, proporcionan no solo alternativas para ir avanzando en el cuidado y mantenimiento del medio ambiente, sino que permiten disminuir la crisis de tipo económico y social, generada por el agotamiento de las reservas mundiales de las energías no renovables.

El proceso de sensibilización social para hacer uso de energías limpias y renovables debe iniciarse desde la escuela y desde los mismos núcleos familiares, ya que estas transformaciones de beneficio social forman parte de la cultura y riqueza de los pueblos.

En consecuencia con el compromiso social, con nuestra comunidad y con las futuras generaciones, se ha decidido contribuir con el ambiente libre de contaminación que se produce con el inadecuado uso de las fuentes actuales de energía. Para los efectos anteriores se presenta a la comunidad y a la academia de la universidad el proyecto denominado:

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN ELÉCTRICO SOLAR Y EÓLICO PARA UNA CASA COMUNAL UBICADA EN EL SECTOR SAN ISIDRO ALTO PERTENECIENTE A LA PARROQUIA DE ALÁQUEZ DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI EN EL PERIODO 2014-2015”**

# **CAPÍTULO I**

## **FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

### **1.1 Antecedentes**

Una de las necesidades básicas para el bienestar del ser humano y el buen vivir es el aprovechamiento y uso racional de la energía eléctrica sin contaminar el ambiente ni causar ningún impacto que modifique nuestro ecosistema buscando así un desarrollo sustentable para nuestra sociedad.

Esto implica cubrir las necesidades reales de energía eléctrica que tienen los habitantes de las zonas rurales alejadas de las redes convencionales, como es el caso del sector San Isidro Alto de la Parroquia Aláquez Cantón Latacunga de la Provincia de Cotopaxi el cual se logra con el diseño e implementación de un sistema de generación eléctrico eólico-solar.

Estas energías representan el presente y futuro, ya que son fuentes inagotables y representan un peligro mínimo para el ambiente, la energía eólica y solar es la solución más adecuada para esta zona rural por estar en lugares geográficamente privilegiado por la influencia de los vientos de montaña y a su alta incidencia de radiación solar.

Por lo tanto el lugar geográfico escogido para la presente investigación hace factible la implementación de un generador eólico y solar ya que existen variadas corrientes de aire y alta incidencia de radiación solar que pueden ser aprovechadas para la generación de energía eléctrica.

## 1.2 La Energía Eólica

El uso de energías producida por el viento data desde épocas muy remotas, es a partir de los siglos XII y XIII cuando se empieza a explotar este recurso unas de estas evidencias de esto es, que antes de la era cristiana, los persas la usaron para la molienda de granos y el bombeo de agua. En Europa, en especial en los Países Bajos e Inglaterra, la energía eólica fue utilizada intensamente durante los siglos XVI y XVII a través de molinos de viento artesanales para la molienda de granos y bombeo de agua así se pueden mencionar más.

A fines del siglo XIX, el francés Paul La Cour hace el primer intento de introducir las ecuaciones para determinar su comportamiento físico y construye un pequeño aerogenerador. Sin embargo, los grandes avances sobre la tecnología y el uso del viento como fuente energética se producen durante las tres últimas décadas. Esto se debe, entre otras cosas, por un lado a la llamada crisis energética (ampliamente difundida entre fines de la década del 60 y comienzos de la del 70) y, por otro, a los efectos contaminantes que los hidrocarburos producen al medio ambiente (1)

En la actualidad, el país que lidera en Latinoamérica en cuanto a la explotación y uso de la energía eólica es Brasil como se puede observar en la tabla 1.1 debido a grandes inversiones en el sector Eléctrico. Además para los próximos años los países como Brasil, Argentina, Chile, México y Costa Rica añadirán en sus proyectos eólicos más de 2000MW de generación eléctrica ya que cuentan con plantas de producción de equipos eólicos (2)

**TABLA 1.1**  
**CAPACIDAD EÓLICA INSTALADA EN LATINOAMÉRICA**

PAÍS	MW
Brasil	247
México	88
Costa Rica	74
Caribe – varios	57
Argentina	27
Chile	20
Colombia	19.5
Cuba	7
Uruguay	5
Ecuador	2.5
Perú	1
<b>TOTAL</b>	<b>550</b>

**Fuente:** Latin American Wind Energy Association (LAWEA)

La energía eólica es una fuente poco contaminante y agresiva con el medio ambiente, el crecimiento anual ronda el 30%, la potencia media de los aerogeneradores es cada vez mayor y disminuye el precio de cada MW instalado.

La energía eólica está siendo, cada vez más, una alternativa creíble, deseable y económicamente viable a los combustibles fósiles en la generación de electricidad, debido tanto al agotamiento progresivo de dichos combustibles, como a la potenciación de los aspectos medioambientales (3)

La energía eólica es la fuente no convencional de energía renovable preferida en los proyectos de generación “limpios”, puesto que es una energía fiable y altamente predecible y controlable. La implementación de instalaciones de generación a partir del viento está empezando a tener un impacto significativo en la reducción del calentamiento global y proporciona una protección contra la escalada de precios de los combustibles fósiles (4)

Por todas las razones expuestas el presente trabajo de investigación está encaminado a solucionar una parte de los problemas de suministro de energía eléctrica que padecen un gran grupo de ecuatorianos que viven en zonas rurales alejadas y en particular el del sector de la Parroquia de Aláquez del cantón Latacunga en la comunidad de San Isidro.

Que mediante la utilización de energías renovables se pretende cubrir esta necesidad, para este caso se utilizará el viento y el sol en la producción de energía eléctrica con la implementación de un sistema híbrido de generación eléctrica.

## **1.2 El Viento**

### ***1.2.1 Origen del viento***

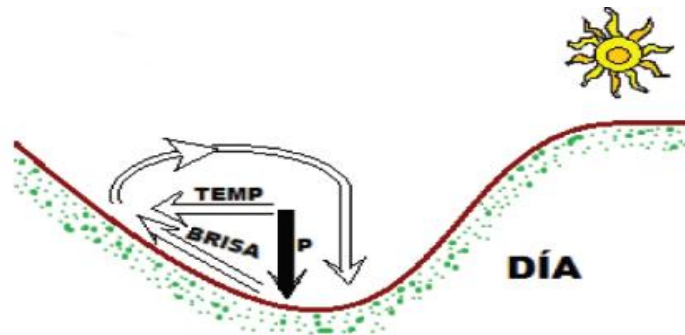
Aquel fenómeno tan perceptible pero que pasa tan desapercibido ante nosotros, el viento. Del cual se abordará solamente algunas características del viento que serán útiles para el diseño y construcción del aerogenerador; además se hará una referencia a las características del viento de superficie que se producen por efecto de la rugosidad de la superficie de la tierra debido a la formación de valles y sistemas montañosos.

En el caso del Ecuador, por estar situado en la línea equinoccial los vientos son locales y se producen por diferencias térmicas entre los valles, en la zona de Los Andes o en las costas a causa de las brisas marinas (5)

Ya que después de terminado el ocaso y comenzando el alba y debido al calentamiento de las laderas del valle, tienen lugar efusiones de aire que se dirige ascendentemente, estos se conocen como vientos anabáticos. Pasadas las horas y llegado el momento cuando el sol se halla en su máxima altura, las corrientes ascendentes obtienen fuerza suficiente para permitir el ascenso de aire calentado valle arriba.

Estas aumentan mientras sigue pasando el tiempo durante el día siendo así que para el final de las horas de sol también finaliza los vientos de ladera quedando solamente el viento que se dirige valle arriba (6)

**GRÁFICO 1.1**  
**BRISA DIURNA DEL VALLE**



**FUENTE:** Medina M. (1994), Iniciación a la meteorología, editorial Pavamiento, Madrid

Concluido el día y ya después que el sol se ha puesto, ocurre un enfriamiento terrestre rápido así que el régimen en el que circula el viento se invierte, provocando esto vientos catabáticos, que son vientos de ladera descendentes, estos son crecientes y tienen como resultado de su apareamiento un flujo descendente de aire enfriando en todo el valle en dirección a los llanos desde la zona montañosa.

**GRÁFICO 1.4**  
**BRISA NOCTURNA DE MONTAÑA**



**FUENTE:** Medina M. (1994), Iniciación a la meteorología, editorial Pavamiento, Madrid

En horas de la noche, las brisas que ocurren en la montaña suelen tener más fuerza comparadas con las diurnas de valle, llegando a registrarse en algunos lugares hasta los 11 m/s (6)

### ***1.2.2. Patrones globales de circulación del viento.***

La atmósfera está constituida mayormente por oxígeno, nitrógeno y vapor de agua, se caracteriza por su presión, que varía con la altura.

La radiación solar se absorbe de manera muy distinta en los polos que en el Ecuador, a causa de la redondez de la tierra. Es pues que la energía absorbida en nuestro país es mucho mayor a la de la absorbida en los polos (7)

Estas variaciones de temperatura, provocan cambios en la densidad de las masas de aire, por lo que se desplazan en diferentes latitudes. Estas traslaciones se realizan desde las zonas en que la densidad del aire (presión atmosférica) es alta en dirección a las de baja presión atmosférica.

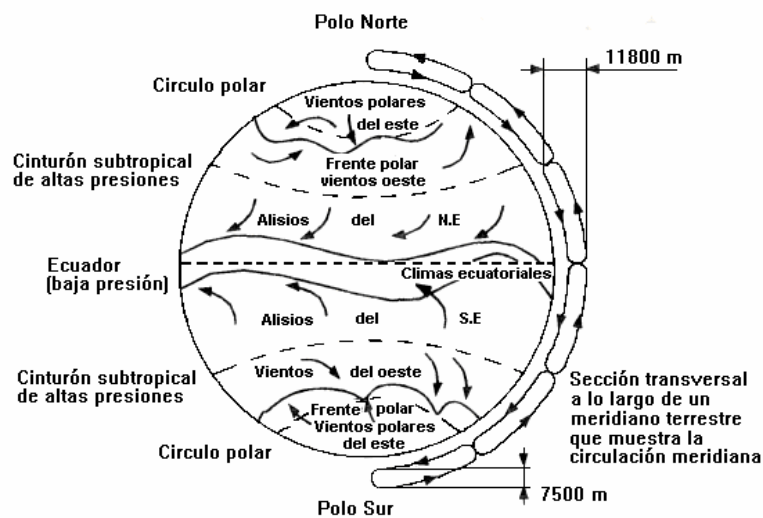
Se establece así, cierto equilibrio por transferencia de energía hacia las zonas de temperaturas extremas, que sin esto serían inhabitables. Existen otros desplazamientos que se ejercen perpendicularmente a la dirección del movimiento de las masas de aire, hacia la derecha en el hemisferio norte, y hacia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

El viento se caracteriza entonces, por dos grandes variables respecto al tiempo: la velocidad y la dirección. La velocidad incide más directamente que la dirección en el rendimiento de la estación (8)

A escala global las regiones alrededor del Ecuador reciben una ganancia neta de energía mientras que en las regiones polares hay una pérdida clara de energía por radiación (9)

En la siguiente figura se puede observar el patrón de circulación de los vientos.

**GRÁFICO 1.3**  
**REPRESENTACIÓN DEL PATRÓN GLOBAL DE CIRCULACIÓN DE**  
**VIENTOS.**



**Fuente:** Pinilla S. 1997 Manual de Aplicación de la Energía Eólica

### **1.2.3 Tipos de vientos**

Estos dependen primordialmente de la ubicación geográfica de cada país, el Ecuador está situado en Sudamérica y es atravesado por la línea ecuatorial por lo tanto se halla en la zona tórrida del continente americano, está ubicado entre los paralelos  $1^{\circ} 30.0''$  N. y  $03^{\circ} 23.5''$  S., y los meridianos  $75^{\circ} 12.0''$  W. y  $81^{\circ} 00.0''$  W. Además tiene tres cadenas montañosas, las cuales cruzan de norte a sur y posee una variada gama de climas (10)

### **1.2.4 Clasificación de los vientos locales**

Los vientos son masas de aire en movimiento. Este movimiento siempre se produce por altas y las bajas presiones. Los vientos son consecuencia de las

diferencias de presión que se dan en la Atmósfera, debidas en su mayor parte a las diferencias de temperaturas (11)

Estos se resumen en la siguiente tabla:

**TABLA 1.2**  
**TIPOS DE VIENTOS**

<b>Clasificación</b>	<b>Características</b>
Vientos regulares	Corren en forma permanente siguiendo una dirección determinada.
Vientos variables	Son aquellos que constantemente varían de dirección que siguen, debido a la influencia de ciertos fenómenos atmosféricos.
Vientos ocasionales o periódicos	Se presentan ocasionalmente o en cierto periodo determinado.
Vientos Alisios	Soplan de los polos y se dirigen a la línea ecuatorial siguiendo una trayectoria de Noroeste y Suroeste, del polo Norte y Sur respectivamente
Vientos Contralisios	Corren desde la Zona Tórrida que se encuentran más cerca de la línea ecuatorial hacia los polos, es decir siguiendo una dirección contraria a los Alisios.
Vientos de Drenaje	Se originan durante la estación fría, acumulando grandes cantidades de aire frío los altiplanos y zonas montañosas, este aire tiende a fluir por las laderas acumulándose en los valles y planicies y llegando hasta la costa como una brisa moderada y débil; sin embargo, cuando se aproxima a través de las grietas de las montañas, valles y cañones, el aire frío es acelerado y llegará como una cascada de aire frío con vientos fuertes, normalmente la diferencia de temperatura entre la costa y el interior será tan grande que el aire llegará a la costa como una corriente fría, los cuales son particularmente fuertes y algunas veces destructivos.

**Fuente:** Construcción de un Generador Eólico de bajas revoluciones & Endara. L y Toctaguano. C. 2011

<http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/1318/1/T-UTC-0910.pdf>

### ***1.2.4 Velocidad del Viento.***

La velocidad y fuerza del viento es esencial en máquinas eólicas, de esto depende el óptimo funcionamiento del equipo.

“velocidad del viento”, 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, gráfica No.1.4 (12)

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.

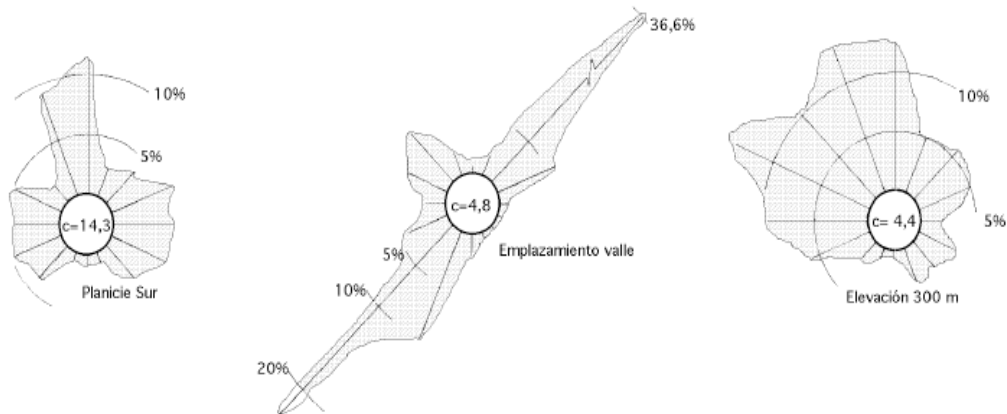
Para realizar las medidas de las velocidades del viento se utilizan los anemómetros; existen muy diversos tipos de estos aparatos, que en un principio se pueden clasificar en anemómetros de rotación y anemómetros de presión.

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 (13)

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

## GRÁFICO 1.4

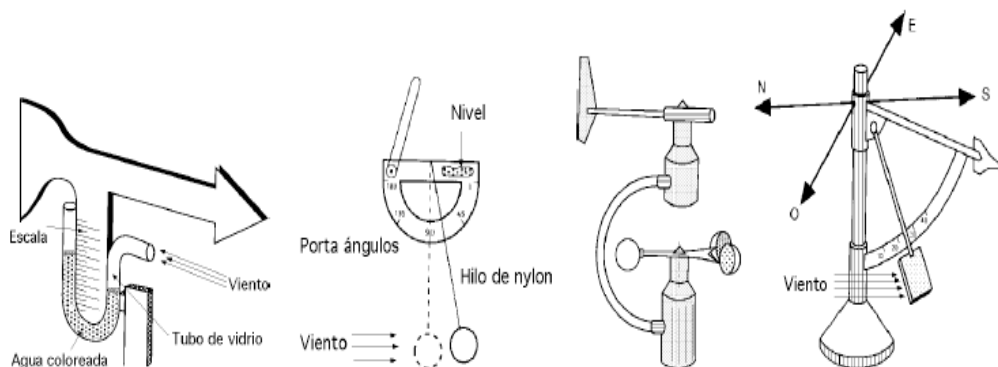
ROSAS DE VIENTO CARACTERÍSTICAS PARA UN FLUJO DOMINANTE DENTRO DE UN VALLE EN UNA PLANICIE SUR Y SUR Y POR ENCIMA DE LAS ELEVACIONES EXTREMAS DE UN VALLE.



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

## GRÁFICO 1.5

DIVERSOS TIPOS DE ANEMÓMETROS.



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

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.

La ráfaga es un aumento brutal y de corta duración de la velocidad del viento, propio de tormentas y borrascas.

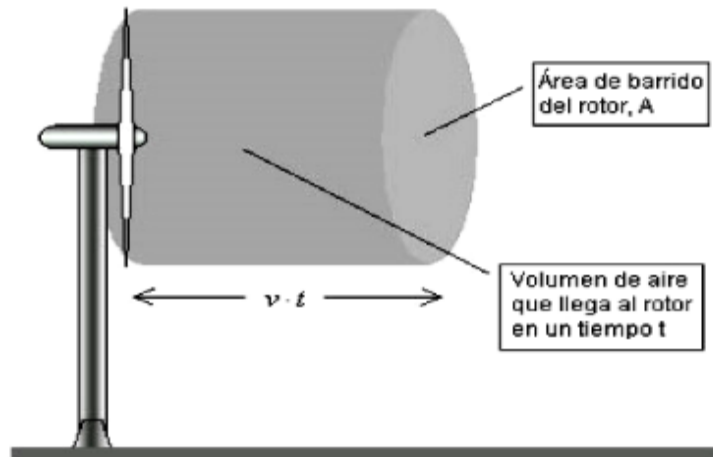
El *golpe de viento* concierne a la velocidad media del viento, cuando sobrepasa los 34 nudos, 62 km/hora, y es una señal de advertencia, sobre todo para la navegación marítima. Un golpe de viento corresponde a una velocidad media del viento comprendida entre 75 y 88 km/hora (13)

### ***1.2.5 Relación potencia mecánica – velocidad del viento***

El funcionamiento de un aerogenerador inicia cuando este capta la energía cinética del viento por medio del rotor y las aspas, para luego transformar esta energía cinética en energía eléctrica

Para deducir la formula correspondiente: Considere la figura 1.7 siguiente donde una cierta masa “m” de aire atraviesa las palas de rotor en un tiempo “t”:

**GRÁFICO 1.6**  
**INTERACCIÓN DEL ROTOR CON EL FLUJO DE AIRE**



Fuente: ENERGÍA EÓLICA.

La energía cinética de la masa de aire, " $m$ ", moviéndose a una velocidad, " $v$ ", responde a la expresión:

$$E = \frac{1}{2}mv^2$$

Ec: 01

Si el volumen de aire que se mueve es " $V$ " y tiene una densidad " $\rho$ " su masa será:  $m = V\rho$ , con lo que su energía cinética será:

$$Ec = \frac{1}{2}\rho Vv^2$$

Ec: 02

La cantidad de aire que llegará al rotor de un aerogenerador en un tiempo " $t$ " dependerá de: el área de barrido del rotor " $A$ " y de la velocidad del viento (1)

El volumen del aire que llega al rotor será:

$$V = Avt$$

Ec:03

La energía cinética que aporta el aire al rotor en un tiempo "t" será:

$$Ec = \frac{1}{2} \rho A t v^3$$

Ec:04

$$Ec = \frac{1}{2} \rho A t v^3$$

Ec:05

Y la potencia aportada al rotor será: (1)

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

Ec:06

A es el área del rotor tal que  $A = (\pi \cdot D^2) / 4$  y D es el diámetro del rotor, esto es la longitud de la pala.

$$A = (\pi \cdot D^2) / 4$$

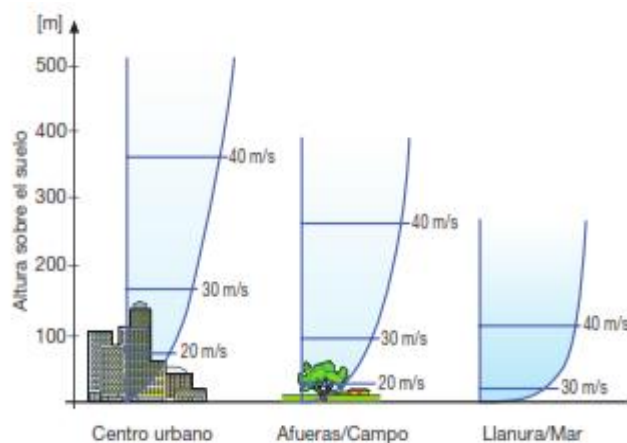
Ec:07

Aquí radica la importancia de conocer el comportamiento del viento en cualquier zona donde se evalúe y se desee instalar un aerogenerador. Cabe señalar que el análisis anterior corresponde a turbinas eólicas del tipo hélice de eje horizontal, que es el usado en nuestro proyecto y en la mayoría de los casos (12)

### 1.3 Influencia de la Altura Sobre el Suelo

La velocidad del viento depende de la altura dada sobre el suelo, así también la fricción entre el aire y el terreno frena el viento en las proximidades del suelo, lo cual provoca un perfil de velocidad en función de la altura. La variación de la velocidad con la altura depende en gran medida de la naturaleza del terreno (rugosidad) y de los obstáculos que esté presente (edificios, arboles, rocas, etc.), como se muestra en la figura

**GRÁFICO 1.7**  
**PERFIL VERTICAL DEL VIENTO**



Fuente: [www.abb.es/bajatencion](http://www.abb.es/bajatencion)

Para la instalación del aerogenerador hay que tomar en cuenta el tipo de emplazamiento donde se quiere instalar este tipo de sistema de generación.

En la ecuación 18 permite calcular el perfil de velocidad del viento en función de la altura, siempre que se conozca la velocidad del viento  $V_0$  a la altura  $Z_0$  (mediante medidas anemométricas) y la rugosidad del suelo  $\alpha$  (15)

$$V_1 = V_0 \cdot \left( \frac{Z_1}{Z_0} \right)^\alpha$$

Para el cálculo, se puede tomar como valores indicadores del coeficiente  $\alpha$  los que se dan en la tabla

**TABLA 1.3**  
**TIPOS DE VIENTOS**

<b>Coeficiente <math>\alpha</math></b>	<b>Descripción</b>
0.09	Mar en calma
0.12	Zonas agrícolas abiertas con presencia limitada de obstáculos de poca altura
0.16	Zonas agrícolas abiertas con presencia limitada de obstáculos de poca altura media (6-8 m)
0.20	Zonas agrícolas abiertas con presencia numerosa de poca altura media (6-8 m)
0.30	Zonas urbanas, bosques

Fuente: [www.abb.es/bajatencion](http://www.abb.es/bajatencion)

## **1.4 Aerogenerador**

Las máquinas empleadas para transformar la fuerza cinética del viento en electricidad reciben el nombre de turbinas eólicas o aerogeneradores. Estos se colocan sobre una columna o torre debido a que la velocidad del viento aumenta con la altura respecto al suelo (11)

### ***1.4.1 Tipos de aerogeneradores***

Los aerogeneradores principalmente se clasifican de acuerdo a la orientación de su eje de rotación, es así que durante varios años de investigación se han desarrollado varios tipos de aerogeneradores los mismos que se va a tratar de resumir en la tabla (1.4) (10)

**TABLA 1.4**  
**CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS EÓLICOS SEGÚN SU EJE.**

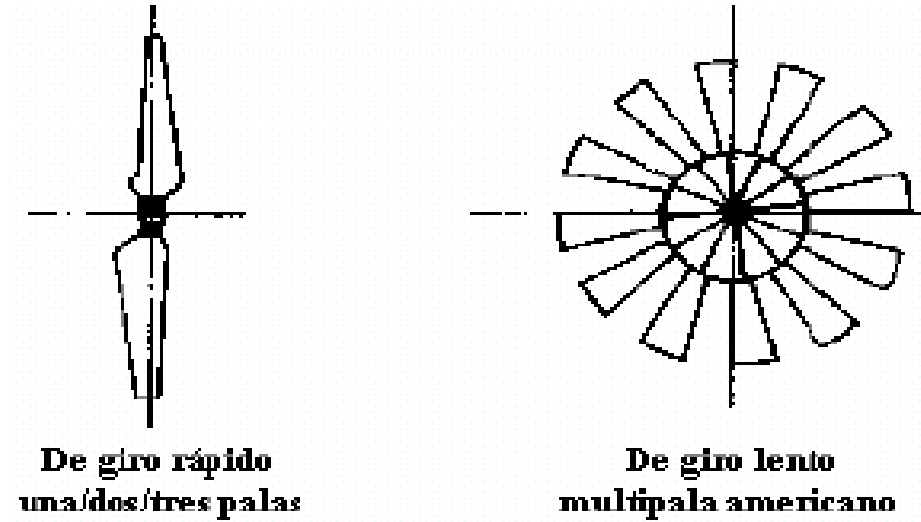
<b>Tipos</b>	<b>Características</b>
Los Sistemas de Conversión de energía eólica de eje Horizontal	Estas máquinas están constituidas por una aeroturbina tipo rotor, que acciona un alternador eléctrico. El número de palas es, normalmente, de dos o tres, si bien existe también en la actualidad un prototipo de aerogenerador monopala. El principio de extracción de energía del viento es tal como sucede con los perfiles en las alas de los aviones. (Ver fig. 1. 8).
Los Sistemas de Conversión de Eje Vertical	<p>Máquina de rotor tipo Savonious, cuya aleta recta tiene forma de S y en la que la acción fundamental del viento sobre ella tiene el carácter de resistencia. Esta máquina tiene un rendimiento bajo. (Ver fig. 9).</p> <p>Máquinas de rotor tipo Darrieus integrada por varias palas recta tiene la forma de un perfil aerodinámico. Las palas están unidas por sus extremos al eje vertical, estando arqueadas en una forma similar a la que tomaría una cuerda girando alrededor del eje, el ingenio resulta muy difícil de creer, que pueda girar por la acción del viento. Su funcionamiento resulta más lioso como ocurre con rotores de tipo hélice. (Ver fig. 10).</p>

**Fuente:** Construcción de un Generador Eólico de bajas revoluciones&

Endara. L y Toctaguano. C. 2011

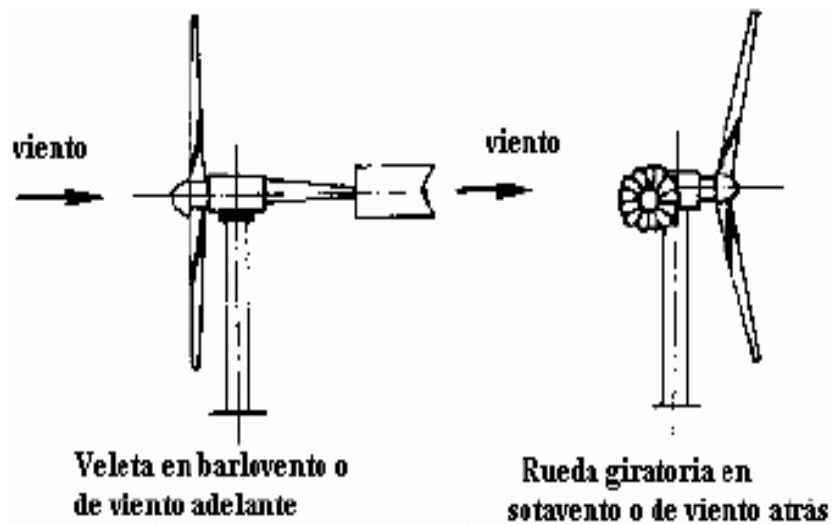
<http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/1318/1/T-UTC-0910.pdf>

**GRÁFICO 1.8**  
**AEROGENERADORES DE EJE HORIZONTAL**



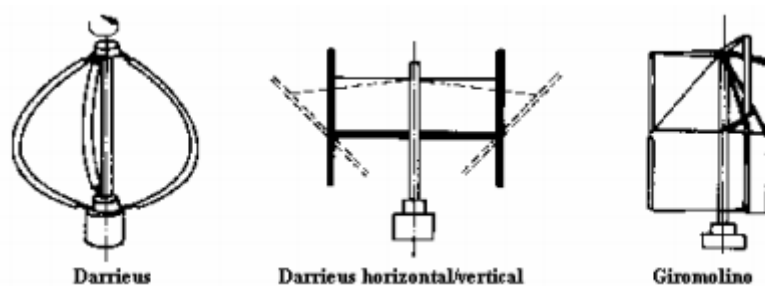
Fuente: ENERGÍAS RENOVABLES Conceptos y Aplicaciones.

**GRÁFICO 1.9**  
**VELETAS DE ORIENTACIÓN PARA EJES HORIZONTALES**



Fuente: ENERGÍAS RENOVABLES Conceptos y Aplicaciones.

**GRÁFICO 1.10**  
**VELETAS DE ORIENTACIÓN PARA EJES VERTICAL DARRIEUS**



**Fuente:** ENERGÍAS RENOVABLES Conceptos y Aplicaciones.

Las ventajas que presentan los aerogeneradores de eje horizontal son las siguientes:

<b>VENTAJAS DEL AEROGENERADOR DE EJE HORIZONTAL</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Su rendimiento es mayor que los de eje vertical</li> <li>- Su velocidad de rotación es más elevada que los aerogeneradores Darrieus, por lo que requieren cajas de engranaje con menor relación de multiplicación</li> <li>- La superficie de la pala es menor que en los modelos de eje vertical para una misma área barrida</li> <li>- Los sistemas de sujeción de los modelos Darrieus impiden elevar la turbina tanto como en los modelos de eje horizontal</li> </ul>
---	---

**Fuente:** Construcción de un Generador Eólico de bajas revoluciones& Endara. L y Toctaguano. C. 2011  
<http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/1318/1/T-UTC-0910.pdf>

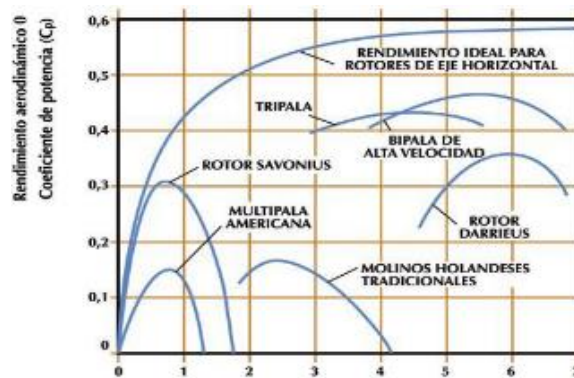
Como contrapartida, los aerogeneradores Darrieus tienen las siguientes ventajas:

<b>AEROGENERADORES DARRIEUS</b>	Su simetría vertical hace innecesario el uso de un sistema de orientación, como ocurre con las máquinas de eje horizontal para alinear el eje de la turbina con la dirección del viento.
	La mayoría de los componentes que requieren mantenimiento están localizados a nivel del suelo.
	No requieren mecanismo de cambio de paso en aplicaciones a velocidad constante

**Fuente:** Construcción de un Generador Eólico de bajas revoluciones& Endara. L y Toctaguano. C. 2011  
<http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/1318/1/T-UTC-0910.pdf>

En la tabla siguiente se pueden observar los rendimientos aerodinámicos de los distintos tipos de aerogeneradores.

**TABLA 1.5**  
**COMPARACIÓN DE LOS DISTINTOS TIPOS DE AEROGENERADORES**



**Fuente:** La energía eólica en la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia

En la siguiente tabla se describen las características de los sistemas eólicos.

**TABLA 1.6**  
**CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS EÓLICOS**

Clasificación	Características
Sistemas de baja potencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Son máquinas pequeñas que se utilizan para alimentar cargas que están alejadas de las redes eléctricas, se combinan con bancos de baterías para almacenar la electricidad. (Ver fig. 11).</li> <li>• Suministran una potencia inferior a los 150 Kw.</li> <li>• Sistema de abastecimiento totalmente autónomo y con una calidad de electricidad muy alta.</li> </ul>
Sistemas de media potencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La potencia media de generación ronda los 150 Kw.</li> <li>• Estos sistemas se aplica a colectividades mayores,</li> <li>• Su utilización es como fuente complementaria conectada a la red local.</li> </ul>
Sistemas de alta potencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Son máquinas de gran tamaño que se conectan a una red eléctrica.</li> <li>• Los tamaños, en cuanto a producción de potencia se refiere, oscilan entre 300 Kw. y 2.500 Kw.</li> </ul>

**Fuente:** Construcción de un Generador Eólico de bajas revoluciones & Endara. L y Toctaguano. C. 2011

<http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/1318/1/T-UTC-0910.pdf>

**GRÁFICO 1.11**  
**ESQUEMA DE INSTALACIÓN EÓLICA DE BAJA POTENCIA CON**  
**ACUMULADOR**



**Fuente:** La energía eólica en la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.

### *1.4.2. Componentes de un aerogenerador de flujo axial*

Un generador eólico de flujo axial consta de las siguientes partes:

- Rotor o turbina eólica
- Generador
- Estator
- Sistema de orientación y protección
- Torre

#### *1.4.2.1 Rotor o turbina eólica*

Es un elemento mecánico formado por hélices o palas que giran sobre un eje perpendicular al plano formado por ellas. El número de palas puede variar desde rotores contruidos con una sola pala, hasta los llamados rotores multipala que pueden tener una docena de palas o más, como los utilizados en los típicos molinos para bombear agua.

Los materiales empleados en la construcción de palas también son muy variados: madera, chapas metálicas, compuestos de resinas y telas de fibras,

etc. Hay que tener en cuenta que las palas están sometidas a grandes esfuerzos debido a las potencias que deben transmitir al eje. Ello hace que sufran deformaciones debidas a flexión y torsión, además de estar sometidas a una gran fatiga, a las inclemencias atmosféricas y a los rayos solares, por lo que deben tener la suficiente resistencia (13)

#### ***1.4.2.2 Generador***

Es una máquina eléctrica que convierte la rotación de un eje en corriente eléctrica. Según el tipo de máquina, la corriente suministrada puede ser continua o alterna y dentro de esta última puede ser alterna monofásica o polifásica. Dentro de las polifásicas la más usada es la trifásica. Para el tipo de máquinas artesanales los generadores más empleados son los de corriente alterna con rotor de imanes permanentes.

Esto es una ventaja ya que no se tiene que consumir ningún tipo de energía para producir los campos magnéticos necesarios, además de evitar el uso de bobinas giratorias, colectores y escobillas que sufren desgaste y precisan mantenimiento (14)

#### ***1.4.2.3. Estator***

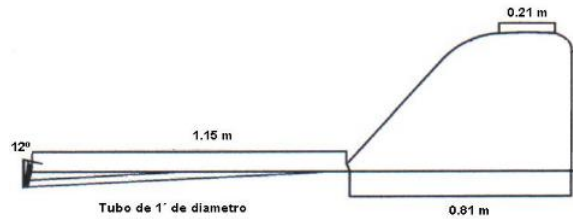
Es un componente mecánico que está formado por un soporte en forma de disco. Es la parte interna del generador, tiene características geométricas que facilitan el montaje de bobinas por las cuales atraviesan las líneas del campo magnético producido por el rotor.

#### ***1.4.2.4 Sistema de Orientación y Protección.***

Es un componente mecánico cuya función es la de orientar a la turbina, manteniéndola siempre en la dirección del viento. Este sistema está compuesto por una veleta móvil que actuará como protección cuando la velocidad del viento supere los 12 m/s. Asimismo, esta veleta está dimensionada para lograr

el equilibrio estático con el peso del conjunto turbina-generator, a fin de que su giro en la dirección del viento no presente dificultades y para evitar vibraciones (14)

**GRÁFICO 1.12**  
**DIMENSIONES Y ESTRUCTURA DE LA VELETA**



Fuente: Soluciones Prácticas, ITDG. / Fuente: Grupo investigador.

#### 1.4.2.5 Torre

Es el elemento mecánico que va a sostener a todo el conjunto que integra el aerogenerador, por lo tanto es una parte importante del sistema de energía eólica. Hay cuatro tipos básicos de torres: tubulares, de celosía (o enrejado), de mástil tensado e híbridas, en el siguiente cuadro enunciaremos las diferentes características que tienen cada uno de los tipos de torres (10)

**TABLA 1.7**  
**TIPOS DE TORRES EXISTENTES**

Tipos	Características
Torres Tubulares	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suelen ser de acero con sección circular.</li> <li>• Dependiendo del tamaño pueden presentar con forma cilíndrica, troncocónica o una mezcla de ambas.</li> <li>• Suelen ser muy seguras para realizar las tareas de mantenimiento.</li> <li>• Estéticamente es agradable y moderno</li> </ul>

Tipos	Características
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Su instalación es fácil y rápida pero su costo es relativamente alto.</li> </ul>
<b>Torres de Celosía</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Este tipo de torres no se utiliza para grandes sistemas debido a que se debe llevar una revisión periódica en las uniones de los ángulos de acero y tornillos.</li> <li>• Tienen un costo relativamente bajo, son de fácil construcción y transporte.</li> </ul>
<b>Torres de Mástil Tensado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Son las apropiadas para pequeños aerogeneradores por la ventaja del ahorro del peso y del costo, por lo que en nuestro proyecto es el tipo de torre que está implantada.</li> <li>• El difícil acceso a la zona alrededor de la torre es una principal desventaja.</li> </ul>
<b>Torres Híbridas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Están hechas con las diferentes combinaciones de las ya mencionadas.</li> <li>• Podría decirse que es un híbrido entre una torre de celosía y una torre tensada.</li> </ul>

**Fuente:** Construcción de un Generador Eólico de bajas revoluciones & Endara, L y Toctaguano, C. 2011

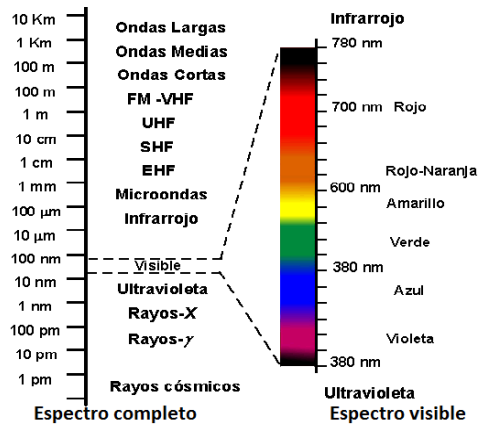
<http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/1318/1/T-UTC-0910.pdf>

### **1.4.3 Radiación Solar**

Es el flujo de energía emitida por el sol en forma de ondas electromagnéticas, siendo estas ondas de diferente tamaño, el sol emite estas radiaciones electromagnéticas a una temperatura de 600° K aproximadamente, la radiación solar se distribuye desde el infrarrojo hasta el ultravioleta.

Solo parte de la radiación que emite el Sol llega a la Tierra, debido a la existencia de las capas atmosféricas especialmente la capa de ozono, el mismo que bloquea las ondas más cortas llamadas ultravioletas, la radiación solar que llega a la Tierra tiene su magnitud media llamada “irradiación” (15)

**GRÁFICO 1.13**  
**RADIACIÓN VISIBLE POR EL OJO HUMANO**

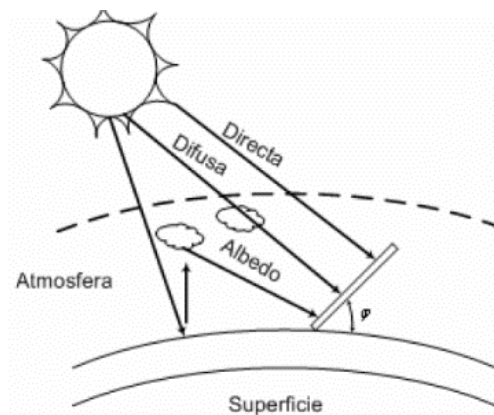


Fuente: [www.grincef.nurr.ula.ve](http://www.grincef.nurr.ula.ve)

**1.4.3.1 Tipos de Pérdidas de Radiación de la Atmósfera al Suelo**

Durante el día cambia la radiación proporcionada por el sol a la tierra, la temperatura y la inclinación del rayo solar. Existen tres tipos de radiación solar como se ve en el gráfico 1.14:

**GRÁFICO 1.14**  
**RADIACIÓN DIRECTA Y DIFUSA (ATENUACIÓN POR LAS NUBES Y LA DE ALBEDO)**



FUENTE: Gipe, p. (1993) WindPower for home and Business

- **Radiación directa:** Constituida por los haces de rayos que se reciben en línea recta por el Sol.
- **Radiación difusa:** Procedente de todo el cielo excluyendo el disco solar y debido a los rayos no directos y dispersados por la atmósfera en la dirección del receptor.
- **Radiación del albedo:** Procedente del suelo y debida a la reflexión de la radiación incidente en él (19)

#### *1.4.3.2 Factores Atmosféricos*

La Tierra tiene una atmósfera cuyo límite se fija convencionalmente a dos mil kilómetros de altura sobre la superficie y está compuesta de diferentes capas como son la troposfera, estratosfera, ionosfera y exosfera. Esta funciona como un gran invernadero que guarda parte del calor proveniente del Sol.

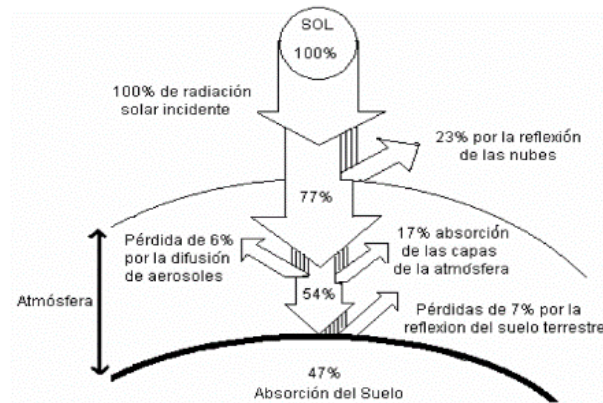
El Sol emite una radiación caracterizada por el espectro solar, esta radiación es absorbida por el sistema atmósfera-tierra. Dicho sistema absorbe una radiación de onda corta, se calienta y a su vez emite una radiación de características diferentes; es decir se transforma en onda larga.

Para saber cuál es la cantidad de radiación que llega a la superficie de nuestro planeta y no solo a la frontera de la atmósfera, debe hacerse un análisis global de los diferentes procesos físicos y químicos que tiene lugar desde que la radiación solar atraviesa la atmósfera hasta que llega a la superficie terrestre; a este proceso se le llama balance energético de la Radiación Solar (16)

Hacer un balance preciso de la radiación solar resulta una tarea compleja, hasta ahora solo se han hecho aproximaciones ya que la radiación solar que recibe cada punto de la Tierra varía, dependiendo de la radiación directa y difusa.

Sin embargo, se tienen estimaciones de la radiación solar y de su balance. La radiación solar que no puede ser aprovechada tiene las siguientes estimaciones: 23% se va al espacio exterior por reflexión en la capa superior de la atmosfera, 6% se pierde por difusión de aerosoles, 17% lo absorben las distintas capas de la atmosfera y el 7% que se refleja en el suelo terrestre. La suma de estas pérdidas da un total de 53%, por lo que solo el 47% de la radiación total llega a la superficie terrestre o podría ser aprovechada. Tales estimaciones se muestran en la (figura 1.15) (16)

**GRÁFICO 1.15**  
**PÉRDIDAS DE RADIACIÓN DE LA ATMÓSFERA AL SUELO**



FUENTE: Gipe, p. (1993) WindPower for home and Business

Del 47% de la radiación que se encuentra en la superficie terrestre se divide en un 31% como radiación directa y el 15% como radiación difusa o indirecta y esta última puede ser por atenuación por causa de las nubes y por la reflexión del suelo a la nube y nuevamente a la superficie terrestre, conocida como radiación de Albedo. Del 47% de la radiación se le tiene que restar 18% de radiación que es convertida en onda larga y esta sale de la atmosfera, por lo que finalmente queda 29% de la radiación total.

Debido a que la radiación solar es un fenómeno natural y los factores astronómicos y atmosféricos no pueden ser controlados, la única opción para

lograr un máximo aprovechamiento de la energía solar disponible en un plano es la orientación y la inclinación del mismo (18)

### 1.4.3.3 Factores de orientación y alineación

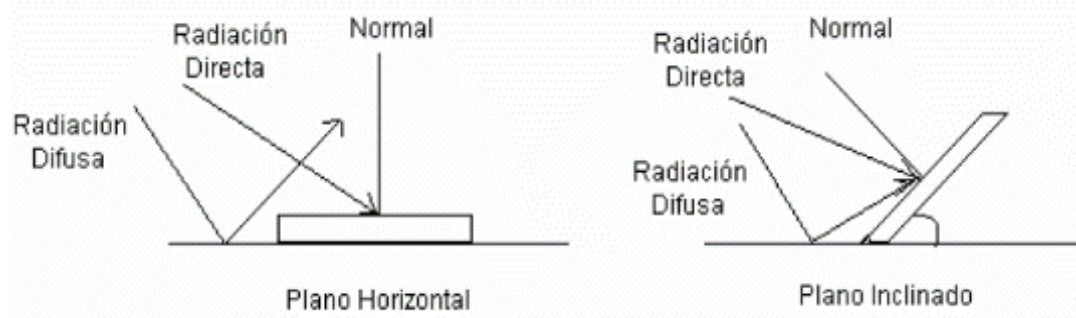
Debido a que la radiación solar es un fenómeno natural y los factores astronómicos y atmosféricos no pueden ser controlados, la única opción para lograr un máximo aprovechamiento de la energía solar disponible en un plano es la orientación y la inclinación del mismo.

Estudios sobre la disponibilidad de este recurso han mostrado que la orientación más adecuada para captar la energía solar teniendo en cuenta el principio de funcionamiento de las células fotovoltaicas, proceso de fabricación, tipos de células existentes, es la orientación norte sur si la localidad donde se requiere hacer uso de la radiación solar está en el Hemisferio sur el colector deberá orientarse hacia el norte geográfico y viceversa.

Con respecto a la inclinación del plano receptor, el cual se ve afectada por el ángulo de declinación del eje terrestre, se recomienda colocar el colector a una inclinación equivalente a  $\pm 15^\circ$  la latitud del lugar en cuestión (16)

### GRÁFICO 1.16

#### ÁNGULO DE INCLINACIÓN SOLAR/PANEL FOTOVOLTAICO



FUENTE: Gipe, p. (1993) WindPower for home and Business

Para esto la instalación de paneles solares fotovoltaicos se debe tener en consideración el ángulo de inclinación que nos sirve para capturar la máxima cantidad de radiación solar durante el año, el panel solar debe estar inclinado en un ángulo aproximadamente igual a la latitud de un sitio, y se enfrentan dentro de  $\pm 15^\circ$ .

Para optimizar el rendimiento en invierno, el panel solar se puede inclinar  $15^\circ$  más que el ángulo de latitud, y para optimizar el rendimiento en verano,  $15^\circ$  menos que el ángulo de latitud. Se tendrá en cuenta que la producción de energía solar disminuye proporcionalmente con el ángulo de la horizontal, o “azimut”, mayores de  $15^\circ$  desde el sur.

La disminución de la producción anual de electricidad a partir de una latitud al este-inclinada o que mira al oeste matriz puede ser tanto como 15% o más en las latitudes más bajas, o hasta en un 25% o más en las latitudes más altas de los Estados Unidos. Evite dirigir sus paneles solares inclinados al noroeste, norte o noreste, ya que obtendrá una potencia de salida baja (20)

#### ***1.4.3.4 Orientación del panel fotovoltaico***

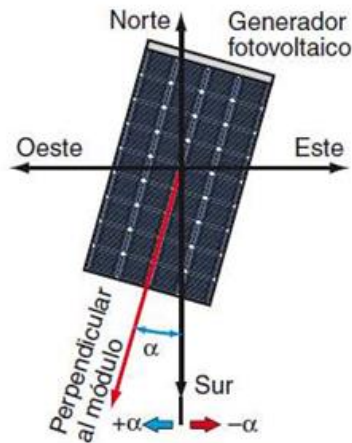
La orientación de un generador fotovoltaico se define mediante coordenadas angulares, las cuales varían en relación al lugar de la instalación.

##### **Ángulo de azimut ( $\alpha$ )**

Ángulo que forma la proyección sobre el plano horizontal de la superficie del generador y la dirección Sur (figura 3.1). Vale 0 grados si coincide con la orientación sur, es positivo hacia el oeste y negativo hacia el este. Si coincide con el este su valor es  $-90$  y si coincide con el oeste su valor es  $+90$  grados.

Como norma general los módulos fotovoltaicos deben orientarse: hacia el sur si la instalación se encuentra en el hemisferio norte, y si se ubica en el hemisferio sur habrá que orientarlo hacia el norte (15)

**GRÁFICO 1.17**  
**ÁNGULO DE ORIENTACIÓN**



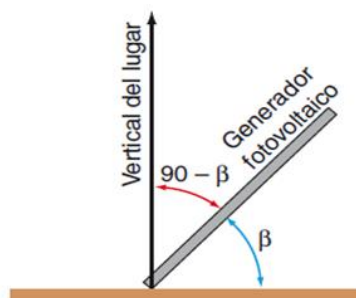
**Fuente:** Pareja M. Energía fotovoltaica. Cálculo de una instalación aislada. Marcombo 2010, pág. 89.

**1.4.3.5 Inclinación del panel fotovoltaico**

**Ángulo de inclinación ( $\beta$ ):**

Ángulo que forma la superficie del generador con el plano horizontal (figura 3.2). Su valor es 0 si el módulo se coloca horizontal y 90 grados si se coloca vertical. La captación de energía solar puede variar y será máxima cuando la posición de la placa sea perpendicular a la radiación (15)

**GRÁFICO 1.18**  
**ÁNGULO DE INCLINACIÓN**



**Fuente:** Pareja M., Energía fotovoltaica. Cálculo de una instalación aislada. Marcombo 2010, pg. 89

Cuando se realiza la instalación de un sistema fotovoltaico se requiere conocer la latitud geográfica del lugar donde se vaya a ubicar el panel fotovoltaico, para ello se puede utilizar aparatos como un GPS, o mediante herramientas informáticas como el googleearth.

**TABLA 1.8**  
**ÁNGULOS DE INCLINACIÓN, FUNCIÓN DE LA LATITUD DE LUGAR**

Latitud del lugar	Ángulo en Invierno	Ángulo en Verano
0 al 5 grados	15 grados	15 grados
15 a 25 grados	Latitud	Latitud
25 a 30 grados	Latitud + 5 grados	Latitud - 5 grados
30 a 35 grados	Latitud + 10 grados	Latitud - 10 grados
35 a 40 grados	Latitud + 15 grados	Latitud - 15 grados
más de 40 grados	Latitud + 20 grados	Latitud - 20 grados

**Fuente:** Pareja M. Energía fotovoltaica. Cálculo de una instalación aislada.2010, pág. 90

### ***1.4.4 Principio de Funcionamiento***

#### ***1.4.4.1 Energía Solar Fotovoltaica***

La energía solar fotovoltaica consiste en el aprovechamiento de la luz del sol para producir energía eléctrica por medio de células fotovoltaicas.

La inmensa mayoría de células solares que se comercializan actualmente están fabricadas con silicio. El proceso de fabricación se podría esquematizar de la siguiente manera:

#### ***1.4.4.2 Células Fotovoltaicas***

Las células fotovoltaicas se fabrican de arena de silicio este se debe purificarse, para lo cual se funde a una temperatura de unos 1.400 °C, se eliminan las impurezas y se deja cristalizar formando un bloque de silicio puro cristalizado. Este bloque se corta en finas capas de menos de medio milímetro, llamadas obleas, que se pulen y se tratan químicamente.

Posteriormente estas obleas se dopan ligeramente con fósforo por una cara y con boro por la otra. De esta forma se crean dos zonas en la oblea, llamadas respectivamente zona n y zona p. La descompensación de electrones causada por la introducción en el silicio de estas impurezas origina la aparición de un campo eléctrico en la región de unión de ambas zonas. Esta disposición característica, junto a los contactos que se disponen en ambas caras de la oblea y una capa antirreflectante para aumentar el porcentaje de la energía solar.

El mencionado campo eléctrico es el que hace posible que los electrones tiendan a moverse siempre en una dirección determinada cuando reciben la suficiente energía para escaparse de la célula. Esta energía es proporcional a los fotones que chocan con los electrones libres que hay en el silicio. La corriente de electrones es recogida a través de un circuito externo, mediante la conveniente disposición de contactos metálicos en ambas caras de la célula (21)

Las células se montan en serie sobre paneles o módulos fotovoltaicos para conseguir un voltaje adecuado. Parte de la radiación incidente se pierde por reflexión y otra parte por transmisión. El resto es capaz de hacer saltar electrones de una capa a la otra creando una corriente proporcional a la radiación incidente. La capa anti reflectante aumenta la eficacia de la célula. La célula de silicio, según se trate en su proceso de fabricación, puede derivar en tres tipos:

- Célula monocristalina
- Célula Policristalina
- Célula de Silicio amorfo

Los paneles fotovoltaicos que al incidir la luz, es obtiene una tensión y una corriente eléctrica continua, es decir un polo positivo (+) y otro negativo (-) (22)

La cual con la acumulación de la energía mediante baterías y con la ayuda de un inversor, se puede acondicionar la potencia eléctrica obtenida del panel fotovoltaico y cambiarla de manera que sea igual que la que circula por las líneas de baja tensión que alimentan nuestras viviendas.

#### 1.4.4.3 Tipos de células fotovoltaicas

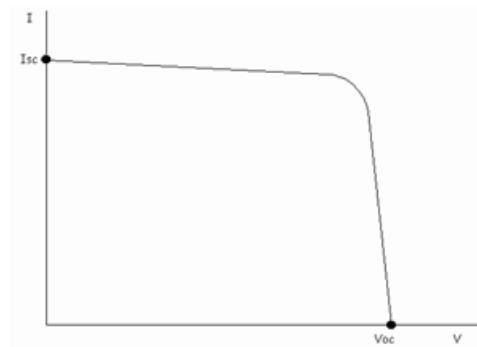
	Tipos de células fotovoltaicas	Descripción	Eficiencia
<b>Célula Monocristalina</b>		Las células de silicio monocristalino se obtienen a partir de silicio muy puro, que se refunde en un crisol junto con una pequeña proporción de boro. Una vez que el material se encuentra en estado líquido se le introduce una varilla con un "cristal germen" de silicio.	16% - 19%
<b>Célula Policristalina</b>		Está compuesta diversos cristales las células policristalinas, en lugar de partir de un monocristal, se deja solidificar lentamente sobre un molde la pasta de silicio, con lo cual se obtiene un sólido formado por muchos pequeños cristales de silicio, que pueden cortarse luego en finas obleas policristalinas	13% -15%
<b>Célula de Silicio amorfo</b>		Se construyen a base de evaporar encima de un cristal, en una cámara de efluvios, el material semiconductor o fotoreactivo y colocar un par de electrodos en cada una de las unidades correspondientes.	6%

#### 1.4.4.4 Curva Característica de una Célula

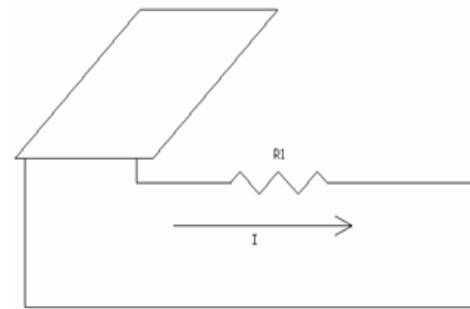
I<sub>cc</sub>: Intensidad en corto circuito

V<sub>oc</sub>: Tensión en circuito abierto

**GRÁFICO 1.19**  
**CURVA CARACTERÍSTICA DE LA**  
**CÉLULA FOTOVOLTAICA**



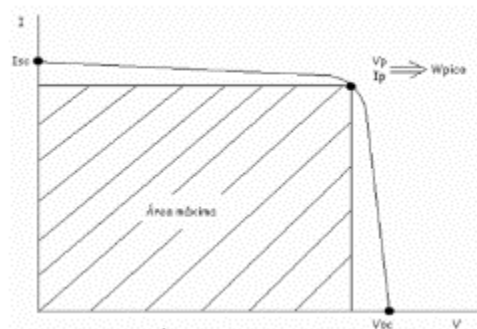
**GRÁFICO 1.20**  
**PÉRDIDAS DE RESISTENCIA,**  
**AUMENTO DE LA INTENSIDAD**



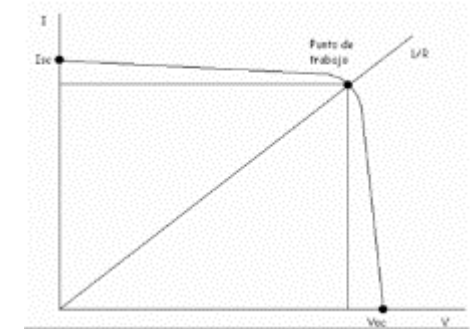
Cuando disminuye la R<sub>1</sub>, aumenta la I.  $P = V \times I$

La V<sub>p</sub> es el punto donde se va a obtener la mayor área, por lo tanto la mayor potencia pico:

**GRÁFICO 1.21**  
**ÁREA MÁXIMA DE PRODUCCIÓN**  
**DE POTENCIA DE LA CÉLULA**



**GRÁFICO 1.22**  
**PUNTO DE MÁXIMO TRABAJO DE**  
**LA CÉLULA**



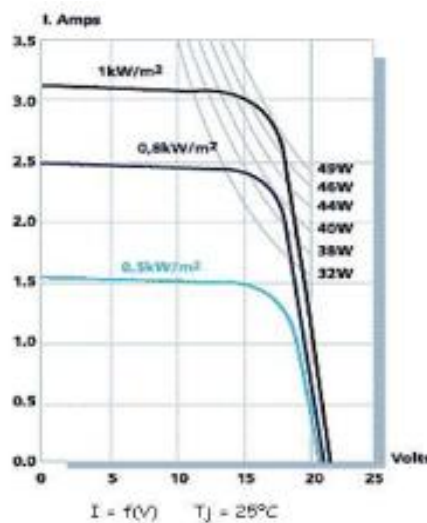
Por lo tanto, si  $V = I \times R$  tendremos como resultado  $I = V/R$ . Esto significa que si la resistencia aumenta debido a un aumento de temperatura, la intensidad proporcionada disminuirá.

Este punto de trabajo ha de ser el que nos marque la tensión que hemos de suministrar al inversor, por lo tanto la tensión en circuito abierto ( $V_{oc}$ ) ha de ser mayor que la tensión de pico ( $V_p$ ).

Si se aumenta la intensidad de iluminación se aumentará la corriente generada de manera proporcional pero, a partir de cierto valor, las caídas óhmicas debidas a las resistencias serie de la célula no se pueden despreciar y baja su rendimiento (23)

Como muestra el gráfico 1.23 la intensidad que genera el panel aumenta con la radiación, permaneciendo el voltaje aproximadamente constante. En este sentido tiene mucha importancia la colocación de los paneles (su orientación e inclinación respecto a la horizontal), ya que los valores de la radiación varían a lo largo del día en función de la inclinación del sol respecto al horizonte.

**GRÁFICO 1.23**  
**CURVA I-V PARA DISTINTAS INTENSIDADES DE ILUMINACIÓN**



Fuente: catalogosolar.mx

#### ***1.4.4.5 Cálculo del Número de paneles***

El primer paso en el diseño de un sistema fotovoltaico (SFV), consiste en conocer si en el sitio existe el recurso suficiente de energía solar. Información sobre la radiación solar diaria promedio se obtiene de sitios Web como el Atlas de radiación solar del Ecuador y otras fuentes. El dato que nos interesa es el nivel de radiación promedio anual. En el caso del Ecuador, los niveles de radiación son relativamente altos, entre 4 y 6 kWh/m<sup>2</sup>/día. Se debe tener en cuenta también las condiciones climáticas del sitio (nubosidad, pluviosidad, temperatura, viento).

**Serie horaria:** El dato de radiación solar promedio diaria en kWh/m<sup>2</sup>/día se obtiene de una serie de lecturas hora a hora durante un período de al menos un año. El uso de una serie de radiación solar permite estimar con mayor exactitud la energía que obtendremos de nuestro SFV.

El Ecuador está ubicado entre las latitudes 1° 30' N (Carchi) y 5° 0' S (Zamora) y entre las longitudes 72° 0' W (Salinas) y 75° 10' W (Orellana) es decir al oeste del meridiano de Greenwich. Al estar atravesado por la línea equinoccial, el Ecuador tiene poca variabilidad en la posición del sol durante todo el año, lo cual favorece la aplicación de la energía solar para producir electricidad y calor, ya que en promedio hay 12 horas de sol durante el día (23)

La radiación solar varía de año en año y también el consumo de electricidad tiende a ser variable. Por lo tanto, aun cuando se haya calculado cuidadosamente el tamaño de la carga, pueden surgir ciertas carencias de tiempo en tiempo.

**El Promedio anual:** si no se dispone de la serie de radiación solar, tomamos el dato de la radiación solar promedio diaria de la zona en que estamos. Un valor aceptable para el Ecuador es de 4,5 kWh/m<sup>2</sup>/día según normas INEN para la instalación de paneles fotovoltaicos. (25)

#### ***1.4.4.6 Cálculo y selección del número de paneles solares***

Los métodos para determinar el tamaño y número de paneles tienen sus limitaciones: debido a que se fija una demanda energética y se utiliza un valor de irradiación fijo (aunque este sea el mínimo posible en un determinado tiempo) nunca va a ser 100% confiable, por lo cual es necesario asegurar el diseño sobredimensionado del sistema (26)

#### ***1.4.4.7 Tamaño del Sistema Fotovoltaico***

La fórmula a utilizar supone un aprovechamiento del recurso solar (a 1000 W/m<sup>2</sup>) aproximadamente del 10% y asumiendo que la potencia generada por los paneles por metro cuadrado es de 100Wp.

Es este porcentaje de aprovechamiento del recurso solar el que incluye un factor de corrección en la fórmula de cálculo: utilizar 1000 significa un panel de aprovechamiento de 10%; sin embargo se utiliza un valor de 1200 porque la eficiencia en la generación del sistema es siempre un poco más baja que la eficiencia del panel aproximadamente 8%.

La manera más simple de determinar el tamaño de un sistema fotovoltaico es utilizando la siguiente fórmula:

$$\mathbf{A_r = 1200 \times E_d / I_d}$$

Donde:

Ar: Tamaño del Panel Solar (Wp)

Ed: Consumo de Electricidad (KWh/día)

Id: Irradiación (KWh/m<sup>2</sup>/día) (26)

#### 1.4.4.8 Cálculo y selección del conductor

El cálculo de la sección del conductor a utilizar en una instalación fotovoltaica y eólica es muy importante, debido fundamentalmente a que se trabaja con corriente continua de bajo valor (24 V) y como consecuencia el número de amperios aumenta, haciendo que las pérdidas en los conductores eléctricos sean notorias si éstos no están bien dimensionados.

La resistencia de un conductor viene dada por:

$$R = \frac{L}{(\sigma S)} \quad (11)$$

**Dónde:**

**R** = Resistencia en ohmios

**L** = Longitud en metros

**S** = Sección del conductor en mm

**$\sigma$**  = Conductividad (inversa de la resistividad)

La misma resistencia de un conductor se puede definir como:

$$R = \frac{(V_a - V_b)}{(I)} \quad (12)$$

Dónde:  $V_a - V_b$  es la diferencia de potencial entre los puntos a y b;  $I$  es la intensidad eléctrica.

Luego, sustituyendo, resulta que:

$$\frac{(V_a - V_b)}{I} = \frac{L}{\sigma S} \quad (13)$$

Donde el valor constante de la resistividad para conductores de **cobre** es de:

$$\sigma = \frac{1}{\rho} = \frac{1}{0.01786} = 56$$

Por lo tanto despejando la sección del conductor es:

$$S = \frac{2LI}{56(V_a - V_b)} \quad (14)$$

**Dónde:**

**S** = Sección en mm<sup>2</sup>

**L** = Longitud en metros hasta el receptor

**I** = Intensidad en amperios

**V<sub>a</sub>-V<sub>b</sub>** = Caída de tensión en voltios

El factor 2 incluido en la fórmula nos da la distancia real de conductor, ya que normalmente solo se mide la distancia entre el generador y el receptor, existiendo un conductor de ida y otro de vuelta (26)

La caída de tensión se calcula para un porcentaje de la tensión nominal, que variara entre los equipos que interconecta.

- Caída de tensión entre sistema de generación y regulador: máxima 1,5% y recomendada 1%
- Caída de tensión entre regulador y acumulador: máxima 1% y recomendada 0,5%

- Caída de tensión entre acumulador e inversor: máxima y recomendada 1%
- Caída de tensión entre acumulador/inversor y cargas: máxima y recomendada 3%” (24)

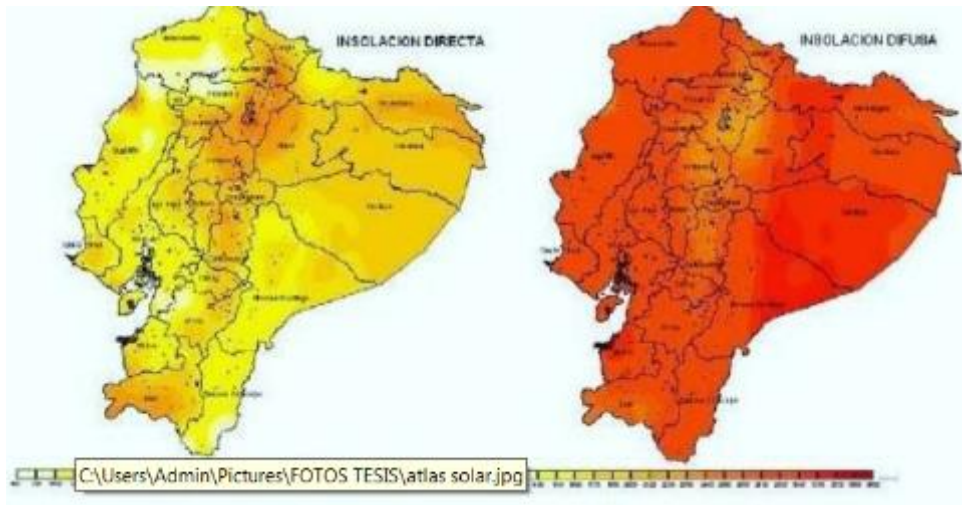
## **1.5 Radiación en el Ecuador**

El Ecuador es un país muy privilegiado con características geográficas muy variadas, con una gran diversidad climática y condiciones únicas que le brindan un elevado potencial de energías renovables y limpias, las cuales no pueden quedar en la lista de los recursos energéticos para producción eléctrica, las condiciones y la demanda que se presentan en la actualidad en nuestro país, nos han comprometido en aprovechar un recurso tan abundante de la energía de radiación solar como un recurso renovable de energía eléctrica.

En el año 2008 con el fin de impulsar el uso de la energía solar como fuente energética, el Concejo Nacional de Electricidad (CONELEC) con el apoyo de la Corporación para la Investigación Energética (CIE) presento el “Atlas Solar del Ecuador con fines de Generación Eléctrica.

Este Atlas se ha puesto a disposición de las instituciones públicas y privadas, la comunidad científica y público en general, este documento incluye la cuantificación del potencial solar aprovechable con posibilidades de generación eléctrica, donde se presentan valores promedio de radiación solar diaria, mensual o anual. El uso de estos mapas de radiación solar es importante para determinar las zonas geográficas que tienen un alto potencial para su aprovechamiento y para el diseño de los equipos que se utilizaran (25)

**GRÁFICO N° 1.24**  
**DISTRIBUCIÓN DE LA RADIACIÓN EN EL ECUADOR**



Los mapas de radiación solar se elaboran a partir de mediciones vía satélite o a partir de los datos obtenidos en las ciudades, raras veces, se tienen en cuenta los niveles de radiación solar a nivel de las zonas rurales. No obstante, estos datos tienen cierta incertidumbre propia de la tecnología empleada, a lo que se suma que la mayoría de datos están referidos a grandes extensiones de territorio, por lo que su uso se hace limitado y poco práctico. (24)

## **1.6 Análisis de eficiencia energética y uso racional de energía**

En los últimos años el consumo de energía eléctrica se ha elevado e un ritmo acelerado muy superior al crecimiento económico, debido a este ritmo de crecimiento se deben tomar una serie de acciones que reduzca el índice de consumo energético, y para esto debemos eliminar todos los elementos eléctricos que no están haciendo trabajo útil en el horario de máxima demanda.

Sin embargo, es fácil darse cuenta que algo se está utilizando de mala manera por ejemplo cuando se observa una llave que derrama agua, pero cuesta percibir que está sucediendo igual cuando se deja encendido algún aparato eléctrico.

Es de imaginarse como se podría vivir sin la vital electricidad en forma continua en ciertas zonas rurales del Ecuador, que esto implica cubrir las necesidades reales de energía eléctrica que tienen los habitantes de las zonas rurales alejadas de las redes convencionales (10)

Como es el caso del sector San Isidro Alto de la Parroquia Aláquez, Cantón Latacunga de la Provincia de Cotopaxi el cual se logrará al cubrir las necesidades reales de energía que requieren en la casa comunal de dicho sector.

Esto se lograra con el diseño y la implementación de un sistema de generación limpia de electricidad, la cual pretende difundir las bondades de los sistemas de generación de energía eléctrica eólico y solar e implementarlos en el sector escogido lo que contribuirá a la generación de energía limpia, autosustentable y amigable con el ambiente.

Estas energías limpias representan el futuro, ya que son fuentes inagotables y representan un peligro mínimo para el ambiente, la energía eólica y solar es la solución más adecuada para esta zona rural por estar en lugares geográficamente privilegiados por sus vientos y la radiación solar.

## 1.7 Descripción del sistema de generación eléctrica híbrido

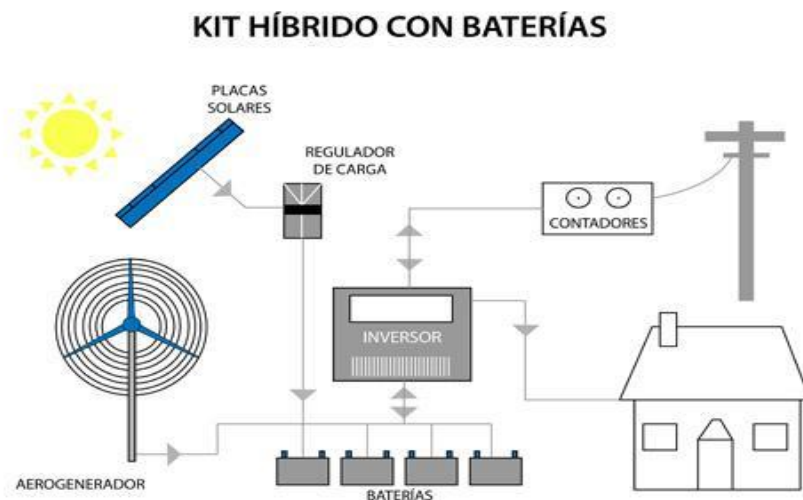
Estos sistemas se denominan “híbridos” porque pueden generar energía eléctrica a partir de dos o más fuentes de energía renovable simultáneamente; por ejemplo, fotovoltaica-eólica, fotovoltaica-celdas de combustible, eólica-térmica entre otras.

Los sistemas híbridos se componen de varias partes fundamentales como se puede observar son:

- Dos tipos distintos de energía renovable
- Fase de control de carga
- Banco de baterías
- Inversor Corriente Directa-Corriente Alterna (CD/CA).

Los sistemas autónomos basados en generadores fotovoltaicos y eólicos con almacenamiento por medio de baterías son una opción para la alimentación de pequeñas cargas en lugares remotos (26)

**GRÁFICO 1.25**  
**ESQUEMA DEL SISTEMA HÍBRIDO**



**FUENTE:** EnergíaHíbrida.DisponibleenWeb.  
[http://www.tecsol24h.net/index.php?option=com\\_content&view=article&id=90:b alance-neto-kits-fotovoltaicos&catid=17:energia-solar&Itemid=3](http://www.tecsol24h.net/index.php?option=com_content&view=article&id=90:b%20alance-neto-kits-fotovoltaicos&catid=17:energia-solar&Itemid=3)

**RECOPIADO POR:** El Investigador.

La energía híbrida es una de las opciones más confiables, debido a que se unen dos tipos de generación de energía eléctrica renovable limpias teniendo electricidad las 24 horas del día, como demostramos se puede producir con la unión de la energía solar con la energía eólica.

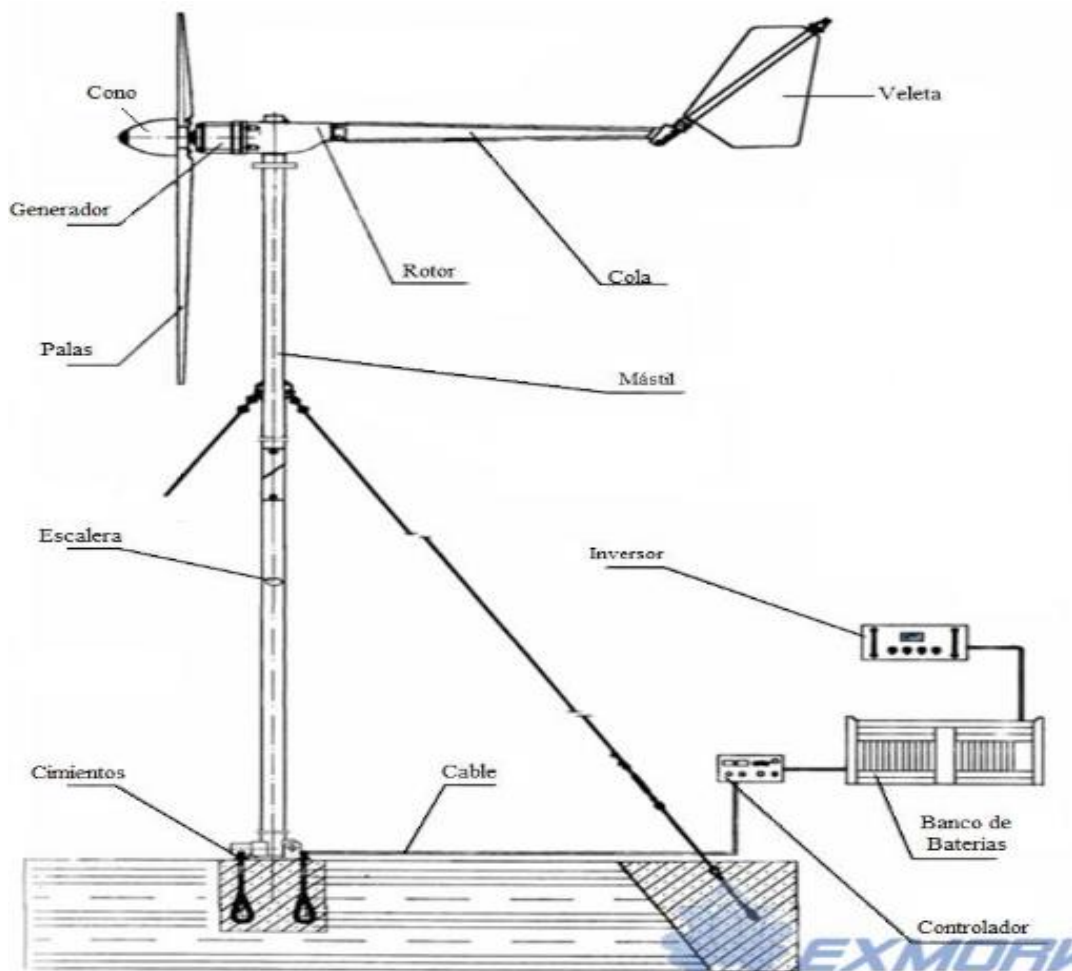
Para realizar el sistema híbrido fotovoltaico - eólico, que utilizamos se adquirió paneles solares fotovoltaicos y un aerogenerador, estos se encuentran controlados por un regulador de carga, estos se los dimensiona según su potencia, corriente y voltaje, también abarca un banco de baterías, el valor de la fuente almacenadora dependerá de la curva de demanda máxima de la vivienda donde se lo implementara, este valor se lo encuentra en amperios hora (Ah), de ahí se necesita un inversor de 12V/ 24V de DC a 120V / 220V de AC con una determinada potencia (28)

Debido a la inestabilidad del clima en el sector de San Isidro se opta en la aplicación del sistema híbrido, con lo cual combinando los dos sistemas de generación es cuando verdaderamente se optimiza el sistema, porque en algunas ocasiones existe más viento que sol o viceversa, permitiendo la utilización de energía eólica o la solar.

### ***1.7.1 Descripción de la máquina eólica***

Es una máquina para la captación de la energía del viento es un sistema mecánico, constituido por un conjunto de elementos agrupados en subsistemas, que es capaz de tomar la energía cinética del viento y transformarla en otro tipo de energía (mecánica, eléctrica, etc.) para ser usada directamente, o almacenada para su empleo posterior. En el siguiente ilustración se muestra esquemáticamente el conjunto de subsistemas que conforman una máquina eólica generadora de electricidad (aerogenerador) (12)

**GRÁFICO 1.26**  
**CONJUNTO DE SUBSISTEMAS QUE CONFORMAN UNA MÁQUINA**  
**EÓLICA**



Fuente: <http://www.exmork.com/500w-wind-turbine.htm>

## 1.8 Componentes del sistema solar fotovoltaico

Un sistema fotovoltaico es un dispositivo que, a partir de la radiación solar, produce energía eléctrica en condiciones de ser aprovechada por el hombre. El sistema consta de los siguientes elementos:

### 1.8.1 Paneles solares fotovoltaicos

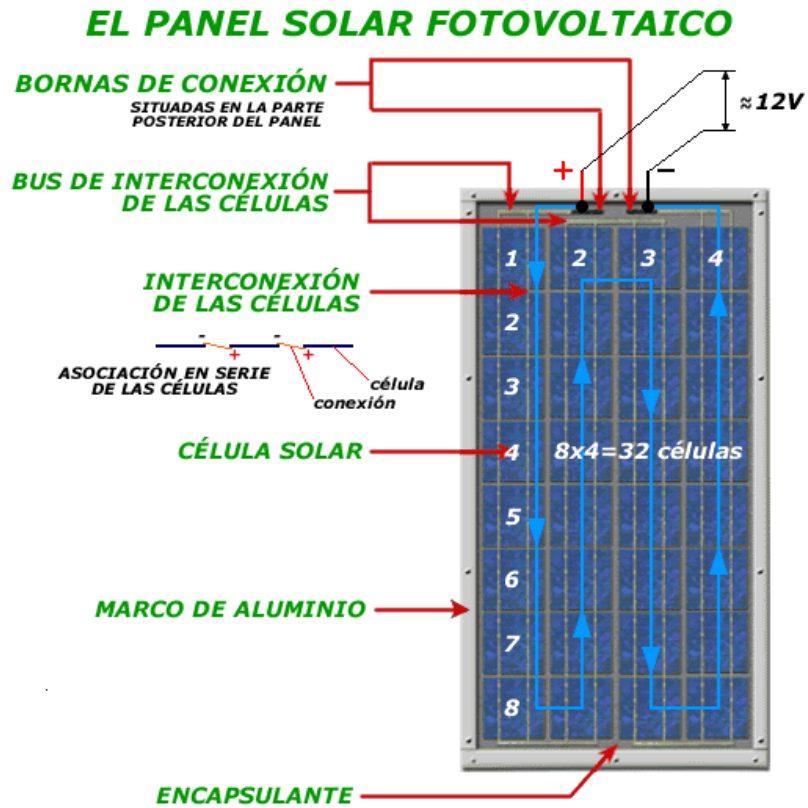


GRÁFICO 1.27

#### ELEMENTOS DE UN PANEL FOTOVOLTAICO



Fuente: FIRCO Proyecto de Energía Renovable

Un panel solar está constituido por varias células iguales conectadas eléctricamente entre sí, en serie y/o en paralelo, de forma que la tensión y corriente suministrada por el panel se incrementa hasta ajustarse al valor deseado (27)

### **La exposición al sol de las células**

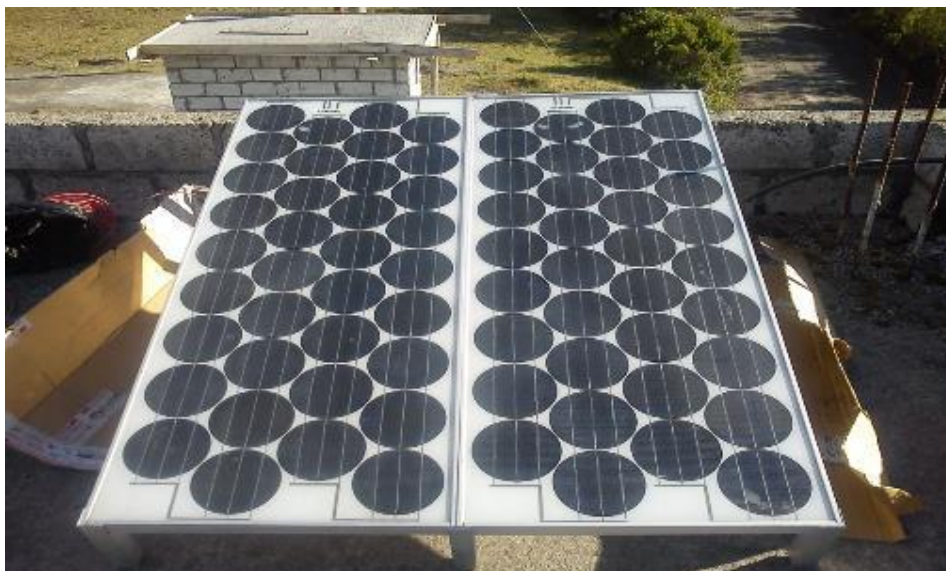
Las células fotovoltaicas al exponerse al sol provocando un calentamiento lo cual con lleva cambios en la producción de electricidad. Una radiación de  $1000 \text{ W/m}^2$  es capaz de calentar una célula unos  $30^\circ\text{C}$  por encima de la temperatura del aire circundante. A medida que aumenta la temperatura, la tensión generada es menor, por lo que es recomendable montar los paneles de tal manera que estén bien aireados y, en el caso de que sea usual alcanzar altas temperaturas, plantearse la posibilidad de instalar paneles con un mayor número de células (15)

### **El número de células por modulo**

Puesto que cada célula produce  $0.4\text{V}$ . La  $V_{OC}$  del módulo aumenta en esa proporción. El panel solar fotovoltaico se diseña para trabajar a una tensión nominal  $V_{pn}$ , procurando que los valores de  $V_{Pmax}$  en las condiciones de iluminación y temperatura más frecuentes coincidan con  $V_{pn}$ .

Los parámetros bajo los que operan los paneles fotovoltaicos, para un determinado sector, hacen que la característica de voltaje DC de salida varíe dentro de un margen considerable a lo largo de todo el año. La radiación y la temperatura ambiente experimentan además otro tipo de variación debidos a factores diurnos y estacionarios. Los paneles solares tienen entre 28 y 40 células, aunque lo más típico es que cuenten con 36. Normalmente, los paneles utilizados, están diseñados para trabajar en combinación con baterías de tensiones múltiplo de  $12\text{V}$  (27)

**GRÁFICO 1.28**  
**PANELES SOLARES CON EXPOSICIÓN SOLAR COLOCADOS EN EL**  
**PROYECTO**



**Fuente:** Investigador

**Los paneles solares se pueden conectar:**

**En serie:** como en la fotografía un módulo de 12 V y 1,5 A y lo conectamos en serie con otro módulo de las mismas características tendremos un conjunto de 2 módulos de 24 V y 1,5

A (se suman los voltajes y se mantienen las intensidades).

**En paralelo:** si tenemos los dos módulos del ejemplo anterior y los conectamos en paralelo, tendremos un conjunto de 12 V y 3 A (se mantienen los voltajes y se suman las intensidades) (29)

### 1.8.2 HPS (Paneles solares fotovoltaicos)

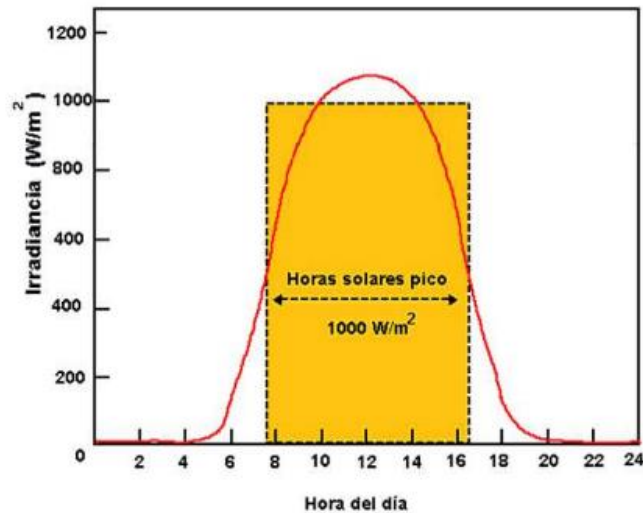
Para poder diseñar un sistema fotovoltaico, debemos saber con cuánta energía solar contamos en el lugar donde lo vamos a instalar. En la mayor parte de los lugares del mundo se conoce cuánta energía solar promedio está disponible.

Este promedio se mide en Horas de sol perfecto o HSP (PSH en inglés).

Una hora perfecta de sol representa una hora de sol luminoso, sin nubes. Por lo tanto, si una región tiene un HSP de 4, significa que se puede contar con un promedio de 4 horas de sol radiante, sin nubes, por día.

Una hora perfecta de sol equivale a una radiación de 1000 w (vatios) por  $m^2$  durante una hora.

**GRÁFICO 1.29**  
**DIAGRAMA HPS (HORAS DE PICOS SOLAR)**



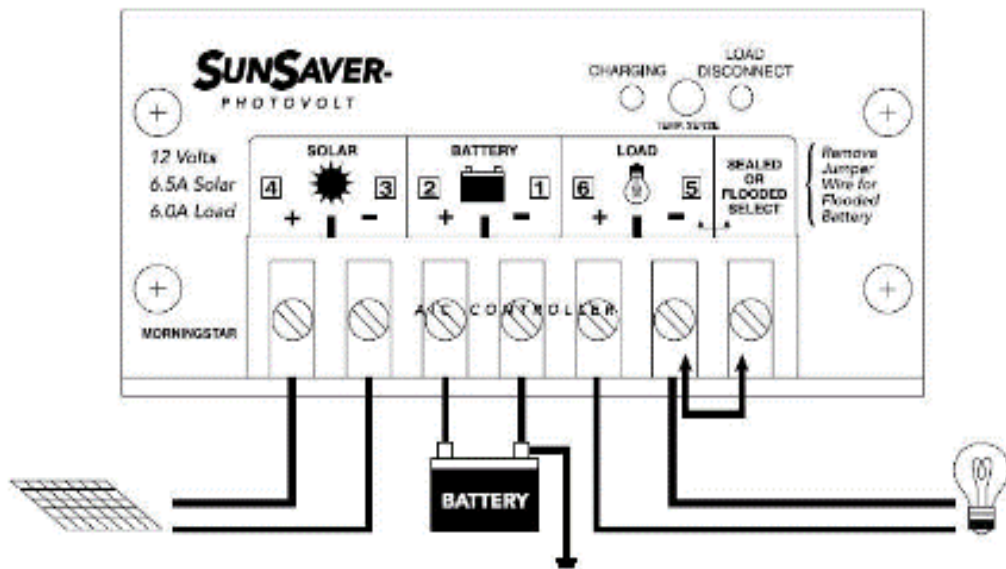
Fuente: [http://solar.nmsu.edu/wp\\_guide/energia.html](http://solar.nmsu.edu/wp_guide/energia.html)

Por lo tanto el HSP se obtiene sumando toda la energía recibida en el día y dividiendo esta suma por 1000  $w/m^2$  (27)

### 1.8.3 Regulador o Controlador de carga

Para un funcionamiento óptimo del sistema híbrido de generación fotovoltaico y eólico es necesario instalar un regulador o controlador para unir los sistemas de generación con la batería. El regulador tiene como función fundamental de impedir que la batería continúe recibiendo energía del colector solar o del aerogenerador una vez que ha alcanzado su carga máxima. Si, una vez que se ha alcanzado la carga máxima, se intenta seguir introduciendo energía, se inicia en la batería procesos de gasificación (hidrólisis del agua en hidrógeno y oxígeno) o de calentamiento, que pueden llegar a ser peligroso y, en cualquier caso, acortaría sensiblemente la vida de la misma (15)

**GRÁFICO 1.30**  
**CONEXIONES DE REGULADOR DE CARGA**



Fuente: [www.proviento.com.ec/descargas/reguladoresdecarga/SS20L.pdf](http://www.proviento.com.ec/descargas/reguladoresdecarga/SS20L.pdf)

### 1.8.4 Inversor de voltaje

Este aparato tiene la finalidad de adaptar las características de la corriente generada a la demanda total o parcial para las aplicaciones. En determinadas aplicaciones que trabajan en corriente continua, no es posible hacer coincidir las tensiones proporcionadas por el acumulador con la solicitada por todos los elementos de consumo. En este caso se requiere de un convertidor de tensión continua.

El inversor de voltaje de una u otra manera “burla” al transformador forzando a la corriente continua a actuar como si fuese corriente alterna. Esto se logra mediante la interrupción permanente de la corriente continua; pasándola a través de dos o más transistores que se encienden y apagan continuamente.

**GRÁFICO 1.31**  
**REGULADOR DE INVERSOR DE VOLTAJE 600 VA**



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

En otras aplicaciones, la utilización incluye elementos que trabajan en corriente alterna. Puesto que tanto los paneles como las baterías trabajan en corriente continua, es necesaria la presencia de un inversor que transforme la corriente en alterna (27)

### ***1.8.5 Baterías o acumuladores***

En las instalaciones fotovoltaicas o eólicas lo más habitual es utilizar un conjunto de baterías asociadas en serie o paralelo para almacenar la energía eléctrica generada durante el día, para su utilización posterior en los momentos de baja generación. La fiabilidad de la instalación depende en gran medida del sistema de acumulación.

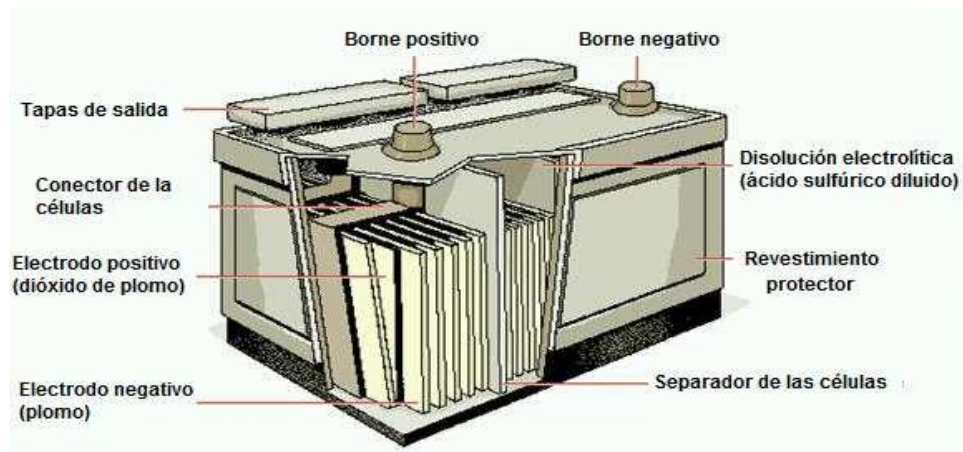
De cara a su empleo en instalaciones de electrificación, es necesario conocer los siguientes conceptos:

- **Capacidad:** Es la cantidad de electricidad que puede obtenerse mediante la descarga total de una batería inicialmente cargada al máximo. La capacidad de un acumulador se mide en Amperios-hora (Ah), para un determinado tiempo de descarga, es decir una batería de 100Ah es capaz de suministrar 100A en una hora o 10A en diez horas Para acumuladores fotovoltaicos es usual referirse a tiempos de descarga de 10 horas. Las baterías tienen un voltaje nominal que suele ser de 2, 6, 12, 24V.
- **Eficiencia de carga:** Es la relación entre la energía empleada para cargar la batería y la realmente almacenada. Una eficiencia del 100% significa que toda la energía empleada para la carga puede ser remplazada para la descarga posterior. Si la eficiencia de carga es baja, es necesario dotarse de un mayor número de paneles para realizar las mismas aplicaciones.  
(27)
- **Autodescarga:** Es el proceso por el cual el acumulador, sin estar en uso, tiende a descargarse.
- **Profundidad de descarga:** Se denomina profundidad de descarga al valor en tanto por ciento de la energía que se ha sacado de un

acumulador plenamente cargado. Como ejemplo, si tenemos una batería de 100Ah y la sometemos a una descarga de 20Ah, esto representa una profundidad de descarga del 20%.

Es necesario recalcar que cuanto menos profundos sean los ciclos de carga/descarga, mayor será la duración del acumulador. También es importante saber que, para la mayoría de los tipos de baterías, un acumulador que queda totalmente descargado, puede quedar dañado seriamente y perder gran parte de su capacidad de carga (15)

### GRÁFICO 1.32 BATERÍAS DE ALMACENAMIENTO



Fuente: <http://www.importacionesfabiola.com/acumuladoresenergiasolar.html>

Las baterías son un componente muy importante de todo el sistema proveen un suministro de energía eléctrica estable y adecuada para la utilización de aparatos eléctricos.

Provee energía eléctrica a un voltaje relativamente constante y permite operar aparatos eléctricos que requieran de una corriente mayor que la que puede producir el sistema híbrido.

## **CAPÍTULO II**

### **2. INVESTIGACIÓN DE CAMPO**

El presente capítulo está dedicado a una breve introducción de la parroquia rural de Aláquez perteneciente al Cantón Latacunga ya que en el sitio denominado San Isidro Alto se ha desarrollado el proyecto investigativo.

La investigación empieza realizando un análisis de requerimientos de energía que requiere la casa comunal de este sector, además se midió las velocidades del viento y la radiación solar de los tres primeros meses del presente año, para luego, con los resultados obtenidos proceder a calcular y dimensionar el sistema de generación que se necesita para la casa comunal.

Otros aspectos que también se ponen en consideración en el presente capítulo son los concernientes al planteamiento del problema, objetivo general y objetivos específicos, la hipótesis que guiaron en la presente investigación, que tipo de investigación se empleó, que métodos y técnicas se utilizaron para el buen desarrollo de la misma, además se indica la importancia y relevancia que tienen investigaciones de este tipo así como también se indican limitaciones y supuestos resultados a obtener.

#### **2.1 Tipo de Investigación**

El tipo de investigación aplicado en el desarrollo del presente proyecto es científico, descriptivo, cuasi experimental, el cual permitió el estudio sistemático sobre el diseño y construcción de los sistema de generación eléctrica eólico y solar que incluirá las técnicas de observación, percepción, reglas para el razonamiento y la predicción, estas ideas sobre la experimentación planificada

que servirá para comunicar los resultados teóricos experimentales.

Este método también es aplicable a los eventos cotidianos, para lograrlo simplemente se debe seguir los pasos de manera ordenada. El tipo de investigación aplicado en el desarrollo del presente proyecto es de Tipo Cuan experimental: Se presentó mediante la manipulación de variables comprobadas, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir ¿de qué modo? o ¿por qué causa? se produce una situación o acontecimiento particular.

Se trata de un experimento porque precisamente el investigador provoca una situación para introducir determinadas variables de estudio manipuladas por él, para controlar el aumento o disminución de esa variable, y su efecto en las conductas observadas. El investigador maneja deliberadamente la variable experimental y luego observa lo que sucede en situaciones controladas. La experimentación es la repetición voluntaria de los fenómenos para ser verificados. Lo que aconteció en el mencionado trabajo investigativo

### **2.1.2 Metodología**

Las etapas desarrolladas durante la investigación experimental fueron las siguientes:

1. Delimitar y definir el objeto de la investigación o problema.
2. Plantear preguntas directrices de trabajo.
3. Operacionalizar.
4. Realizar el experimento.
5. Analizar los resultados.
6. Sacar conclusiones.
7. Elaborar el informe.

### 2.1.3 Hipótesis

La hipótesis planteada en el proyecto de tesis es: “Implementar un adecuado sistema de generación eléctrica sustentable, que permitirá resolver las necesidades reales de energía que tienen los habitantes de las zonas rurales como el caso de “San Isidro alto perteneciente a la Parroquia de Alaquez del Cantón Latacunga Provincia de Cotopaxi” lo que corregirá acertadamente las deficiencias de suministro de energía eléctrica en el sector”.

De acuerdo a los resultados obtenidos por la suma y el promedio trimestral que se puede ver en las tablas de aprovechamiento de energía eléctrica para el sector san Isidro alto se puede decir que el sistema de generación híbrida cubre el consumo de generación diaria que requiere la casa comunal puesto que los días de funcionamiento del sistema híbrido son cuatro de los siete días de la semana en rango de tres a cuatro horas optimas en el uso continuo de energía eléctrica

### 2.1.4 Variables e indicadores

<b>Variable independiente</b>	<b>Variable dependiente</b>
Ausencia suministro de energía eléctrica	Diseño de un sistema de energía eólico-solar
<b>Indicadores</b>	<b>Indicadores</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Racionamiento del suministro eléctrico.</li><li>• Investigación</li><li>• Iluminación aprovechable</li><li>• Fuentes de energía alternativa</li><li>• Gestión de recursos eléctricos</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Aumento de suministro eléctrico</li><li>• Energía autosustentable</li><li>• Nuevos instrumentos de suministración eléctrica</li><li>• Mejoramiento de la calidad de vida</li></ul>
<b>Instrumentos</b>	<b>Instrumentos</b>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuentes Primarias y secundarias</li> <li>• Equipos de generación eléctrica autosustentables</li> <li>• Participación Comunitaria</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cálculos de rendimiento eléctrico</li> <li>• Sistema especializado en aprovechamiento de recursos eléctricos</li> <li>• Gestión comunitaria</li> </ul>
--	---

### **2.1.5 Fuente de Datos Primarios**

Para la obtención de los datos primarios se realizó un encuentro con los directivos encargada del cuidado de la casa comunal de San Isidro Alto, en este encuentro logró obtener información valiosa para poder iniciar con el diseño de los dos sistemas de generación eléctrica que hoy se encuentra instalado en ese sector de la provincia de Cotopaxi.

### **2.1.6 Fuente de Datos Secundarios**

Estos se obtuvieron de diversas fuentes, entre las que están, la información propia de la zona, datos históricos del clima y el diario vivir de los habitantes del sector, estos datos son internos debido a que se originan dentro de la zona en la cual se realizó la investigación.

Como fuente de datos externos están la información de la Torre del Aeropuerto Internacional Cotopaxi, que cuenta con un centro meteorológico, el mismo que nos proporcionó datos relacionados con la velocidad del viento en los diferentes meses del año, además de información tomada en dicho sector y además de teórica obtenida de publicaciones tales como libros, artículos, revistas especializadas e información de Internet.

## **2.2 Población**

El sector de San Isidro se caracteriza por tener un número reducido de habitantes que rondan entre las 18 cabezas de familia, debido a la falta de recursos básicos para poder subsistir en el medio. De las pocas personas que habitan en este lugar la gran mayoría trabaja en actividades relacionadas con la agricultura y otras trabajan fuera de la localidad.

Las cuales realizan actividades en la mencionada casa comunal y se reúnen los fines de semana en organizaciones como junta de aguas y organizaciones barriales.

### ***2.2.1 La parroquia “Aláquez”***

La parroquia de Aláquez se encuentra a una altitud que va desde 2700 a 3500 metros sobre el nivel del mar es una zona de excelente producción agrícola y pecuaria, La población de Aláquez alcanza a 4.895 habitantes de los cuales corresponde 2.343 habitantes a la población masculina y 2.552 a la población femenina, con un porcentaje de población mestiza del 94.9% y 5,01 de población indígena.

Cabe destacar que en la parroquia de Aláquez se asientan en las siguientes empresas florícolas: Santa Mónica, Mega rosas, Flori Laigua, Ever green, Sambel, Epcó, O.K. Ross, RosAláquez.

Las haciendas existentes son: Santa Mónica, La Merced, Laigua, Cuchitingue, Laigua de Maldonado y Epcó” (28)

### **2.2.2 Comunidad de San Isidro**

La comunidad de San Isidro que pertenece a la parroquia de Aláquez se encuentra a 14 Km de la cabecera cantonal a una altitud de 3250 metros sobre el nivel del mar. Con una temperatura promedio de 13.5°C y una precipitación anual de 550 mm, estos parámetros climáticos hacen que la comunidad tenga un clima apto para la agricultura y la ganadería debido a lo cual un 80% de sus habitantes se dedica a estas actividades y el 20% de la población trabaja en diferentes actividades entre ellas empleo público, privado, comercio, construcción, microempresas como el calzado y la construcción de cajones de madera para camionetas.

La comunidad cuenta de agua de riego suficiente el mismo que abastecería a todos los agricultores, lo cual no es posible por los siguientes problemas: la distribución inequitativa y la carencia de sistemas de riego tecnificados.

Los cultivos predominantes en la comunidad son: maíz, papa, morocho, habas, chochos, brócoli, fréjol, cebada, habas, sambos, zapallos, ocas, mellocos, pastos como: avena, vicia y alfalfa.

Parte de la economía familiar constituye la crianza de animales menores: Cuyes, conejos, gallinas, pollos, patos, gansos, pavos, palomas, y en menor número ganado vacuno, ovino, porcino, caballar (30)

### **2.2.3 Descripción del sitio del Proyecto**

La casa comunal del sector de San Isidro de la parroquia de Aláquez fue construida en la alcaldía de Rubén Terán está constituida por una casa de un piso de cemento de 5 metros de ancho por 9 de largo con un área habitable de 45m<sup>2</sup> y una altura 2.5 metros la cual es utilizada para diferentes actos realizados por los habitantes del sector, también consta de una cancha múltiple de 80m<sup>2</sup> para uso recreacional.



#### ***2.2.4 Requerimientos básicos de energía eléctrica en una casa comunal***

El proyecto en la comunidad de San Isidro se diseñó a partir de la necesidad de abastecer de energía eléctrica para cubrir la demanda energética de la población rural.

Es importante indicar también, que antes de realizar los cálculos para dimensionar los sistemas de generación eólico solar fue primordial saber la cantidad de energía que requería la casa comunal en el sector de San Isidro de la parroquia de Aláquez y por otro lado que el monto a invertirse sea lo más módica posible.

En el diseño e implementación del sistema de generación eólico-solar para la casa comunal se pensó en utilizar aparatos eléctricos y electrónicos con alto grado de eficiencia energética, los mismos que ayudaran a optimizar el uso de este sistema de generación.

En la tabla siguiente se detalla el uso que tendría la energía eléctrica generada por el sistema de generación.

**TABLA 2.1**  
**REQUERIMIENTOS DE ENERGÍA BÁSICA**

CARGA	UD	I (A)	V (V)	Uso semanal		P (W)	P Men. (KWh/Men)
				(h/d)	(d/se)		
iluminación interior	8	0.3636	110	5	4	40	25.6
iluminación exterior	3	0.1818	110	5	4	20	4.8
iluminación baño	1	0.1818	110	5	4	20	1.6
Radio – grabadora	1	0.14	110	5	4	15	1.2
laptop	1	0.27	110	5	4	30	2.4
<b>Total en W</b>						445	35.6

**Fuente:** El investigador.

I: corriente

V: voltaje

P:  $V \times I$  potencia en Vatios

(h/d): horas del día

(d/se): días de la semana

Pmen: potencia mensual

## 2.3 Recopilación de la información

### *2.3.1 Velocidades del viento en la provincia de Cotopaxi*

Una de las informaciones que se utilizó para la realización de la implementación de estos sistemas de generación es la que se obtuvo del Aeropuerto Internacional de Carga Cotopaxi, los cuales nos facilitaron los históricos de la velocidad del viento de aproximadamente 36 años desde el año 1973 hasta el 2013.

También se nos facilitó las mediciones de la velocidad del viento de todo el año 2014 que fueron realizadas en forma continua desde enero a diciembre del año 2014 y de los tres primeros meses del año 2015 meses, las que fueron tomadas durante las 24 horas del día.

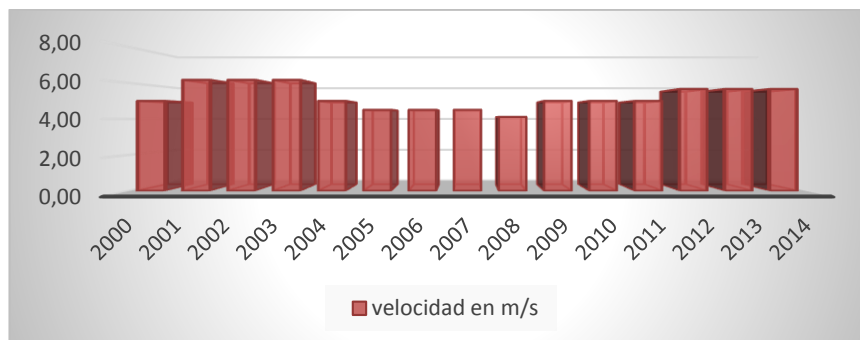
En la siguiente tabla se detalla un resumen de los valores de velocidad del viento proporcionados por la institución antes mencionada.

**TABLA 2.2**  
**REGISTRO HISTÓRICO DE LA VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO EN KT**  
**AEROPUERTO " COTOPAXI "**  
**LATACUNG A**

Año	Velocidad en Kt	velocidad en m/s
2000	10	5,00
2001	12	6,17
2002	12	6,17
2003	12	6,17
2004	10	5,00
2005	9	4,51
2006	9	4,51
2007	9	4,51
2008	8	4,11
2009	10	5,00
2010	10	5,00
2011	10	5,00
2012	11	5,66
2013	11	5,66
2014	11	5,66
	<b>Suma</b>	<b>78,13</b>
	<b>Promedio</b>	<b>5,21</b>

1kt= 0,514791 m/s; 1,85325 km/h

**GRÁFICO 2.1**  
**VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO EN KT**



**TABLA 2.3**  
**VALORES DE LA VELOCIDAD DE VIENTO DE ENERO A MARZO**  
**DEL AÑO 2015**

ENERO			FEBRERO			MARZO		
	TEMP. (C°)	V. DE VIENTO (m/s)		TEMP. (C°)	V. DE VIENTO (m/s)		TEMP. (C°)	V. DE VIENTO (m/s)
01/01/2015	14	5,30	02/01/2015	13	5,38	03/01/2015	16	4,80
01/02/2015	12	6,69	02/02/2015	12	6,16	03/02/2015	17	3,20
01/03/2015	13	7,10	02/03/2015	13	6,83	03/03/2015	17	3,14
01/04/2015	12	7,25	02/04/2015	14	5,00	03/04/2015	19	4,80
01/05/2015	12	6,75	02/05/2015	15	5,80	03/05/2015	16	5,10
01/06/2015	13	6,38	02/06/2015	14	3,55	03/06/2015	14	4,30
01/07/2015	13	6,20	02/07/2015	14	3,50	03/07/2015	15	5,50
01/08/2015	14	5,97	02/08/2015	14	3,50	03/08/2015	15	6,10
01/09/2015	14	6,33	02/09/2015	14	4,36	03/09/2015	16	5,80
01/10/2015	13	6,52	02/10/2015	14	2,61	03/10/2015	16	5,50
01/11/2015	13	7,30	02/11/2015	13	5,52	03/11/2015	16	5,70
01/12/2015	14	6,88	02/12/2015	13	4,00	03/12/2015	16	7,30
01/13/2015	14	6,02	02/13/2015	16	6,47	03/13/2015	15	4,50
01/14/2015	14	3,91	02/14/2015	15	5,86	03/14/2015	16	4,80
01/15/2015	15	5,38	02/15/2015	13	4,10	03/15/2015	16	3,70
01/16/2015	15	5,44	02/16/2015	15	6,47	03/16/2015	15	5,30
01/17/2015	14	3,58	02/17/2015	15	4,58	03/17/2015	14	3,30
01/18/2015	12	4,55	02/18/2015	14	7,97	03/18/2015	13	5,50
01/19/2015	12	3,27	02/19/2015	16	5,97	03/19/2015	14	4,10
01/20/2015	12	4,77	02/20/2015	15	3,72	03/20/2015	13	2,10
01/21/2015	12	2,10	02/21/2015	15	5,63	03/21/2015	13	6,40
01/22/2015	11	3,19	02/22/2015	15	4,58	03/22/2015	14	2,60
01/23/2015	12	4,94	02/23/2015	15	4,33	03/23/2015	13	3,60
01/24/2015	14	2,10	02/24/2015	17	5,41	03/24/2015	13	3,80
01/25/2015	14	3,75	02/25/2015	14	7,77	03/25/2015	14	4,30
01/26/2015	13	4,66	02/26/2015	15	5,01	03/26/2015	13	3,90
01/27/2015	16	2,41	02/27/2015	14	4,83	03/27/2015	14	5,10
01/28/2015	14	5,94	02/28/2015	15	5,30	03/28/2015	14	3,50
01/29/2015	12	3,44				03/29/2015	13	4,50
01/30/2015	15	6,16				03/30/2015	13	5,20
01/31/2015	14	5,33				03/31/2015	14	3,10
<b>Σ</b>		<b>159,61</b>			<b>144,21</b>			<b>140,54</b>
<b>Media</b>		<b>5,15</b>			<b>5,15</b>			<b>4,53</b>
<b>Aritmética</b>								

Fuente: Aeropuerto Internacional de Carga Cotopaxi.

Grupo investigado

### *2.3.2 Tipo de viento en el lugar del proyecto*

El tipo viento que se tiene en el sector de San Isidro depende de su región y se resumen en la siguiente tabla:

**TABLA 2.4**  
**TIPO DE VIENTO EN SAN ISIDRO**

Tipos	Característica
Región Interandina o Sierra	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Climas: Mesotópico húmedo, Mesotópico semi-húmedo, clima seco, frío Andino (2.500 hasta los 4.700 m. s. n. m.)</li> <li>• Temperaturas entre los 10° C y 15° C.</li> <li>• Vientos de drenaje, de montaña y valle.</li> </ul>

**Fuente:** Construcción de un Generador Eólico de bajas revoluciones&

Endara. L y Toctaguano. C. 2011

<http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/1318/1/T-UTC-0910.pdf>

## 2.4 Velocidades del viento tomadas en la zona de San Isidro

La información que se tomó en la zona de la casa comunal con la ayuda de un Anemómetro digital en el proyecto en el sector de San Isidro de la Parroquia de Aláquez, las mediciones de la velocidad del viento fueron realizadas en forma continua desde enero a marzo del año 2015, las 24 horas del día. El anemómetro utilizado es un instrumento que mide la velocidad del viento. Este aparato es el más común para medir la velocidad del viento y la temperatura. Mientras que el anemómetro está girando, se van generando pulsaciones eléctricas, las mismas que son contabilizadas.

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

**GRÁFICO 2.2**  
**ANEMÓMETRO DIGITAL**



En las siguientes tablas se detalla un resumen de los valores de velocidad del viento en este sector.

**TABLA 2.5**  
**VALORES DE LA VELOCIDAD DE VIENTO DEL AÑO 2015**

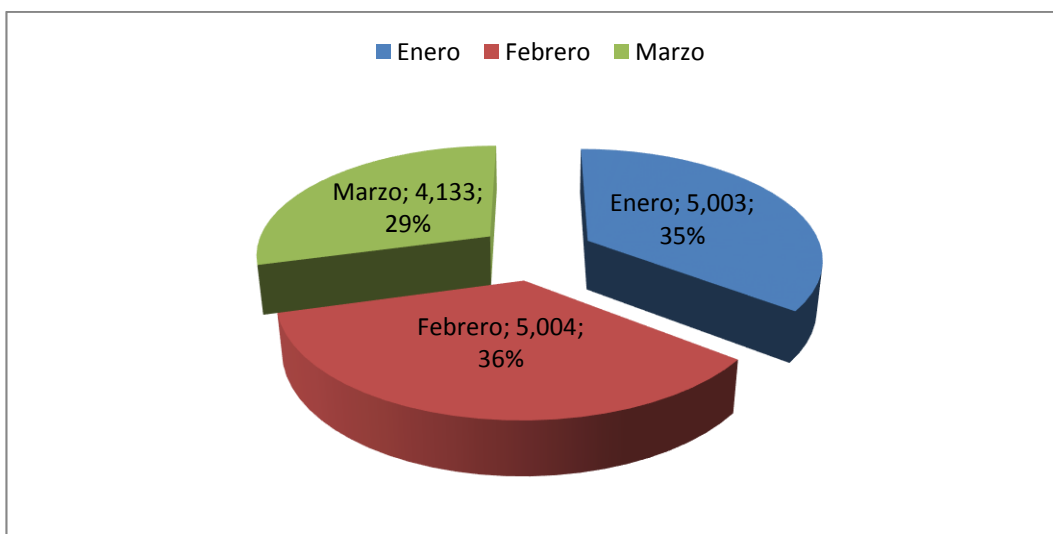
Año	Mes	V máx.	V mín
		m/s	m/s
2015	Enero	8,5	1,8
2015	Febrero	8,7	1,5
2015	Marzo	7,8	1,7

Fuente: El investigador.

**TABLA 2.6**  
**PROMEDIO DE LA VELOCIDAD DE VIENTO AÑO 2015**

RESULTADO	Enero	Febrero	Marzo
Suma	155,079	140,1	128,125
Promedio	5,003	5,004	4,133
			14,139
			4,71306324

**GRÁFICO 2.3**  
**PROMEDIO VELOCIDAD DE VIENTO AÑO 2015**



Fuente: El investigador.

## 2.5. Tablas de Radiación de la Provincia de Cotopaxi

La tabla identifica el nombre de la provincia la cabecera cantonal, el lugar donde está ubicada con su longitud, latitud y los meses respectivos. La cual indica los valores de radiación solar en KW h/m<sup>2</sup> que comprenden los meses desde enero hasta diciembre, como se puede observar en la tabla 2.

**Tabla 2.7**  
**VALORES DE IRRADIACIÓN DE COTOPAXI Y LATACUNGA**

UBICACIÓN	TABLA DE IRRADIACIÓN SOLAR MENSUAL Y PROMEDIA DURANTE 10 AÑOS (KWh/m <sup>2</sup> )														
	LAT.	LONG.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO
COTOPAXI	1 S	79 W	3,73	3,98	4,05	3,88	3,74	3,47	3,71	3,97	3,98	3,77	3,88	3,79	<b>3,83</b>
LATACUNGA	0,92 S	78,62 W	4,47	4,38	4,21	4,01	4,07	4,09	4,32	4,53	4,44	4,51	4,44	4,37	<b>4,32</b>
QUITO	0,22 S	78,48 W	4,48	4,6	4,68	4,35	4,55	4,28	5,22	5,1	5,11	4,68	4,39	4,69	<b>4,68</b>

Fuente: (decreto ejecutivo N° 3970,1996,págs.32-35)

## 2.6. Mediciones de la radiación solar tomadas en la zona donde se instaló el proyecto

La información que se recopiló en el sector San Isidro Alto de la parroquia Aláquez, se realizó con la ayuda de un Pyranometro las cuales fueron realizadas en forma continua desde los meses enero a marzo del año 2015, en las 12 horas de sol aprovechable.



En las siguientes tablas se detalla un resumen de los valores de radiación solar en este sector.

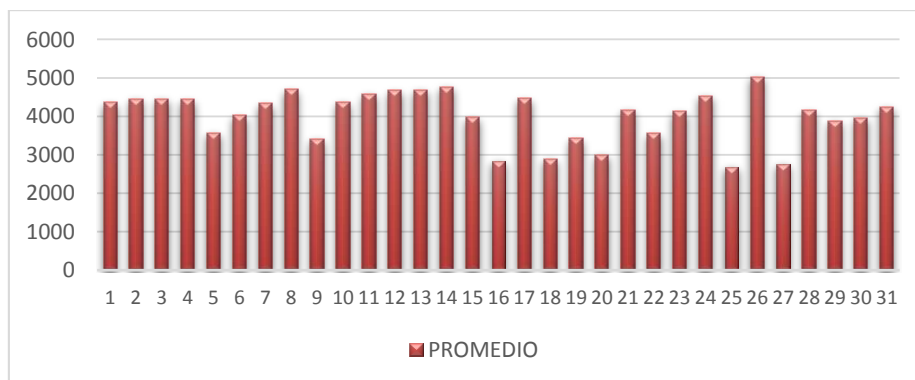
**TABLA 2.8**  
**VALORES DE RADIACIÓN SOLAR ENERO A FEBRERO 2015**

DIAS	Enero	Febrero	Marzo
	PROMEDIO	PROMEDIO	PROMEDIO
1	4.359,50	4.735,50	4.360,00
2	4.450,50	5.305,50	6.309,00
3	4.449,50	5.844,50	6.421,00
4	4.441,00	6.121,00	6.133,50
5	3.570,00	6.029,50	4.159,50
6	4.022,50	5.832,00	3.505,50
7	4.330,50	3.968,00	4.832,00
8	4.704,00	5.910,50	4.757,50
9	3.408,00	5.796,50	4.891,50

DIAS	Enero	Febrero	Marzo
	PROMEDIO	PROMEDIO	PROMEDIO
10	4.372,50	5.931,50	4.085,00
11	4.577,00	3.834,00	4.098,50
12	4.672,00	4.507,50	5.016,00
13	4.686,00	4.722,50	4.955,00
14	4.755,50	5.628,50	5.092,50
15	3.974,50	3.798,00	4.607,00
16	2.840,50	5.840,50	4.899,50
17	4.466,00	6.165,50	4.524,00
18	2.883,00	5.824,00	3.108,00
19	3.426,50	5.722,00	3.906,50
20	2.988,00	5.392,50	4.261,50
21	4.163,00	3.740,50	4.677,00
22	3.553,00	2.768,00	4.237,50
23	4.120,00	4.678,00	3.672,00
24	4.527,50	4.710,50	5.098,00
25	2.683,50	4.759,50	6.656,00
26	5.032,00	5.894,50	4.015,00
27	2.757,50	5.626,00	3.780,50
28	4.152,00	4.776,50	4.836,50
29	3.890,00		4.484,50
30	3.955,50		4.999,00
31	4.234,50		5.151,00

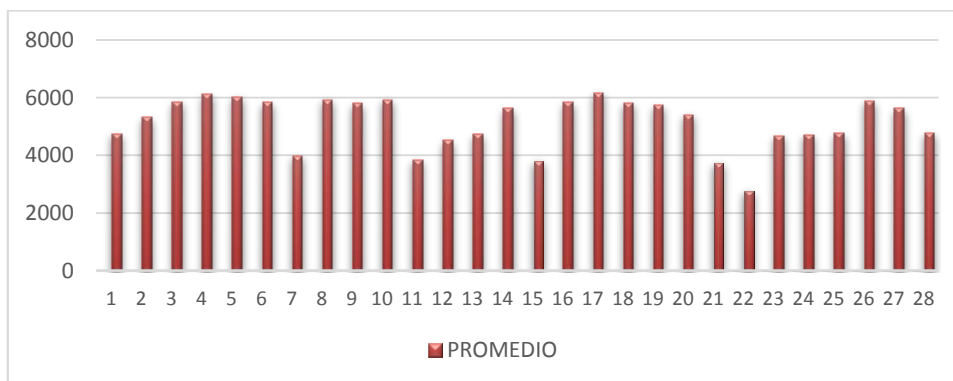
Fuente: El investigador.

**GRÁFICO 2.4**  
**VALORES DE RADIACIÓN SOLAR ENERO 2015**



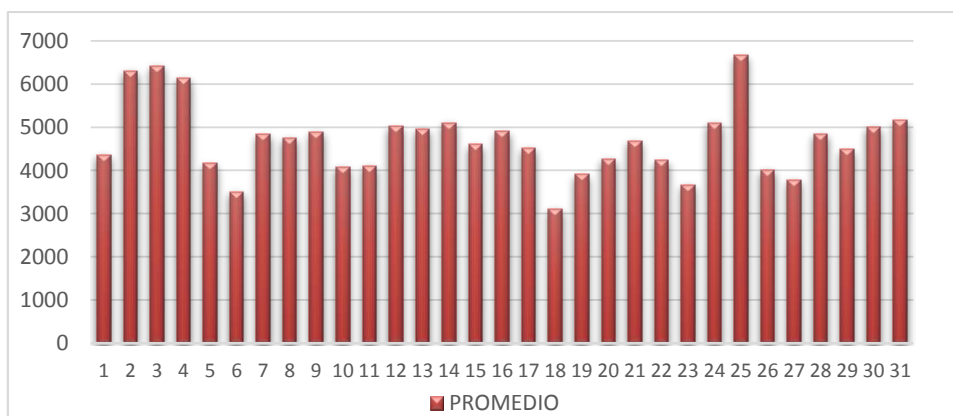
Fuente: El investigador.

**GRÁFICO 2.5**  
**VALORES DE RADIACIÓN SOLAR FEBRERO 2015**



Fuente: El investigador.

**GRÁFICO 2.6**  
**VALORES DE RADIACIÓN SOLAR MARZO 2015**



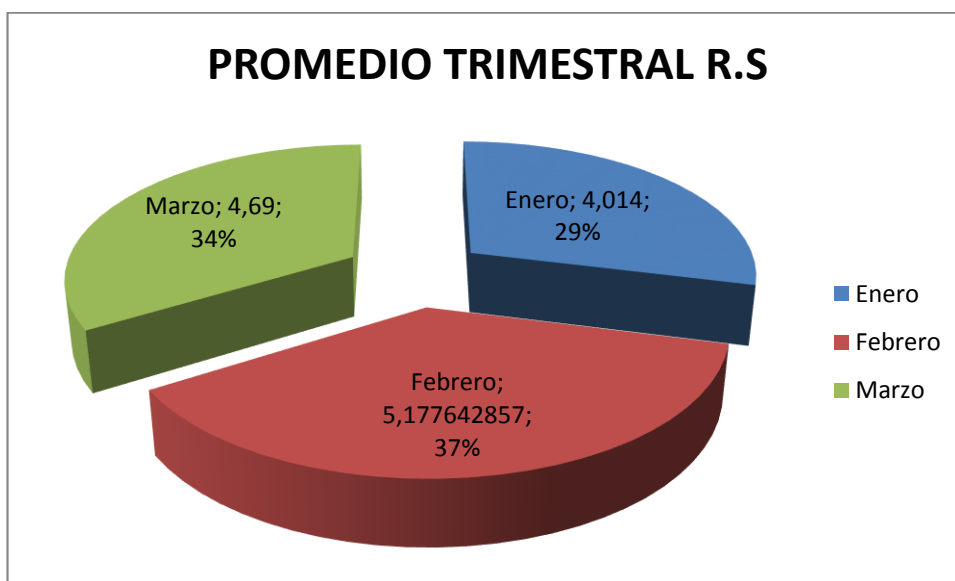
Fuente: El investigador.

**TABLA 2.9**  
**VALORES DE RADIACIÓN SOLAR TRIMESTRAL 2015**

Enero	Febrero	Marzo
124,4455	144,974	145,53
4,014	5,177642857	4,69
	<b>RESULTADO</b>	<b>13,89</b>
	<b>PROMEDIO TRIMESTRAL</b>	<b>4,63</b>

Fuente: El investigador.

**GRÁFICO 2.7**  
**PROMEDIO RADIACIÓN SOLAR TRIMESTRAL 2015**



**Fuente:** El investigador.

## **CAPITULO III**

### **3. PROPUESTA**

#### **3.1 Sistema de generación híbrida eólico-solar**

Este capítulo está dedicado exclusivamente al dimensionar y construir los sistemas de Generación eléctrico Eólico-Solar para los cuales se tomó como punto de partida la información previa de los capítulos anteriores.

El dimensionamiento de los sistemas de generación se lo realizó con la información obtenida gracias al trabajo de campo realizado en la comunidad de San Isidro de la Parroquia de Aláquez , con respecto a la velocidad del viento y a la radiación solar, con los datos obtenidos se propone la construcción de un sistema híbrido de generación eólico-solar, con la información obtenida se realiza los cálculos matemáticos y de ingeniería para dimensionar los dos sistemas de generación, como son la capacidad del aerogenerador y el número de paneles fotovoltaicos a utilizar y además los equipos de electrónica que se requieren para la operación de éstos tipos de sistemas de generación eléctrica.

#### **OBJETIVO GENERAL**

Implementar un sistema de generación eléctrica eólico-solar, el cual permita cubrir las necesidades reales de energía que tienen los habitantes de las zona rural alejada del cantón para dar solución a la falta de suministro de energía eléctrica en el sector San Isidro alto perteneciente a la Parroquia de Alaquez del Cantón Latacunga Provincia de Cotopaxi”.

## OBJETIVO ESPECIFICOS

- Implementar un sistema de iluminación mediante energía solar-eólica para la casa comunal.
- Generar la suficiente energía eléctrica para consumo y hacerlo de manera sostenida.

### 3.1.1 Dimensionamiento del sistema híbrido

Para dimensionar los sistema de Generación híbrida (Eólico-solar) se utilizó la información previa de los capítulos anteriores y el trabajo de campo que se realizó en la comunidad de San Isidro con respecto a la velocidad del viento y la radiación solar.

Lo primero que se realizara es el cálculo de la potencia del viento la cual nos indicara la energía que puede suministrar a nuestra carga, para luego realizada esta diferencia y saber qué cantidad de energía hace falta para la carga, se realizara los cálculos para dimensionar el sistema de generación fotovoltaica el cual cubrirá el faltante de la energía que se desea suministrar a la carga.

#### Corrección de la Velocidad del Viento con Respecto a la Altura

Para realizar el cálculo de la potencia que puede generar el generador lo primer se utilizara la ecuación 18 la cual permite calcular el perfil de velocidad del viento en función de la altura, sabiendo que la velocidad del viento  $V_0 = 5$  m/s a la altura  $Z_0 = 1.5$  m (mediante medidas anemométricas) y la rugosidad del suelo  $\alpha$  que se nos da en la tabla 1.3

$$V_1 = V_0 \cdot \left( \frac{Z_1}{Z_0} \right)^\alpha$$

$$V_i = 5\left(\frac{9}{1.5}\right)^{0.16}$$

$$V_i = 6,66 \text{ m/s}$$

### ***3.1.2 Cálculo de la potencia del viento para el aerogenerador***

La potencia que genera el viento con una velocidad  $V$  a través de un área  $A$  perpendicular a  $V$ , es:

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

**Ecuación N° 3.** Cálculo de la potencia del viento

Dónde:

$P$  viento: es la potencia en el viento en vatios

$p$ : la densidad del aire (aprox. 1.25Kg/m<sup>3</sup>)

$V$ : es la velocidad del viento en m/s

$A$ : es el área perpendicular al viento en m<sup>2</sup>

En un día con borrasca en el sector de San Isidro la velocidad del viento puede variar de 1 a 8.5 m/s, implicando que la potencia en el viento cambia por un factor de  $(8.5)^3 = 615$ . Un cambio de esta magnitud ocurre diariamente, por lo que refleja las grandes variaciones que la potencia del viento puede alcanzar en diferentes lugares del sector y escalas de tiempo.

Para el diseño de esta turbina del aerogenerador se realiza con el siguiente cálculo y se expresa el resultado en metros cuadrados.

**Diámetro:** 1.80 m

$\pi$  : 3.1415

$$A = (\pi \cdot D^2) / 4 \quad (\text{Ec.7})$$

$$A = 3.1415 \times 1.8 / 4$$

$$A = 2.55\text{m}^2$$

A continuación aplicar la fórmula de la potencia producida por una masa de aire en movimiento.

$$P = \frac{1}{2} \rho A V^3 \quad (\text{Ec.6})$$

Si el viento sopla con una velocidad de 6,66 m/s equivalente a unos 24 Km/h y sustituyendo en la ecuación los valores obtenidos.

$$P = \frac{1}{2} \times 1.25 \times 2.55 \times 295$$

$$P = 470 \text{ W}$$

“Esta sería la potencia teórica, pero este valor no es de todo cierto. Para obtener un valor más real se aplica el límite de Betz los primeros aerogeneradores tenían rendimientos de 10% pero generadores más modernos que se utilizan establece que el rendimiento máximo de cualquier aerogenerador no puede superar nunca el 54 %”.

$$P = 470 \times 0.54 = 254\text{W}$$

Lo cual significa que la potencia máxima producida por el aerogenerador estaría entorno a los 254W. Pero eso no siempre ocurre por la variación del valor de la velocidad con la que sopla el viento.

**TABLA 3.1**  
**VARIACIÓN DE LA POTENCIA EÓLICA EN EL SECTOR SAN ISIDRO**

Velocidad del viento en m/s	2	3	4	5	6	7	8
Potencia Eólica en W	30	55	129	254	438	697	1039

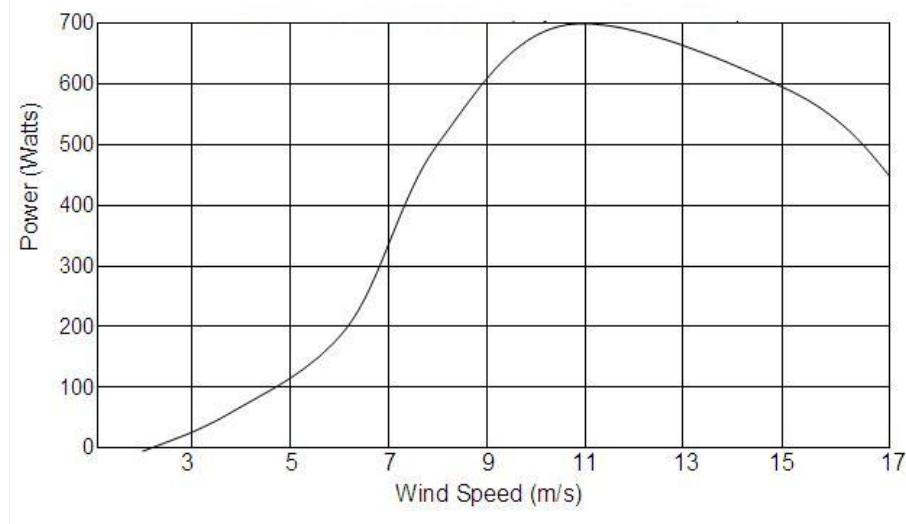
Fuente: el investigador

### *3.1.3 Curva de potencia del viento*

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

**GRÁFICO 3.1**  
**CURVA POTENCIA DEL VIENTO EN CONDICIONES NORMALES DEL SECTOR SAN ISIDRO**

**Gráfico 3.1:** Curva potencia del viento en condiciones normales del sector San Isidro



**Fuente:**

Las curvas de potencia se obtienen a partir de medidas realizadas en el campo, donde se utiliza un anemómetro con el cual se obtendrá las mediciones de la velocidad del viento.

## 3.2 Dimensionamiento del sistema solar fotovoltaico

Para el dimensionamiento del sistema solar fotovoltaico se realizara una serie cálculos para obtener la potencia de los equipos para la generación de la energía eléctrica, para los cuales realizara un balance adecuado de cargas o puntos de consumo desde el punto de vista técnico.

### 3.2.1 Energía total de consumo

La energía que se necesita para la iluminación de la casa comunal en San Isidro en el que se establecen gran parte el diseño del sistema generación hibrida. Por lo que es importante determinar el consumo energético total lo más detallado posible:

La casa comunal de San Isidro se requiere una potencia de

**TABLA 3.2**  
**CARGAS DE LA CASA COMUNAL DE SAN ISIDRO**

Cargas de casa comunal	Voltaje V	Corriente A	Potencia W	Cantidad
8 lámparas DE 40w	110	0.363	40	320
Iluminación exterior 3 DE20W	110	0.185	20	60
Iluminación Baño	110	0.185	20	20
RADIO	110	0.14	15	15
LAPTOP	110	0.28	30	30
TOTAL		4.05		445

Fuente: El Investigador

**Potencia: Voltaje x Corriente**

**Voltaje: 110 V**

**Corriente : 4.05 A**

En las mediciones realizadas en la tabla 3.2 se obtuvieron los siguientes resultados:

$$P = V \times I$$

$$P = 110V \times 4.05A$$

$$P = 445 W$$

### ***3.2.2 Dimensionamiento del Panel solar, Regulador, Inversor y Bateria***

Para alimentar los equipos eléctricos que existen en una casa comunal es necesario conocer la carga instalada y la demanda diaria, el consumo de Cada aparato porque cada aparato eléctrico consume una cantidad de energía distinta y se mide en vatios (Wh).

Los vatios hora son la potencia eléctrica consumida por cada aparato eléctrico durante tiempo n, por ejemplo en 1 hora.

Ec: 1.3

$$\text{Energía (Wh)} = \text{Potencia(W)} \times \text{Tiempo(h)}$$

La potencia máxima de todos los aparatos eléctricos es de 445 W x 1 hora= 445 Wh

#### **Baterías**

La demanda máxima de la casa comunal de San Isidro es de 445W, las baterías no miden en vatio hora (Wh) sino en amperio hora (Ah).

Si los 445W permanecen encendido durante cuatro horas en la noche y consumirá:

$$445W \times 4 \text{ horas} = 1780 \text{ Wh}$$

Los (Wh) que puede suministrar una batería dependen del voltaje que puede proporcionar la batería, normalmente 12 o 24 voltios. Si una batería

tiene una capacidad de 100 Ah y un voltaje de 24 voltios la potencia teórica que podríamos sacar de la batería serían 2400Wh.

El cálculo que hay que realizar es el siguiente:

$$\begin{aligned}
 P &= I \times V && \text{Ec: 1.5} \\
 P &= 100 \text{ Ah} \times 24 \text{ V} \\
 P &= 2400 \text{ Wh}
 \end{aligned}$$

Una batería de 100Ah a 24V sería suficiente para abastecer la casa comunal con potencia pico de 445W en el día (durante las 4 horas), pero el porcentaje de descarga que tiene la baterías es muy elevada alrededor del 75% por lo cual mediante el uso del sistema de generación eólico de generación eléctrica con una potencia de 254W, para abastecer los 445W que consume la casa comunal en estudio se necesita una potencia adicional de 191W para horas pico y que comúnmente son las horas de la noche (18:00 hasta 22:00) para eso se necesita acumular esa potencia en baterías con la ayuda de paneles solares.

$$191\text{W} \times 4 \text{ horas} = 764 \text{ Wh}$$

De acuerdo al diseño requerido se tiene:

Total de potencia requerida: 191 Watts

Tiempo uso: 4 horas a diario (de 18h00 a 22h00)

Cantidad de potencia requerida en el día:

$$191\text{Watts} \times 4 \frac{\text{horas}}{\text{día}} = 764 \frac{\text{W.h}}{\text{día}} = 0.77 \frac{\text{Kwh}}{\text{día}} \quad (2)$$

### 3.2.3 Cálculo y selección del número de paneles solares de la propuesta

Para realizar el cálculo del tamaño y número de paneles fotovoltaicos que se requieren para la casa comunal la cual nunca va a ser 100% confiable, por lo cual es necesario asegurar el diseño sobredimensionando el sistema por lo que aplicara la siguiente ecuación.

#### 3.2.3.1 Método de selección del número de paneles

La manera más simple de determinar el tamaño de un sistema fotovoltaico es utilizando la siguiente fórmula:

$$A_r = 1200 \times \frac{(E_d)}{(I_d)} \quad (3)$$

Dónde:

Ar: Tamaño del panel (Wp)

Ed: Consumo de energía (kWh/día) = 0.77 kWh/día

Id: HPS Para seleccionar el número de paneles fotovoltaicos se ha determinado (Tabla) que existen 4.6 horas pico de sol radiante por día.

$$A_r = \frac{(1200) \times \left( 0.77 \frac{KWh}{día} \right)}{(4.6HPS)}$$

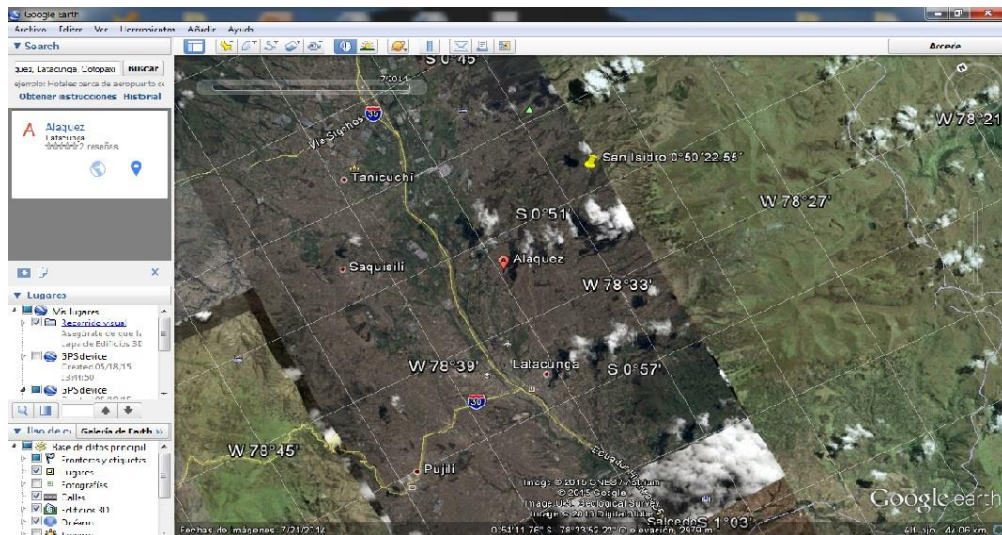
$$A_r = 200.86$$

Se selecciona 1 paneles fotovoltaicos de 200 Wp a 24 V.

## Angulo de Orientación

Como la instalación se va a realizar en la ciudad de Latacunga en la parroquia Aláquez en el sector de San Isidro, el que está muy cerca de la línea ecuatorial hacia el sur, el panel solar se debe orientar hacia el norte, con una variación máxima de +/- 20 grados.

**GRÁFICO 3.2**  
**LATITUD GEOGRÁFICA DE SAN ISIDRO DE ACUERDO A**  
**GOOGLEEARTH**



Fuente: [www.googleearth.com.ec/latacunga](http://www.googleearth.com.ec/latacunga) 2015

## Datos del Lugar

Latacunga Parroquia Aláquez sector San Isidro, Latitud geográfica: 0°50' 22\"/>

La inclinación que se aplica en el sistema fotovoltaico según la tabla 3.3 el ángulo de inclinación recomendado es de 15° durante todo el año para el sector de san Isidro Alto de parroquia de Aláquez.

### ***3.2.4 Cálculo y selección del regulador de carga aplicada en el proyecto***

El tamaño de la unidad de control está determinado por la máxima corriente que puede esperarse del sistema fotovoltaico. Esta puede ser tanto la corriente de los paneles a la batería y/o uso final, o la corriente de la batería hasta el uso final. Ambas corrientes máximas deben calcularse para determinar la capacidad de la unidad de control.

El controlador se selecciona según la máxima corriente que pasa por los cables:

1. Panel - batería = 200 Watt y Batería de 24 V =  $200/24 = 8.33$  A
2. Batería – carga = 100 Watt a 24V = 6,6 A

Entonces el controlador seleccionado debe soportar una corriente mínima de 8,33 A (la mayor intensidad de corriente).

Se selecciona el controlador **Solar charge controller (PWM)** que soporta una corriente hasta **30A**.

### ***3.2.5 Selección del inversor***

Un inversor también consume energía y por tanto disminuye la eficiencia general del sistema. La ventaja del inversor es que el voltaje de operación es mucho más alto y por tanto puede evitarse el uso de cables gruesos. Especialmente cuando deben usarse cables largos es económicamente viable utilizar un inversor.

El inversor debe ser capaz de garantizar los parámetros siguientes:

La carga energética de la casa comunal de San Isidro es de 445W que será utilizada por 4 horas en el día.

Voltaje de entrada 24VCD Voltaje de salida 110VCA Frecuencia de 60 Hz

Se selecciona un Inversor **Eosol** que suministra hasta 600 Watts.

### **Torre del Aerogenerador**

Siendo el objetivo de este proyecto el de implementar un generador eólico para la zona rural de San Isidro de la parroquia de Aláquez de la Provincia de Cotopaxi, para su aprovechamiento en generación de electricidad.

Se adoptó la sugerencia del fabricante del aerogenerador la cual sugiere una torre con una altura de 9 m, la cual se consideró adecuada para la zona en donde se instaló el proyecto, ya que se trata de una superficie libre de obstáculos y está ubicada en la cima de la montaña. Una vez determinada la altura, se procedió a seleccionar la torre.

La que se consideró seleccionar un poste de 9 metros y se adquirió un poste de acero cilíndrico utilizado por la empresa eléctrica el cual está constituido por un solo tubo de acero fundido, siendo la ventaja de este material su rigidez y su principal desventaja el peso.

Por lo que se optó trasladarla con la ayuda de una grúa. Además se situaron, las clavijas en donde se colocarían los tensores para soportar a la torre, además se adecuaron los soportes necesarios para facilitar el acenso para dar el mantenimiento al aerogenerador.

Estos tensores están separados cada uno a 120°. Considerando que se colocaron los anclajes a 5 m de la base de la torre y tomando en cuenta la altura a las que estarán colocadas las clavijas, se necesitó 30 m de cable en total para los tensores.



### ***3.2.6 Cálculo y selección del conductor***

Los elementos del sistema fotovoltaico se encuentran a las siguientes distancias:

**Longitud panel-regulador:** máximo 1,5m

**Longitud Regulador-batería:** máximo 1,5m

**Longitud Batería/inversor:** máximo 1m

**Longitud batería-inversor/carga:** máximo 1m

La máxima corriente que admite el sistema fotovoltaico diseñado y ya calculado será entre el panel y la batería, la cual es 8,33 Amperios, por lo tanto:

Donde  $(V_a - V_b)$  se define 
$$S = \frac{2LI}{56(V_a - V_b)}$$
 como:

$$(V_a - V_b) = (24) \times (1.5\%) = 0.36$$

Despejando el diámetro del conductor se tiene:

$$S = \frac{2 (4) (8.33)}{(56) (0.36)} = 3.30 \text{ mm}^2$$
$$3.30 \text{ mm}^2 = \frac{\pi \times \phi^2}{4}$$

Donde el diámetro es 2.04 mm

Se selecciona el conductor de acuerdo a la tabla de calibres AWG:

**TABLA 3.3**  
**CALIBRE DE CONDUCTORES AWG Y SUS DIÁMETROS DE CABLE**

Diámetro mm	Diámetro pulgadas	AWG
0.1812	0.032	20
1.020	0.040	18
1.290	0.051	16
1.630	0.064	14
2.050	0.081	12
2.590	0.102	10
3.26	0.128	8
4.11	0.161	6

Fuente: CRC Handbook (1976), CRC Press.

De acuerdo al diámetro del conductor calculado se selecciona de la tabla un conductor **número 12 AWG**.

Los elementos del sistema de generación eólico se encuentran a las siguientes distancias:

**Longitud aerogenerador –regulador/ inversor:** máximo 13m

**Longitud regulador-batería:** máximo 1,5m

**Longitud batería/inversor:** máximo 1m

**Longitud batería-inversor/carga:** máximo 1m

La máxima corriente que admite el sistema generación eólico ya calculada será entre el aerogenerador y la batería, la cual es 8.33 Amperios, por lo tanto:

$$S = \frac{2LI}{56(V_a - V_b)}$$

Donde (Va-Vb) se define como:

$$(V_a - V_b) = (24) \times (1.5\%) = 0.36$$

$$S = \frac{2 (13) (8.33)}{(56) (0.36)} = 10.74 \text{mm}^2$$

Despejando el diámetro del conductor se tiene:

$$10.74 \text{mm}^2 = \frac{\pi \times \phi^2}{4}$$

Donde el diámetro es 3.6 mm

Se selecciona el conductor de acuerdo a la tabla de calibres Numero 8 AWG:

**TABLA 3.4**  
**CALIBRE DE CONDUCTORES AWG Y SUS DIÁMETROS DE CABLE**

Diámetro mm	Diámetro pulgadas	AWG
0.1812	0.032	20
1.020	0.040	18
1.290	0.051	16
1.630	0.064	14
2.050	0.081	12
2.590	0.102	10
3.26	0.128	8
4.11	0.161	6

Fuente: CRC Handbook (1976), CRC Press.

De acuerdo al diámetro del conductor calculado se selecciona de la tabla un conductor **número 8 AWG**.

### **3.3. Elección del Sistema de Generación Eléctrica Híbrido a Implementarse**

Para la elección de un sistema adecuado para la generación eléctrica que satisface las necesidades que requiere la casa comunal del sector San Isidro de la Parroquia de Aláquez.

El cual se realizó con la recopilación de datos de campo para realizar el análisis respectivo y los cálculos de los datos concernientes a la velocidad del viento y la radiación solar del sector ya mencionado, el cual dio como resultado la potencia que se puede generar con la velocidad del viento y la radiación solar, la cual hace factible la construcción del sistema de generación híbrido.

Por lo cual se procedió a la selección un sistema de generación híbrida el que permitió acoplar un sistema de generación eólica y fotovoltaica, lo que es la mejor opción que se adapta a nuestro proyecto de generación el cual almaceno la energía generada del sistema en acumuladores, ya que la mayor demanda energética es en el horario nocturno (18:00 a 22:00).

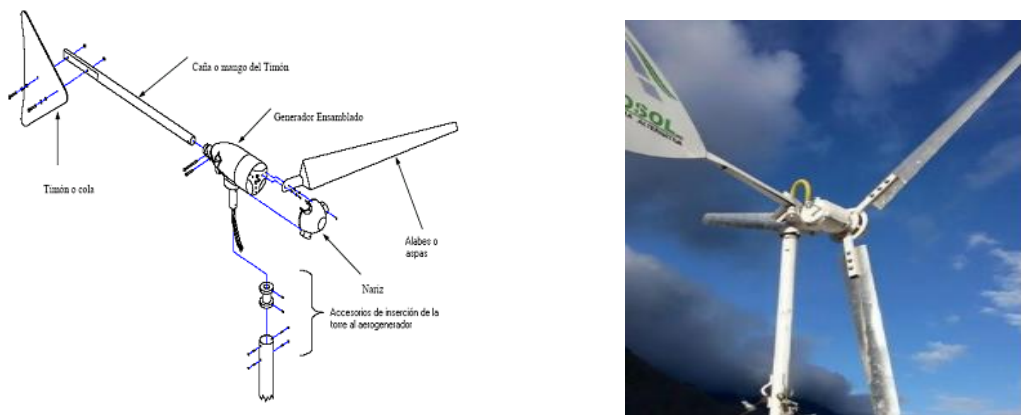
#### ***3.3.1 Selección del Aerogenerador***

El aerogenerador de eje horizontal de viento el cual escogí se instala por lo general en una torre alta, el cual recoge la energía cinética del viento y convierte en electricidad y con la ayuda de un inversor la transforma en un voltaje compatible con el sistema eléctrico de una casa.

### 3.3.2 Estructura y desempeño

La turbina China Newsky power de 600w importadas por Eosol la cual escogí de algunas alternativas son hechas con una aleación de aluminio fuerte que los hace durables. La turbina Newsky power de 600w puede resistir los ambientes muy duros de nuestro país la cual soportara los vientos fuertes y los climas fríos que las hacen idóneas para nuestra implementación, ya que el lugar elegido para la colocación de los equipos es un sitio con temperaturas muy bajas. Los polos del generador son construidos en base a imanes permanente, los cuales permiten obtener un alto desempeño, el alternador tiene una alta eficiencia al momento de trabajar y es compacto.

Además el electro-imán del aerogenerador permite que la velocidad de arranque de la turbina sea relativamente baja en comparación a otras turbinas de viento, la velocidad de arranque del aerogenerador es de 2.5 m/s.



### 3.3.3 Aplicaciones principales

El aerogenerador que genera la potencia eléctrica se conecta al grupo de las baterías las cuales almacenan la energía generada. Cuando no hay viento, la carga consume la electricidad del grupo de la batería.

Por consiguiente, después de descargarse, las baterías deben recargarse oportunamente, sobre todo para las baterías que llevan ácido, para preservar la vida útil de las baterías.

La turbina de viento produce una corriente alterna en tres fases que de acuerdo a la velocidad del viento va desde 0 a 24 Vca, la cual es llevada luego a un puente rectificador que normalmente es de 24Vcd para luego conectarse al grupo de baterías el cual debe ser dimensionado para dicho voltaje.

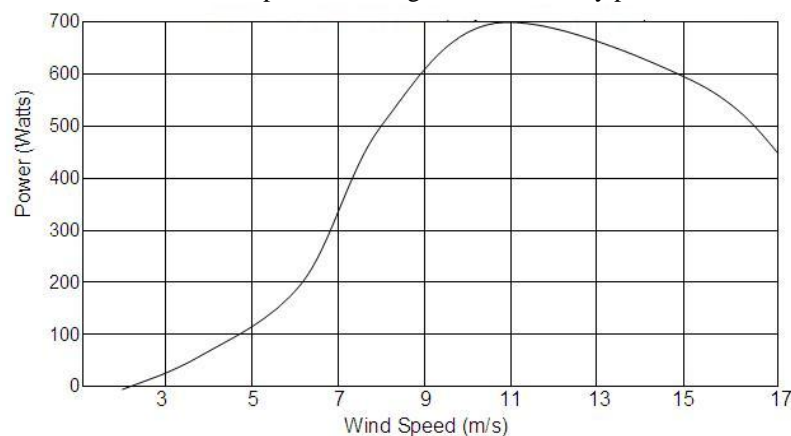
### 3.3.4 Desempeño de la turbina

El gráfico muestra la potencia producida de acuerdo a la intensidad del viento del sector donde se coloque el aerogenerador Newsky power de 600w. Tiene una producción máxima de 750W a una velocidad de 11 m/s. En la gráfica se aprecia que a medida que el viento se eleva, la potencia producida disminuye, esto es porque a cierta velocidad del viento se activa automáticamente el freno mecánico que tiene incorporado la turbina para que el rotor de la turbina no se embale y preservar la turbina.

#### GRÁFICO 3.3

#### DESEMPEÑO DEL AEROGENERADOR NEWSKY POWER 600W.

Gráfico 3.3: Desempeño del aerogenerador Newsky power 600w.



Fuente: <http://www.newskypower.com>

**TABLA 3.5**  
**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE DESEMPEÑO**

Diámetro del Rotor (metros)	1.7
Material de construcción de las palas	Aluminio
Número de palas	3
Potencia nominal máxima(Vatios)	600/750
Velocidad nominal del viento (m/s)	8
Velocidad de viento para arranque (m/s)	2.5
Velocidad de viento para trabajo (m/s)	11m/s
Amperaje	25
Velocidad de nominal de giro del rotor (rpm)	650
Voltaje de trabajo (VCD)	24V
Diseño del generador	Imán permanente, 3 fases.
Método de Carga	Carga de voltaje constante
Método de freno	Automático.
Peso (kg)	33
Altura mínima de la torre (metros)	9
Capacidad del banco de baterías	24V/100Ah
Tiempo de vida útil	15 Años

Fuente: <http://www.newskypower.com>

### 3.3.5 Selección de los paneles fotovoltaicos

Para seleccionar los paneles fotovoltaicos lo primero que se realizó es el cálculo de la potencia que se requiere generar para la casa comunal, lo que resulta necesario para seleccionar el panel fotovoltaico para lo cual se escogió el Siemens de 100Wp 12Vdc como se muestra en la tabla.

**TABLA 3.6**  
**CARACTERÍSTICA DE PANEL FOTOVOLTAICO**

Potencia Maxima (Pm)	100 ± 3%
Tencion de circuito abierto (Voc)	13.1 V
Tencion punto de maxima potncia (Vmp)	12V
corriente punto de maxima potencia (Ipm)	8.9
corriente de cortocircuito (Isc)	8.8
Dimensiones (L; W; H)	1240; 900;60(mm)
Maxima Tencion del sistema	600Vdc
Coefficiente de Temperatura de Isc	0.036 %/°C
Coefficiente de Temperatura de Voc	0.34 %/°C
Peso	20 Kg

Fuente:

### 3.3.6 Selección del controlador de carga

La selección del Controlador tiene como función fundamental impedir que la batería continúe recibiendo energía del colector solar o del aerogenerador una vez que ha alcanzado su carga máxima. Para seleccionar el controlador se realizó el cálculo de la potencia que se va generar y de la corriente que va circular en casa comunal, lo que resulta necesario para seleccionar el controlador para lo cual se escogió el controlador solar PWM de 30 amperios como se muestra en la tabla 3.8.

**TABLA 3.7**  
**CONTROLADOR DE CARGA**

<b>Modelo</b>	<b>SERIE HGX</b>
Corriente de carga nominal	30 A.
Corriente de descarga nominal	30 A.
Voltaje	12 / 24 V
Pérdidas de carga	< 5 m A
Recuperación de voltaje	13.2 V : x 2/24 V
Sobre recuperación de carga de voltaje	12.5V : x 2/24V
Indicador de voltaje menor	12V : x 2/24v
Sobre voltaje de descarga	11.1V :x 2/24V
Temperatura de trabajo	desde -35° a + 65°C

**Fuente:**

## **Conclusiones y Recomendaciones**

### ***Conclusiones***

Luego de haber realizado la investigación el cálculo de los sistemas de generación a utilizar y la implementación correspondiente se llegó a las siguientes conclusiones:

- La implementación de un sistema de generación fotovoltaica y Eólico están en la capacidad de cubrir la demanda energética básica de la casa comunal y mejorar la calidad de vida.
- El viento y el sol se presentan como un recurso renovable inagotable, que permite ser utilizado para la generación de energía eléctrica en lugares aislados del Sistema Nacional Interconectado como es el caso de San Isidro.
- La generación de energía eléctrica mediante recursos renovables constituye una opción importante, ya que es una tecnología que está en crecimiento y que ayuda a la conservación del medio ambiente.
- Se da la solución de un problema de los moradores como es la falta de suministro eléctrico a la casa comunal del sector de San Isidro.
- El presente proyecto se lo realizó trabajando en minga con la comunidad lo cual facilitó los procesos y existe un ahorro sustancial de dinero.

## ***Recomendaciones***

- Se recomienda que los municipios y gobiernos locales impulsen el uso de sistemas de generación con recursos renovables con lo cual se logrará abastecer de suministro eléctrico en sectores alejados de la provincia de Cotopaxi.
- Concientizar y capacitar a los habitantes de las zonas rurales a la utilización de los recursos renovables para cubrir necesidades energéticas, a la vez se impulsará con la conservación del medio ambiente.
- En los páramos de la provincia de Cotopaxi al tener un potencial eólico aceptable de 5 m/s se recomienda la difusión de esta tecnología, que en un futuro sea una opción importante para el abastecimiento de energía eléctrica.
- El promedio de radiación solar en el sector es de 4.6 KW/m<sup>2</sup> por lo cual se recomienda la utilización del sistema de generación fotovoltaico para la generación de energía eléctrica.

## BIBLIOGRAFÍA

1. **AGUAYO, JORGE y BEJARANO, EDWARD.** *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO TRANSPORTABLE DE GENERACIÓN ELÉCTRICA CON ENERGÍAS ALTERNATIVAS, PARA CUBRIR LA DEMANDA DE UNA VIVIENDA RURAL CON POTENCIA MÁXIMA DE 500W.* Latacunga : s.n., 2014.
2. *awsassets.panda.org.* [En línea] 1 de enero de 2000. [Citado el: 9 de junio de 2015.] [http://awsassets.panda.org/downloads/documentos\\_la\\_energia\\_eolica\\_en\\_mexico\\_fefd89d8.pdf](http://awsassets.panda.org/downloads/documentos_la_energia_eolica_en_mexico_fefd89d8.pdf).
3. **BEJARANO, NÉSTOR.** *DISEÑO DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA SOLAR PARA LA ILUMINACIÓN EXTERNA DEL MODULAR DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA EN ECOTURISMO.* Riobamba : s.n., 2011.
4. **CASTILLO, RAUL y MARTINEZ, ROBERTO,** *SISTEMA HÍBRIDO FOTOVOLTAICO-EÓLICO PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.* 2013, REVISTA ACADEMICA DE INVESTIGACION TLATEMOANI. ISSN: 1989-9300.
5. **CHAFLA, EDISON y SANDOVAL, PAOLA.** *“ESTUDIO, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A PARTIR DE LA ENERGÍA EÓLICA PARA SU APROVECHAMIENTO EN VIVIENDAS DE LA COMUNIDAD DE APAGUA PROVINCIA DE COTOPAXI.* latacunga : s.n., 2011.
6. **CHUQUÍN, NELSON y MÁRQUE, FERNANDO.** *DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS DE UN SISTEMA PUBLICITARIO ALIMENTADO CON ENERGÍA SOLAR, Y CONTROLADO CON UN RELÉ INTELIGENTE (ZELIO).* Riobamba : s.n., 2011.
7. **CODIGO, ECUATORIANO, DE ,LA, CONSTRUCCIÓN.** NORMA ECUATORIANA DE CONSTRUCCIÓN. *ENERGÍA RENOVABLE SISTEMAS DE CALENTAMIENTO DE AGUA CON ENERGÍA SOLAR PARA USO SANITARIO EN EL ECUADOR.* [En línea] 15 de julio de 1996. <http://www.cicp-ec.com/pdf/2.%20ENERGIA%20RENOVABLE-1.pdf>.
8. **CONELEC.** ATLAS SOLAR DEL ECUADOR. [En línea] AGOSTO de 2008. [http://www.conelec.gob.ec/archivos\\_articulo/Atlas.pdf](http://www.conelec.gob.ec/archivos_articulo/Atlas.pdf).
9. **CRUZ, Juan Andres Lucio.** *DISEÑO DE UN PARQUE EÓLICO en el sector Pusuchisi alto del canton Latacunga para el sistema de distribucion de la Empresa Electrica cotopaxi.* Quito : s.n., 2014.
10. **DELGADO, José, Pablo.** *La energía eólica en la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, de la Agencia de Gestión de Energía de la Región de Murcia.* MURCIA : s.n., 1998. págs. 29-30.

11. **ENDARA, LUIS y TOCTAGUANO, PABLO.** *CONSTRUCCION DE UN GENERADOR EOLICO DE BAJAS REBOLUCIONES POR MINUTO PARA UNA VIVIENDA RURAL, UBICADA EN EL SECTOR PANSACHI EL MORRO PERTENECIENTE A LA PARROQUIA DE MULALO DEL CANTON LATACUNGA PROVINCIA DE COTOPAXI.* LATACUNGA : s.n., 2011.
12. **FLORES, JOSUÑE y LASCANO, JUAN.** *Sistema híbrido Eólico-Fotovoltaico para casa habitación con tarifa DAC.* MEXICO D.F. : s.n.
13. **GALARZA, GIOVANNY, GORDILLO, CARLOS y RIVERA, CARLOS.** *IMPLEMENTACION DE ENERGIA SOLAR Y ESTUDIO DE ENERGIA EOLICA EN PUERTO ROMA.* GUAYAQUIL : s.n., 2012.
14. **GALICIA, MIGUEL, PATLAN, EMANUEL y SOSA, EDUARDO.** *ESTUDIO DE FLUJO EOLICO PARA PRODUCCION DE ENERGIA EOLOELECTRICA.* MEXICO D.F. : s.n., 2012.
15. **GARDUÑO, RENÉ.** *EL VELEIDOSO CLIMA.* Mexico D:F: : FONDO DE CULTURA ECONÓMICA, S. A. DE C. V., 1994. ISBN 968-16-4367-4.
16. **GASQUET, HECTOR.** SOLARTRONIC S.A. [En línea] 1997. [https://campusvirtual.univalle.edu.co/moodle/pluginfile.php/204826/mod\\_resource/content/0/Material\\_curso/SistemasFV.pdf](https://campusvirtual.univalle.edu.co/moodle/pluginfile.php/204826/mod_resource/content/0/Material_curso/SistemasFV.pdf).
17. **GUAPISACA, FABIAN y EDWIN, MEJIA.** *TARJETA DE CONTROL DE CARGA PARA UN SISTEMA EOLICO.* CUENCA : s.n., 2012.
18. **HERNANDEZ, JUAN y MARTINEZ, VICTOR.** *Estudio de Factibilidad de la implementacion de paneles solares para alimentar un sistema de bombeo de casa habitación.* Mexico D.F. : s.n., 2007.
19. **HERRERA, INSTITUTO JUAN DE.** CIUDADES PARA UN FUTURO sostenible. [En línea] 30 de ABRIL de 1998. <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n5/amco2.html>.
20. **Imfoplam.** ASPECTOS GENERALES DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI. [En línea] 2000. <http://www.flacsoandes.edu.ec/biblio/catalog/resGet.php?resId=6537>.
21. **MIÑO, Santiago J. Sanchez.** *ENERGÍAS RENOVABLES conceptos y aplicaciones.* QUITO : s.n., 2003. pág. 76.
22. **MOLINA, OSCAR y SALVADOR, ALEPUZ.** *Diseño de un parque solar fotovoltaico de 100 KW Proyecto de inversion/ impacto ambiental.* Mataro : s.n., 2009.
23. **PINILLA, ALVARO.** *MANUAL DE APLICACIÓN de la Energía Eólica.* s.l. : Contrato INEA-065-96, 1997. ISBN N°:958-96121-5-6.

24. **SANCHEZ, TEODORO.** ALGUNOS ELEMENTOS SOBRE LA ENERGÍA EÓLICA. [En línea] 1997.  
<http://www.ingenieroambiental.com/2030/Energ%EDa%20%20Eolica.pdf>.
25. **SANDOVAL, CRISTIÁN.** *Potencial de generación fotovoltaica sobre cubiertas existentes en la industria frutícola en Chile.* Cataluña : s.n., 2011.
26. **SANZ, NESTOR.** MONOGRAFIAS.COM. *La radiación solar.* [En línea] 2010.  
<http://www.monografias.com/trabajos65/radiacion-solar/radiacion-solar2.shtml>.
27. **SCIELO.** [En línea] julio de 2008. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0121-49932008000200010&script=sci\\_arttext#r7](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0121-49932008000200010&script=sci_arttext#r7). ISSN 0121-4993.
28. **TONDA, JUAN.** *EL ORO SOLAR Y OTRAS FUENTES DE ENERGÍA.* MEXICO D.F. : FONDO DE CULTURA ECONÓMICA, S.A. DE C.V., 1993. ISBN 968-16-4286-4.
29. **WILLIAM, R.** EVALUACIÓN DE OBSTÁCULOS Y OPORTUNIDADES para la energía renovable en América del Norte. [En línea] MAYO de 2002.  
<http://www3.cec.org/islandora/es/item/1826-assessing-barriers-and-opportunities-renewable-energy-in-north-america-es.pdf>.
30. **WONG, ERNESTO.** monografias.com. *ESTUDIO DE AEROGENERADORES de pequeña potencia.* [En línea] Noviembre de 2006.  
<http://www.monografias.com/trabajos39/aerogeneradores/aerogeneradores2.shtml>.

# **ANEXOS**

**ANEXO 1**  
**VALORES DE LA VELOCIDAD DE VIENTO DE ENERO A MARZO**  
**DEL AÑO 2015**

<b>VELOCIDAD DEL VIENTO</b>								
<b>ENERO</b>		<b>FEBRERO</b>		<b>MARZO</b>				
<b>TEMP.</b>	<b>V. DE VIENTO</b>	<b>TEMP.</b>	<b>V. DE VIENTO</b>	<b>TEMP.</b>	<b>V. DE VIENTO</b>			
<b>(C°)</b>	<b>(m/s)</b>	<b>(C°)</b>	<b>(m/s)</b>	<b>(C°)</b>	<b>(m/s)</b>			
01/01/2015	16	5,00	02/01/2015	16	5,10	03/01/2015	16	4,50
01/02/2015	15	6,50	02/02/2015	16	4,30	03/02/2015	15	3,00
01/03/2015	13	5,60	02/03/2015	15	5,90	03/03/2015	15	3,50
01/04/2015	13	5,20	02/04/2015	16	6,60	03/04/2015	14	4,50
01/05/2015	14	5,10	02/05/2015	16	5,30	03/05/2015	16	4,00
01/06/2015	14	4,50	02/06/2015	16	4,70	03/06/2015	14	4,50
01/07/2015	14	6,50	02/07/2015	18	6,30	03/07/2015	15	6,20
01/08/2015	16	5,20	02/08/2015	16	4,50	03/08/2015	15	5,10
01/09/2015	16	5,20	02/09/2015	17	5,70	03/09/2015	13	5,60
01/10/2015	15	4,40	02/10/2015	15	6,20	03/10/2015	13	5,50
01/11/2015	15	6,00	02/11/2015	16	4,80	03/11/2015	14	5,70
01/12/2015	16	5,50	02/12/2015	16	3,90	03/12/2015	14	5,10
01/13/2015	16	4,50	02/13/2015	16	5,60	03/13/2015	15	4,30
01/14/2015	15	5,60	02/14/2015	17	5,10	03/14/2015	13	4,30
01/15/2015	17	4,50	02/15/2015	17	4,50	03/15/2015	13	3,70
01/16/2015	17	5,70	02/16/2015	17	5,20	03/16/2015	15	4,00
01/17/2015	16	3,10	02/17/2015	17	4,10	03/17/2015	14	3,30
01/18/2015	16	6,10	02/18/2015	16	4,80	03/18/2015	13	3,50
01/19/2015	14	3,80	02/19/2015	17	5,90	03/19/2015	14	4,10
01/20/2015	15	3,50	02/20/2015	17	4,70	03/20/2015	13	3,10
01/21/2015	15	4,40	02/21/2015	16	4,50	03/21/2015	13	3,40
01/22/2015	13	3,70	02/22/2015	19	4,10	03/22/2015	14	2,60
01/23/2015	14	5,20	02/23/2015	17	3,50	03/23/2015	13	4,50
01/24/2015	16	6,90	02/24/2015	18	5,20	03/24/2015	13	5,80
01/25/2015	16	4,50	02/25/2015	18	6,40	03/25/2015	14	3,60
01/26/2015	16	5,30	02/26/2015	17	4,40	03/26/2015	13	3,70
01/27/2015	17	4,40	02/27/2015	18	5,30	03/27/2015	14	4,50
01/28/2015	17	4,60	02/28/2015	16	5,20	03/28/2015	14	2,30
01/29/2015	15	5,50				03/29/2015	13	4,50
01/30/2015	15	4,30				03/30/2015	13	4,20
01/31/2015	15	5,40				03/31/2015	14	3,80
<b>Σ</b>		<b>155,70</b>			<b>141,80</b>			<b>130,40</b>
<b>Media Aritmética</b>		<b>5,02</b>			<b>5,06</b>			<b>4,21</b>

Fuente: Grupo investigador.

## ANEXO 2

### REGISTRO HISTÓRICO DE LA VELOCIDAD MEDIA DE VIENTO EN KT

REGISTRO HISTÓRICO DE LA VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO EN KT AEROPUERTO " COTOPAXI " L A T A C U N G A														
LATITUD 00° 54.4 S    LONGITUD 78° 37.0' W    ELEVACION 2792 m														
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	S.T	Prom
1973	10	10	8	10	7	8	6	7	8	8	8	7	97	8
1974	8	8	8	8	88	8	8	8	7	8	8	5	172	14
1975	6	8	6	5	8	10	10	11	10	10	8	8	100	8
1976	6	4	6	6	6	5	4	4	5	6	6	6	64	5
1977	6	12	12	10	12	13	15	14	10	8	12	11	135	11
1978	12	12	10	10	10	12	14	15	12	12	12	12	143	12
1979	6	8	8	12	10	8	8	10	6	8	10	8	102	9
1980	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	120	10
1981	8	9	8	8	8	8	8	10	8	10	8	9	102	9
1982	9	8	9	8	8	10	9	10	8	6	6	4	95	8
1983	8	8	9	8	9	10	7	8	8	10	7	7	99	8
1984	6	6	7	7	7	9	9	9	10	8	9	9	96	8
1985	8	10	10	8	10	11	12	11	10	10	10	10	120	10
1986	9	9	10	9	10	11	13	11	12	8	9	11	122	10
1987	10	11	10	9	10	11	12	12	11	10	10	10	126	11
1988	10	11	12	9	9	12	14	12	11	10	7	8	125	10
1989	10	9	10	10	9	13	13	13	12	8	8	9	124	10
1990	10	6	8	11	10	13	12	14	14	6	9	10	123	10
1991	12	12	9	11	12	12	14	14	14	14	10	9	143	12
1992	12	11	11	11	10	13	13	14	12	12	11	11	141	12
1993	12	10	9	10	9	12	12	13	11	11	6	9	124	10
1994	10	10	9	9	10	12	13	12	12	11	9	11	128	11
1995	11	10	11	10	11	12	12	12	12	10	8	9	128	11
1996	11	11	9	9	10	12	11	12	12	8	13	12	130	11
1997	8	12	12	12	13	12	15	15	13	12	8	12	144	12
1998	11	9	10	9	10	12	11	11	12	9	10	12	126	11
1999	9	9	10	10	10	9	12	12	11	11	11	8	122	10
2000	9	9	9	9	8	11	13	12	11	11	11	11	124	10
2001	11	13	10	11	11	13	13	14	12	12	15	10	145	12
2002	13	11	9	10	12	12	14	14	14	12	11	10	142	12
2003	12	12	12	11	12	11	14	13	12	11	9	11	140	12
2004	11	11	12	9	9	12	11	12	10	11	8	8	124	10
2005	10	10	7	10	9	10	11	11	11	9	9	6	113	9
2006	9	8	7	7	10	11	13	11	11	11	6	8	112	9
2007	10	10	9	7	8	9	11	10	10	7	9	8	108	9
2008	8	8	9	8	9	9	9	9	10	8	6	7	100	8
2009	8	8	9	7	8	10	13	13	14	11	11	10	122	10
2010	11	12	10	8	10	9	9	10	10	10	6	9	114	10

REGISTRO HISTÓRICO DE LA VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO EN KT AEROPUERTO " COTOPAXI " L A T A C U N G A														
LATITUD 00° 54.4 S    LONGITUD 78° 37.0' W    ELEVACION 2792 m														
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	S.T	Prom
2011	10	8	9	7	12	14	13	12	11	10	8	11	125	<b>10</b>
2012	9	10	11	10	11	12	14	13	13	11	9	12	135	<b>11</b>
2013	13	9	10	10	9	11	12	11	11	10	9	12	127	<b>11</b>
<b>S.T</b>	392	392	384	373	474	442	467	469	441	398	370	380	4982	415
<b>Prom</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>12</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>122</b>	<b>10</b>
													m/s	<b>5.15</b>

1kt= 0,514791 m/s; 1,85325 km/h

**FUENTE:** Archivos Aeropuerto Cotopaxi

### ANEXO 3

#### VALORES DE LA VELOCIDAD DE VIENTO DEL AÑO 2014

Año	Mes	V máx.	V min	Promedio
		m/s	m/s	m/s
2014	Enero	10,42	1,45	4,9
2014	Febrero	8,36	1,5	4,93
2014	Marzo	7,11	1,25	4,18
2014	Abril	8,05	1,3	4,67
2014	Mayo	6,8	1,43	4,11
2014	Junio	8,83	1,6	5,21
2014	Julio	9,63	1,82	5,72
2014	Agosto	9,61	2,24	5,92
2014	Septiembre	8,97	2,3	5,63
2014	Octubre	7,75	1,42	4,58
2014	Noviembre	8,05	1,6	4,82
2014	Diciembre	7,86	1,42	4,64
<b>Promedio General</b>				<b>5,02</b>

FUENTE: Aeropuerto Internacional de Carga Cotopaxi.

Grupo investigador.

**ANEXO 4**  
**RADIACIÓN SOLAR EN EL SECTOR, MES DE ENERO**

**ENERO**

HORA	01/01/2015	01/02/2015	01/03/2015	01/04/2015	01/05/2015	01/06/2015	01/07/2015	01/08/2015	01/09/2015	01/10/2015	01/11/2015	01/12/2015	01/13/2015	01/14/2015	01/15/2015	1/16/2015	1/17/2015	01/18/2015	01/19/2015	01/20/2015	01/21/2015	01/22/2015	01/23/2015	01/24/2015	01/27/2015	01/28/2015	1/29/2015	1/30/2015	1/31/2015
	W/(m) <sup>2</sup>	W/(m) <sup>2</sup>	W/(m) <sup>2</sup>	W/(m) <sup>2</sup>	W/(m) <sup>2</sup>	W/(m) <sup>2</sup>	W/(m) <sup>2</sup>	W/(m) <sup>2</sup>	W/(m) <sup>2</sup>	W/(m) <sup>2</sup>	W/(m) <sup>2</sup>	W/(m) <sup>2</sup>	W/(m) <sup>2</sup>	W/(m) <sup>2</sup>	W/(m) <sup>2</sup>	W/(m) <sup>2</sup>	W/(m) <sup>2</sup>	W/(m) <sup>2</sup>	W/(m) <sup>2</sup>	W/(m) <sup>2</sup>	W/(m) <sup>2</sup>	W/(m) <sup>2</sup>	W/(m) <sup>2</sup>	W/(m) <sup>2</sup>	W/(m) <sup>2</sup>	W/(m) <sup>2</sup>	W/(m) <sup>2</sup>	W/(m) <sup>2</sup>	
6:30	25	11	14	28	11	22	20	11	23	27	8	8	11	14	14	8	28	11	22	20	11	23	27	8	8	11	14	14	8
7:00	52	36	47	129	47	65	78	76	64	59	40	40	36	47	45	42	129	47	65	78	76	64	59	40	40	36	47	45	42
7:30	85	139	133	359	79	101	161	145	175	150	103	143	139	133	56	59	359	79	101	161	145	175	150	103	143	139	133	56	59
8:00	130	156	165	508	108	131	186	209	298	235	203	178	156	165	244	154	124	82	105	115	116	120	80	124	82	241	276	254	348
8:30	195	200	224	631	122	144	245	241	306	370	359	268	200	224	453	164	269	105	234	169	279	139	105	349	105	314	378	374	334
9:00	262	234	258	722	237	158	377	390	588	432	490	296	234	258	230	208	523	194	321	308	222	328	194	423	194	359	231	337	367
9:30	489	466	432	831	227	317	435	595	370	645	667	367	466	432	289	225	501	187	322	245	276	245	187	571	253	700	209	468	435
10:00	859	544	523	944	190	297	505	786	546	739	603	436	544	523	369	342	448	106	357	353	399	353	106	448	542	631	336	483	483
10:30	768	801	689	874	324	339	549	583	660	730	693	645	801	689	404	459	725	136	485	407	619	407	136	725	904	603	407	486	476
11:00	608	937	710	786	561	395	572	681	965	917	727	769	937	710	490	307	786	361	769	610	712	510	361	1033	661	634	405	566	789
11:30	409	1004	697	809	447	534	598	743	545	986	989	839	978	697	500	322	865	606	813	459	907	759	606	1009	444	759	475	433	753
12:00	413	1088	954	839	374	529	608	1063	636	1048	893	940	874	954	419	248	703	821	499	326	635	826	821	703	426	687	473	687	687
12:30	1093	1192	662	891	321	759	807	909	477	989	1022	905	1192	662	381	197	895	730	756	336	966	639	730	895	516	521	672	673	633
13:00	1054	1120	608	1023	376	949	577	1075	569	938	832	1030	1120	608	468	434	1133	642	806	466	784	486	642	1045	527	378	856	684	684
13:30	862	1079	1094	1072	405	658	593	879	246	1122	1010	1094	918	1094	442	267	745	819	284	349	699	349	284	745	249	368	506	403	421
14:00	665	873	1066	878	556	1063	598	743	334	432	1062	1002	876	1066	375	336	101	258	175	148	363	148	175	546	174	360	467	369	369
14:30	502	756	897	861	357	729	541	809	294	841	954	805	896	945	428	607	61	70	153	184	260	184	143	511	77	504	473	353	353
15:00	305	850	957	875	739	798	477	722	32	833	926	784	850	957	439	328	90	86	145	270	190	270	145	270	47	298	365	329	311
15:30	102	906	898	790	874	368	553	563	130	851	756	733	906	898	412	266	157	98	135	521	245	521	135	221	19	216	324	218	218
16:00	233	92	811	554	702	230	467	442	190	741	688	544	92	811	359	182	108	140	95	297	154	297	95	137	31	138	345	241	241
16:30	174	82	690	98	546	169	360	458	460	632	639	674	82	690	424	149	82	66	71	19	80	95	71	19	35	130	267	210	210
17:00	98	119	528	20	301	198	245	177	343	467	420	308	119	528	346	168	54	49	54	57	65	77	54	52	20	152	35	145	145
17:30	22	98	278	11	243	68	92	103	65	312	221	9	98	278	298	167	32	36	36	62	30	57	36	32	6	30	15	76	84
18:00	13	36	49	14	91	32	24	54	11	93	70	6	36	49	63	41	13	36	49	14	91	32	24	54	11	93	70	6	18
18:30	1	2	1	2	2	2	1	3	1	4	5	1	2	1	1	3	1	2	1	2	2	2	1	3	1	4	5	1	1

Fuente: El investigador.

**ANEXO 5**  
**RADIACIÓN SOLAR EN EL SECTOR, MES DE FEBRERO**

**FEBRERO**

HORA	02/01/2015	02/02/2015	02/03/2015	02/04/2015	02/05/2015	02/06/2015	02/07/2015	02/08/2015	02/09/2015	02/10/2015	02/11/2015	02/12/2015	02/13/2015	02/14/2015	02/15/2015	02/16/2015	02/17/2015	02/18/2015	02/19/2015	02/20/2015	02/21/2015	02/22/2015	02/23/2015	02/24/2015	02/25/2015	02/26/2015	02/27/2015	02/28/2015
	W/(m) <sup>2</sup>	W/(m) <sup>2</sup>	W/(m) <sup>2</sup>	W/(m) <sup>2</sup>	W/(m) <sup>2</sup>	W/(m) <sup>2</sup>	W/(m) <sup>2</sup>	W/(m) <sup>2</sup>	W/(m) <sup>2</sup>	W/(m) <sup>2</sup>	W/(m) <sup>2</sup>	W/(m) <sup>2</sup>	W/(m) <sup>2</sup>	W/(m) <sup>2</sup>	W/(m) <sup>2</sup>	W/(m) <sup>2</sup>	W/(m) <sup>2</sup>	W/(m) <sup>2</sup>	W/(m) <sup>2</sup>	W/(m) <sup>2</sup>	W/(m) <sup>2</sup>	W/(m) <sup>2</sup>	W/(m) <sup>2</sup>	W/(m) <sup>2</sup>	W/(m) <sup>2</sup>	W/(m) <sup>2</sup>	W/(m) <sup>2</sup>	W/(m) <sup>2</sup>
6:30	28	11	22	13	11	24	25	11	14	28	11	22	20	11	23	27	8	8	11	14	14	8	9	15	20	11	13	13
7:00	129	47	65	74	76	62	52	36	47	129	47	65	78	76	64	59	40	40	36	47	45	42	44	35	78	76	89	81
7:30	359	79	101	168	145	196	85	139	133	359	79	101	161	145	175	150	103	143	139	133	56	59	182	137	161	145	168	126
8:00	348	108	131	236	209	338	130	156	165	508	108	131	186	209	298	235	203	178	156	165	244	154	124	165	186	209	253	176
8:30	374	316	232	290	241	488	195	200	224	631	122	144	245	241	306	370	359	268	200	224	453	164	301	258	245	241	291	205
9:00	337	412	386	341	390	660	262	234	258	722	237	158	377	390	588	432	490	296	234	258	230	208	251	279	377	390	480	238
9:30	468	414	378	404	595	540	489	466	432	831	227	317	435	595	370	645	667	367	466	432	289	225	434	288	435	595	782	380
10:00	483	645	617	418	786	739	859	544	523	944	190	297	505	786	546	739	603	436	544	523	369	342	477	488	505	786	847	338
10:30	486	578	788	692	583	843	768	801	689	1040	324	339	549	583	660	730	693	645	801	689	404	459	716	563	549	583	958	605
11:00	566	445	555	861	681	1012	608	937	710	1071	561	395	572	681	965	917	727	769	937	710	490	307	621	492	572	681	1092	505
11:30	433	557	666	514	1148	1070	409	1004	697	1057	447	534	598	1148	545	986	989	839	1004	697	500	322	728	448	598	1148	731	596
12:00	687	467	831	985	1063	1017	413	1088	954	839	374	529	608	1063	636	1048	893	940	1088	954	419	248	677	679	608	1063	493	1207
12:30	876	549	1087	1087	909	1009	347	1192	662	891	321	759	807	909	477	989	1022	1073	1192	662	381	197	746	718	807	909	688	756
13:00	907	1044	998	926	1075	1268	347	1120	608	1023	376	949	577	1075	569	938	832	1030	1120	608	468	434	817	750	577	1075	441	455
13:30	1004	1056	951	716	879	1245	862	1079	1094	1072	405	658	593	879	246	1122	1010	1094	1079	1094	442	267	855	798	593	879	528	349
14:00	769	815	819	829	743	740	665	1093	1066	878	556	1063	598	743	334	432	1062	1112	1093	1066	375	336	514	433	598	743	797	692
14:30	353	712	1095	714	809	708	502	1054	1015	861	357	729	541	809	294	841	954	1112	1054	1015	428	607	649	665	541	809	812	529
15:00	529	922	1066	1122	722	432	305	850	957	875	739	798	477	722	32	833	926	1097	850	957	439	328	336	771	477	722	806	688
15:30	318	800	963	916	563	507	102	906	898	790	874	368	553	563	130	851	756	1058	906	898	412	266	522	375	553	563	310	800
16:00	241	716	796	768	442	378	233	92	811	554	702	230	467	442	190	741	688	1000	92	811	359	182	498	366	467	442	567	484
16:30	210	395	709	640	458	279	174	82	690	98	546	169	360	458	460	632	639	945	82	690	424	149	230	403	360	458	505	185
17:00	145	407	574	474	177	184	98	119	528	20	301	198	245	177	343	467	420	308	119	528	346	168	179	481	245	177	200	102
17:30	75	212	399	331	103	62	22	98	278	11	243	68	92	103	65	312	221	9	98	278	298	167	143	312	92	103	115	241
18:00	18	20	72	22	54	11	13	36	49	14	91	32	24	54	11	103	70	6	36	49	63	41	32	56	24	54	22	46
18:30	1	1	4	2	3	1	1	2	1	2	2	2	1	3	1	4	5	1	2	1	1	3	2	2	1	3	2	3

Fuente: El investigador.

## ANEXO 6

### RADIACIÓN SOLAR EN EL SECTOR, MES DE MARZO

MARZO																														
HORA	03/01/2015	03/02/2015	03/03/2015	03/04/2015	03/05/2015	03/06/2015	03/07/2015	03/08/2015	03/09/2015	03/10/2015	03/11/2015	03/12/2015	03/13/2015	03/14/2015	03/15/2015	03/16/2015	03/17/2015	03/18/2015	03/19/2015	03/20/2015	03/21/2015	03/22/2015	03/23/2015	03/24/2015	03/27/2015	03/28/2015	03/29/2015	03/30/2015	03/31/2015	
	W/(m)²	W/(m)²	W/(m)²	W/(m)²	W/(m)²	W/(m)²	W/(m)²	W/(m)²	W/(m)²	W/(m)²	W/(m)²	W/(m)²	W/(m)²	W/(m)²	W/(m)²	W/(m)²	W/(m)²	W/(m)²	W/(m)²	W/(m)²	W/(m)²	W/(m)²	W/(m)²	W/(m)²	W/(m)²	W/(m)²	W/(m)²	W/(m)²		
6:30	1	5	3	6	8	8	9	5	20	5	5	6	1	1	1	1	5	3	6	8	8	9	5	20	5	5	6	1	1	
7:00	15	40	36	47	45	42	44	35	78	22	26	24	19	13	11	15	40	36	47	45	42	44	35	78	22	26	24	19	13	
7:30	95	143	139	133	56	59	182	137	161	54	67	57	82	75	30	95	143	139	133	56	59	182	137	161	54	67	57	82	75	
8:00	136	178	156	165	244	154	124	165	186	104	98	86	156	162	90	64	124	82	105	115	116	120	80	124	82	241	135	175	348	
8:30	168	268	200	224	453	164	301	258	245	246	117	105	194	269	131	225	269	105	234	169	279	139	105	349	105	314	378	374	334	
9:00	214	296	234	258	230	208	251	279	377	226	273	245	371	309	168	289	523	194	321	308	222	328	194	423	194	423	359	231	337	367
9:30	265	367	466	432	289	225	434	288	435	258	390	374	543	387	215	322	501	187	322	245	276	245	187	571	253	700	209	468	435	
10:00	304	436	544	523	369	342	477	488	505	304	436	440	726	524	246	387	448	106	357	353	399	353	106	448	542	631	336	483	483	
10:30	387	645	801	689	404	459	716	563	549	307	412	427	709	310	316	462	725	136	485	407	619	407	136	725	904	603	407	486	476	
11:00	490	769	937	710	490	307	621	492	572	389	437	541	747	449	353	592	1153	361	769	610	712	510	361	1033	661	634	405	566	789	
11:30	586	839	1004	697	500	322	728	448	598	338	444	679	776	738	502	909	1029	606	813	459	907	759	606	1009	444	759	475	433	753	
12:00	954	940	1088	954	419	248	677	679	608	480	440	738	824	451	743	800	703	821	903	326	635	826	821	703	426	687	473	687	687	
12:30	743	1073	1192	662	905	1070	746	718	807	504	474	1005	432	460	898	812	895	730	1070	1034	966	639	730	895	516	521	672	673	998	
13:00	1049	1030	1120	608	468	1007	817	1014	577	639	464	895	867	429	983	806	1133	1090	1110	894	1009	486	1034	1045	1093	1013	856	1025	1002	
13:30	1033	1094	1079	1094	442	267	986	1002	902	945	773	1085	870	1067	1055	584	745	819	284	1045	1034	1045	1005	1043	987	1045	902	1045	967	
14:00	325	1112	1093	1066	375	336	514	433	598	612	710	675	605	1040	1034	774	101	258	175	975	1005	1048	1115	979	1004	789	1034	985	1054	
14:30	467	1112	1054	1015	428	607	649	665	541	288	616	594	486	1059	1100	985	61	70	153	184	260	184	143	511	77	504	1008	1002	353	
15:00	404	1097	850	957	439	328	336	771	477	533	816	816	351	1008	366	636	90	86	145	270	190	270	145	270	47	298	365	329	311	
15:30	378	1058	906	898	412	266	522	375	553	827	449	510	427	666	641	404	157	98	135	521	245	521	135	221	19	216	324	218	218	
16:00	349	1000	92	811	359	182	498	366	467	722	238	316	277	552	112	273	108	140	95	297	154	297	95	137	31	138	345	241	241	
16:30	175	945	82	690	424	149	230	403	360	295	211	319	152	576	62	169	82	66	71	19	80	95	71	19	35	130	267	210	210	
17:00	104	308	119	528	346	168	179	481	245	405	399	404	160	97	91	98	54	49	54	57	65	77	54	52	20	152	35	145	145	
17:30	56	9	143	278	298	167	143	312	92	187	218	213	102	82	110	75	32	36	36	62	30	57	36	32	6	30	15	76	84	
18:00	21	6	56	49	63	41	32	56	24	33	44	75	67	50	67	21	6	56	49	63	41	32	56	24	33	9	8	6	18	
18:30	1	1	2	4	1	4	2	2	1	1	2	3	1	1	2	1	1	2	4	1	4	2	2	1	1	2	2	1	1	

Fuente: El investigador.

## **ANEXO 7**

### ***Montaje de los Sistemas de Generación en la casa Comunal de San Isidro***

Ya realizado los cálculos se seleccionaron los equipos de generación para el acoplamiento entre estos dos sistemas de generación de electricidad primero se debe tener en cuenta que deben tener el mismo nivel de voltaje entre estos para hacer una barra común, en este caso obtener 24 voltios debidamente controlados por un regulador, se realiza este acoplamiento para abastecer la casa comunal de San Isidro, esta casa consume una potencia máxima aproximada de 595Wp en el día, se adquiere dos paneles solares de 100Wp y un aerogenerador eléctrico de 25A.

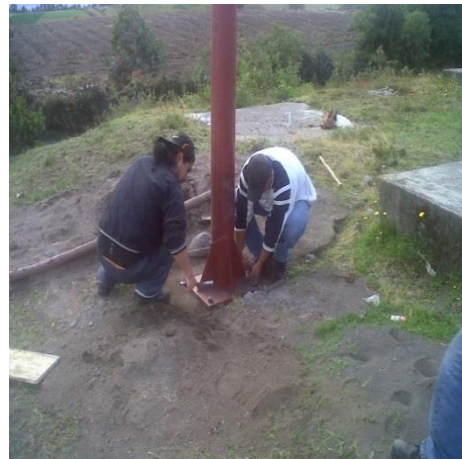
Para suministrar la energía requerida para la casa comunal estudiada es necesario acoplar los dos sistemas de generación eléctricas con energías auto sustentables, la vivienda rural estudiada tiene un consumo máximo aproximado de 595Wp en ciertas horas, las cuales se debe implementar una fuente con esa capacidad eso se realiza mediante el acoplamiento de la energía solar y eólica logrando obtener una potencia máxima de 600Wp

### ***Armado de la estructura y los componentes***

#### ***Armado de la estructura***

La torre de 9 metros debe ser unida al anclaje por medio de pernos que están incrustadas en el anclaje y deben ser ajustadas con unas tuercas y arandelas planas y de presión. Luego se debe colocar el extremo final de la torre con la ayuda de una grúa.

## PREPARACIÓN DE LA TORRE PARA SU EMPLAZAMIENTO



**Fuente:** Grupo investigador/ Tomada en el momento de su emplazamiento.

### *Armado de los tensores*

Para el poste se eligió una altura de 9 m que se habló en el diseño de la torre, se coloca en cada argolla del poste los tensores. Para la parte superior tiene que cortarse 3 segmentos de cable de acero de 10m de longitud; de igual manera en los otros extremos de los tensores se debe colocar los templadores, que van enganchados a la argolla del anclaje. También se debe considerar la longitud de templador y éste debe estar totalmente abierto.



**Fuente:** Grupo investigador/ Tomada en el momento de su emplazamiento.

### *Ensamble de los Componentes*

Para colocar la turbina en la cima del poste de 9 metros se tuvo la ayuda de la canasta de la grúa para su acoplamiento y también se acoplaron las palas al generador, hay que guiarse por la numeración que ambos tienen, para este trabajo siga el siguiente procedimiento.

Aplicando antes grasa en la zona interna del poste en los bocines colocados dentro de este para la colocación del eje del generador eléctrico sobre la canal o asiento de apoyo que se encuentra dentro del poste luego se lo sujetado con un perno aproximadamente, de 5 mm a 10 mm. Esto es muy importante para la seguridad del aerogenerador.

Una vez fijado el generador al poste, se acoplo cada pala al rotor del generador por medio de tres pernos. Estos deben ser colocados de tal manera que la cabeza del perno quede en la parte frontal y debe llevar una arandela plana al inicio, y en el otro lado una arandela de presión. Finalmente, hacer el ajuste correspondiente con la tuerca.



**Fuente:** Grupo investigador

El ensamble de las palas al generador debe ser con la parte cóncava en posición frontal, y la convexa va en dirección opuesta, dirección del eje. La parte más delgada de la pala debe ser colocada hacia abajo.

Los pernos no deben ser ajustados exageradamente. Terminado el acople de las palas, el rotor junto con las palas deben girar con facilidad, con un pequeño movimiento efectuado con la mano.



**Fuente:** Grupo investigador

## *Ensamble de la veleta*

La veleta va unida al bastidor por medio de un perno con que le permite tener un giro libre, este mecanismo es el que pone al sistema en forma paralela a la dirección del viento y la que permite el mejor aprovechamiento de la velocidad del viento.



**Fuente:** Grupo investigador

## *Conexión Eléctrica*

Las conexiones se las realizaron después de haberse colocado el aerogenerador en el poste. Para realizar las conexiones de los cables que salen del generador, debemos seguir los siguientes pasos se conectara cada salida numerada con el cables ya numerados del cable sucre 3x8 para luego realizar la conexión con rectificador-inversor de 600w.



**Fuente:** Grupo investigador

## *Ensamble de los paneles fotovoltaicos*

Para la instalación segura y eficiente de los paneles fotovoltaicos se realizó algunos trabajos adicionales en los dos paneles como son la perforación de agujeros en las esquinas de los bastidores para colocar los soportes de aluminio y también se realizaron agujeros en los laterales de los bastidores para sujetar los paneles fotovoltaicos.



**Fuente:** Grupo investigador

Para instalar los paneles fotovoltaicos se unieron primero los dos paneles con la ayuda de pernos con tuerca 5/32 se los sujeto por los agujeros realizados en los laterales del bastidor de aluminio para luego colocar los soportes de aluminio en las esquinas de los bastidores y en el centro de ellos, luego de esto realizo las conexión en serie entre los paneles fotovoltaicos de 12v para transformarlos a un solo panel de 24v a 8.33 amperios como se requiere para la conexión con inversor que trabaja a un voltaje de 24v.



**Fuente:** Grupo investigador

## ***Anclaje del tablero de control***

### ***Instalación del tablero de control***

Para la instalación del tablero de control, se busca siempre la seguridad del usuario, conservando la estética en el espacio y también se busca la mejor forma para realizar conexión eléctrica de los componentes a utilizar. En el tablero de control se integrara el controlador de carga, un breaker monofásico de 30 Amperios para la protección del inversor de la corriente de 24v a 120v, un breaker trifásico caja moldeada de 30 amperios el que realizara el cortocircuito de las fases del generador para detenerlo por causa de una elevada velocidad de viento o por su mantenimiento respectivo también se instaló en la parte inferior del tablero el inversor de carga de 24v a 120v.



**Fuente:** Grupo investigador

### ***Instalación del Controlador de Carga***

Para la instalación del controlador de carga dentro del tablero se recomienda dejar un espacio considerable entre los demás componentes para las respectivas conexiones eléctricas. Los terminales del controlador deben ser de fácil acceso y estar claramente indicados los bornes y polaridades de los componentes a ser conectados (módulo fotovoltaico, batería, y carga).

Todos sus terminales, tuercas, arandelas y demás elementos accesorios deben ser de material inoxidable.



Fuente: Grupo investigador

### *Instalación del inversor de tensión*

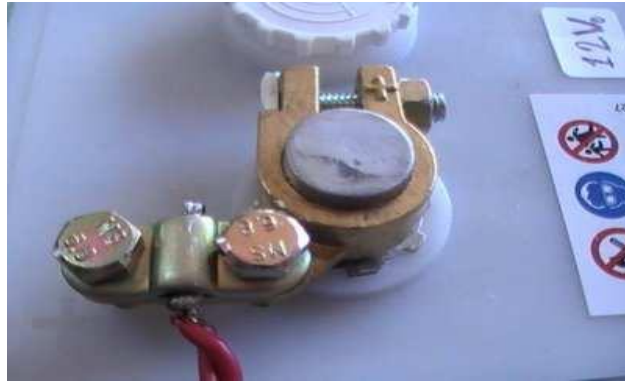
En cuanto a la instalación del inversor de voltaje de 24v, éste debe ser efectuada, dejando espacios suficientes a cada lado del inversor y el tablero de control. Los terminales del convertidor deben ser de fácil acceso y estar claramente indicada sus polaridades de los requerimientos de cargas a ser conectados, debe permitir una fácil conexión de conductores o cables aislados.



Fuente: Grupo investigador

### *Instalación de la bornera de conexiones*

Se debe considerar ingresar dos o más pares de conductores aislados o cables (12 AWG o, 8 AWG) en un mismo terminal de la bornera de conexiones.



**Fuente:** Grupo investigador