



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad al servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍAS,
INDUSTRIAS Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**Análisis de la factibilidad de un sistema de generación híbrido
eólico-fotovoltaico, para el mirador turístico La Tranca del
cantón Chordeleg**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO ELÉCTRICO**

AUTOR: CASTRO SAMANIEGO CHRISTIAN MANUEL

DIRECTOR: ING. DANIEL ORLANDO ICAZA ALVAREZ

CUENCA

2017

DECLARACIÓN

Yo, Christian Manuel Castro Samaniego, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento; y eximo expresamente a la Universidad Católica de Cuenca y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

La Universidad Católica de Cuenca puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y la normatividad institucional vigente.

Christian Manuel Castro Samaniego

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Christian Manuel Castro Samaniego, bajo mi supervisión.

Ing. Daniel Icaza Alvarez Mgs.

DIRECTOR

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por las bendiciones recibidas, a mi familia por el apoyo brindado siempre, al ingeniero Daniel Icaza; director de tesis por impartir su conocimiento, al señor Nilo Castro; propietario del Centro Turístico La Tranca y a todas las personas que supieron brindarme su apoyo para poder terminar este proyecto de investigación con éxito

DEDICATORIA

Tengo el honor de dedicar este trabajo de investigación, a Dios nuestro padre que nos protege y llena de bendiciones para con su voluntad poder cumplir nuestras metas.

A mi madre Emma Samaniego por buscar la forma de apoyarme siempre en las buenas y en las malas, por estar ahí cuando la necesitaba. A mi padre Manuel Castro por el sacrificio diario para poder ver la meta cumplida sin que nunca me falte nada sin recibir nada a cambio. A mi esposa por brindarme su comprensión y apoyo. Y para toda mi familia y personas que creyeron en mí durante este proceso.

Tabla de Contenido

DECLARACIÓN	II
CERTIFICACIÓN	III
AGRADECIMIENTOS	IV
DEDICATORIA	V
Tabla de Contenido	VI
Tabla de Figuras	X
Tablas	XIII
Tabla de Anexos	XIV
RESUMEN	15
ABSTRACT	16
INTRODUCCIÓN	17
1) FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	19
1.1 SISTEMA EÓLICO	19
1.1.1 Aerogenerador	20
1.1.2 Regulador de carga	21
1.1.3 Inversor	21
1.1.4 Banco de baterías	21
1.1.5 Sistema fotovoltaico	21
1.1.6 Módulo fotovoltaico	22
1.1.7 Banco de baterías sistema solar	23
1.1.8 Regulador de carga sistema solar	23
1.1.9 Inversor sistema solar	23
1.2 CORRIENTES DE VIENTO Y RADIACIÓN SOLAR	23
1.2.1 Corrientes de viento	23
1.2.1.1 Parámetros que influyen en la velocidad del viento	24
1.2.1.2 Variación de la velocidad del viento con la altura	24
1.2.2 Radiación solar	27
1.2.2.1 Irradiancia	27
1.2.2.2 Irradiación	27
1.2.2.3 Angulo de altitud	27
1.2.2.4 Radiación directa	28
1.2.2.5 Radiación difusa	28
1.2.2.6 Radiación global	28
1.3 ENERGÍAS RENOVABLES EN ECUADOR	28

1.3.1	Centrales de generación de energía eléctrica en Ecuador.....	28
1.3.2	Producción de energía renovable y no renovable en GWh, en Ecuador.....	29
1.3.3	Análisis de las centrales con fuentes renovables en el Ecuador.	30
1.3.4	Energía renovable en las provincias del Ecuador.....	31
1.4	CENTROS PATRIMONIALES EN ECUADOR.	33
1.4.1	Ciudades Patrimoniales del Ecuador.	33
1.4.2	Centro turístico La tranca en la provincia del Azuay.....	33
1.5	ANTECEDENTES GENERALES Y UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL LUGAR.	34
1.5.1	Ubicación Geográfica del centro turístico La Tranca	34
1.5.1.1	Cantón Chordeleg.....	34
1.5.1.2	Parroquia Delegsol.....	34
1.5.1.3	Sector La Tranca.....	35
1.5.2	Descripción General del centro turístico La Tranca.	36
1.5.3	Análisis de carga eléctrica del centro turístico La Tranca.	36
1.5.3.1	Análisis de carga eléctrica actual.....	36
1.5.3.2	Análisis de carga eléctrica proyectada 2018.	38
2)	ANÁLISIS ACTUAL PARA LA CONVERSIÓN DE ENERGÍA SOLAR – ELÉCTRICA	39
2.1	TOMA DE DATOS PARA EL SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA.	39
2.1.1	Centro meteorológico profesional con transmisor solar WH2310.	39
2.1.1.1	Ubicación de la estación meteorológica profesional con transmisor solar WH2310.....	39
2.1.1.2	Características específicas de la estación meteorológica.	40
2.2	INTERPRETACIÓN DE DATOS.	45
2.2.1	Temperatura.....	46
2.2.2	Radiación Solar.....	47
2.3	CÁLCULOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.	48
2.3.1	Modelo y características del panel solar.	48
2.3.2	Efectos de la variación de la temperatura y radiación solar sobre el modulo fotovoltaico A-260P GS.....	48
2.3.3	Resultados numéricos del módulo fotovoltaico A-260P GS.....	49
2.3.3.1	Calculo del área del Módulo Solar.....	49
2.3.3.2	Calculo de la eficiencia de generación eléctrica fotovoltaica.	50
2.4	MODELO MATEMÁTICO Y SIMULACIÓN.	55

2.4.1	Modelado del módulo solar	55
2.4.2	Modelo matemático del módulo fotovoltaico.	58
2.4.3	Especificación de los subsistemas modelo matemático del módulo fotovoltaico.....	59
2.4.4	Resultado grafico de simulación modulo fotovoltaico.	63
3)	ANÁLISIS ACTUAL PARA LA CONVERSIÓN DE ENERGÍA EÓLICA – ENERGÍA ELÉCTRICA.....	65
3.1	TOMA DE DATOS.	65
3.2	INTERPRETACIÓN DE DATOS.....	65
3.2.1	Velocidad del viento.....	65
3.2.2	Dirección del viento	66
3.2.3	Datos y características del Aerogenerador.....	67
3.3	CÁLCULO Y RESULTADOS NUMÉRICOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA EÓLICO.....	68
3.3.1	Calculo del área del barrido del rotor.....	68
3.3.2	Especificación de la densidad de aire para el lugar específico (La Tranca). ⁶⁹	
3.3.3	Calculo de la potencia teórica.....	69
3.3.4	Caculo de las pérdidas de la maquina (Aerogenerador windspot 3.5KW). ⁷⁰	
3.3.5	Determinación del Coeficiente de Potencia (Coeficiente de Betz). ...	71
3.3.6	Calculo de potencia real del aerogenerador windspot 3.5KW del sistema eólico de centro turístico La Tranca.	71
3.3.7	Calculo de la Potencia generada por el aerogenerador windspot 3.5KW en los meses de Abril, Mayo, Junio y Julio.	74
3.4	MODELO MATEMÁTICO Y SIMULACIÓN.....	77
3.4.1	Par aerodinámico en el rotor, con uno y dos modelos de masa.	77
3.4.2	Modelo matemático del aerogenerador.	80
3.4.3	Especificación de los subsistemas del modelo matemático del aerogenerador.....	81
3.4.4	Resultado grafico de simulación.....	82
4)	DISEÑOS.....	84
4.1	DISEÑOS GENERALES.....	84
4.1.1	Diagrama de flujo.....	84
4.1.2	Proceso de dimensionamiento de equipos para el Sistema Eólico-Fotovoltaico.....	87
4.1.3	Dimensionamiento del sistema híbrido eólico-fotovoltaico para satisfacer la demanda de energía eléctrica del centro turístico la tranca.....	91

4.1.4	Proyección grafica del sistema híbrido para el centro turístico la tranca.	93
4.2	ANÁLISIS COMPARATIVO DEL SISTEMA HÍBRIDO.	94
4.2.1	Comparación de curvas teóricas y experimentales.	94
4.2.2	Análisis económico del sistema de generación híbrido eólico-fotovoltaico.	96
4.2.3	Especificación económica de la demanda eléctrica mensual (Centro Turístico La Tranca).	97
4.2.4	Efecto turístico en el CTLT, cuya fuente de energía eléctrica es un sistema híbrido eólico-fotovoltaico.	99
4.2.5	Análisis costo beneficio del sistema híbrido eólico-fotovoltaico de demanda eléctrica mensual del Centro Turístico La Tranca.	100
	CONCLUSIONES	101
	RECOMENDACIONES	103
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	104
	ANEXOS	107

Tabla de Figuras.

Figura 1: Principales componentes del sistema eólico.....	19
Figura 2: Descripción de las principales partes del aerogenerador.....	20
Figura 3: Principales componentes de un sistema fotovoltaico.....	22
Figura 4: Modulo fotovoltaico o panel solar.....	22
Figura 5: Irradiación y radiación solar, impactando en la superficie de la tierra	28
Figura 6: Potencial de generación efectiva en el Ecuador por tipo de central	29
Figura 7: Potencial de energía renovable y no renovable en Ecuador	29
Figura 8: Porcentaje de la potencia nominal de energía renovable en el Ecuador.	31
Figura 9: Porcentaje de la potencia efectiva de energía renovable en el Ecuador.	31
Figura 10: Vista paisaje mirador turístico La Tranca.....	33
Figura 11: Cantón Chordeleg en la provincia del Azuay.....	34
Figura 12: División parroquial del cantón Chordeleg.....	35
Figura 13: Ubicación geográfica sector La Tranca.....	35
Figura 14: Componentes generales de la estación meteorológica profesional con transmisor solar WH2310.....	42
Figura 15: Estación base o principal.....	42
Figura 16: Pantalla de visualización (Pantalla LCD).....	43
Figura 17: Entrada USB y alimentador DC 0,5V de la pantalla LCD.....	44
Figura 18: Pantalla inicio y pantalla de ajuste del Software WeatherSmart.....	44
Figura 19: Historial en Software WeatherSmart.....	45
Figura 20: Graficas de historial recopilado software WeatherSmart.....	45
Figura 21: Datos máximos y mínimos de los parámetros meteorológicos La Tranca.....	46
Figura 22: Temperatura promedio de Abril, Mayo, Junio y Julio.....	47
Figura 23: Radiación solar promedio de Marzo, Abril, Mayo, Junio y Julio.....	47
Figura 24: Efectos de la temperatura sobre el modulo fotovoltaico (A-260P GS) [26].	49
Figura 25: Efectos de la radiación solar sobre el modulo fotovoltaico (A-260P GS) [26].	49
Figura 26: Potencia generada por el modulo solar fotovoltaico.....	51
Figura 27: La energía fotovoltaica generada por el modulo solar A-260P GS (mes de Abril).....	52
Figura 28: La energía fotovoltaica generada por el modulo solar A-260P GS (mes de Mayo).....	53
Figura 29: La energía fotovoltaica generada por el modulo solar A-260P GS (mes de Junio).....	53
Figura 30: La energía fotovoltaica generada por el modulo solar A-260P GS (mes de Julio).....	54
Figura 31: Modelo de celda solar con diodo único.....	55
Figura 32: Sistema fotovoltaico Simulink (MATLAB R2015a).....	59
Figura 33: Modelo Simulink (Subsystem8).....	60
Figura 34: Modelo Simulink intervalo de valores radiación solar y temperatura (Subsystem7).....	60
Figura 36: Modelo Simulink Temperatura Kelvin (Subsystem).....	60
Figura 37: Modelo Simulink corriente foto generada (Subsystem1).....	61
Figura 38: Modelo Simulink corriente de salida (Subsystem4, 5).....	61
Figura 39: Modelo Simulink corriente del diodo (Subsystem2).....	61
Figura 40: Modelo Simulink corriente de saturación del diodo (Subsystem3).....	62
Figura 41: Modelo Simulink intensidad, voltaje y potencia (Subsystem6).....	62
Figura 42: Curva Intensidad (A)-voltaje (v) por variación de irradiación solar.....	63

Figura 43: Curva Potencia (W)-voltaje (v) por variación de irradiación.	63
Figura 44: Curva Intensidad (A)-voltaje (v) por irradiación promedio.	64
Figura 45: Curva Potencia (W)-voltaje (v) por irradiación promedio.	64
Figura 46: Velocidad del viento promedio de Abril, Mayo, Junio y Julio.	66
Figura 47: Dirección del viento promedio del mes de abril, mayo, junio y julio.	66
Figura 48: Rosa de los vientos de dirección y velocidad promedio del mes de abril, mayo, junio y julio.	67
Figura 49: Curva de potencia aerogenerador WINDSSPOT 3.5KW.	68
Figura 50: Potencia teórica con densidad equivalente a 3010msnm.	70
Figura 51: Curva de potencia real con diferentes valores de coeficiente de potencia (Cp).	71
Figura 52: Potencia real de Abril con diferente coeficiente de potencia (Cp).	72
Figura 53: Potencia real de Mayo con diferente coeficiente de potencia (Cp).	72
Figura 54: Potencia real de Junio con diferente coeficiente de potencia (Cp).	73
Figura 55: Potencia real de Julio con diferente Coeficiente de Potencia (Cp).	73
Figura 56: Potencia real de abril, mayo junio y julio con Cp=0,5.	74
Figura 57: Potencia real que genera el aerogenerador, en función de las horas de velocidad de viento en el mes de abril.	74
Figura 58: Potencia real que genera el aerogenerador, en función de las horas de velocidad de viento en el mes de mayo.	75
Figura 59: Potencia real que genera el aerogenerador, en función de las horas de velocidad de viento en el mes de junio.	76
Figura 60: Potencia real que genera el aerogenerador, en función de las horas de velocidad de viento en el mes de julio.	77
Figura 61: Esquema de un sistema de turbina eólica en masa.	78
Figura 62: Esquema de dos sistemas de turbina eólica en masa.	78
Figura 63: Modelo matemático aerogenerador Simulink (MATLAB R2015a).	81
Figura 64: Modelo Simulink del área de barrido del aerogenerador (Subsystem)	81
Figura 65: Modelo Simulink de la potencia teórica del aerogenerador (Subsystem1)	82
Figura 66: Modelo Simulink de la potencia real del aerogenerador (Subsystem2)	82
Figura 67: Curva potencia vs velocidad del viento con (Cp=0,5).	83
Figura 68: Representación gráfica del sistema híbrido eólico-fotovoltaico.	84
Figura 69: Diagrama de flujo general sistema híbrido eólico-fotovoltaico.	85
Figura 70: Diagrama de flujo específico sistema híbrido eólico-fotovoltaico.	87
Figura 71: Ubicación del aerogenerador.	88
Figura 72: Diagrama módulos solares A-260P GS, cinco conectados en serie y tres conectados en paralelo.	89
Figura 73: Curva Intensidad- Tensión del sistema Fotovoltaico.	89
Figura 74: Curva Potencia-Tensión del sistema Fotovoltaico.	90
Figura 75: Disposición del sistema híbrido en el centro turístico La Tranca DIALux 4.12.	94
Figura 76: Comparación de graficas teóricas vs graficas experimental (Intensidad-Tensión) del módulo solar.	95
Figura 77: Comparación de graficas teóricas vs graficas experimental (Potencia-Tensión) del módulo solar.	95
Figura 78: Comparación de graficas teóricas vs graficas experimental (Potencia del Viento vs Velocidad del Viento) del sistema eólico.	96
Figura 79: Consultar panilla, Empresa Regional Centro Sur.	97
Figura 80: Demanda eléctrica (KWH) mensual del centro Turístico La Tranca.	98
Figura 81: Facturación de energía eléctrica centro turístico La Tranca.	99

Figura 82: Facturación total del servicio eléctrico y alumbrado público del centro
Turístico La Tranca 99

Tablas.

Tabla 1: Clases de longitud de rugosidad.....	25
Tabla 2: Clasificación de velocidades del viento en la tierra (Escala de Beaufort).	26
Tabla 3: Potencia nominal y efectiva energía renovable en Ecuador.	30
Tabla 4: Tipo de centrales de energía renovable y potencia nominal en las provincias del Ecuador.....	32
Tabla 5: Cuadro de carga actual del centro turístico La Tranca.	37
Tabla 6: Cuadro de carga proyectada para el 2018 del centro turístico La Tranca.....	38
Tabla 7: Ubicación de estación meteorológica WH2310.....	39
Tabla 8: Valores mínimos y máximos para la estación meteorológica.	40
Tabla 9: Características del panel solar de 260W, modelo A-260P GS.	48
Tabla 10: Características del Aerogenerador windspot 3.5KW.....	68
Tabla 11: Variación de la densidad en función de la altura sobre el nivel del mar.....	69
Tabla 12: Características de la batería de gel 12 V 300Ah (HTL12-300).....	90
Tabla 13: Características del controlador de carga SNC-15110.....	91
Tabla 14: Características del inversor del sistema híbrido FRONIUS-IG-PLUS-10.0-1UNI/600VDC-208VAC.	91
Tabla 15: Energía eléctrica generada por el sistema híbrido para cubrir la carga actual.	92
Tabla 16: Energía eléctrica generada por el sistema híbrido para cubrir la carga proyectada para 2018.....	93
Tabla 17: Costo de inversión del sistema híbrido eólico-fotovoltaico.	97
Tabla 18: Facturación y demanda eléctrica de centro turístico La Tranca.	98

Tabla de Anexos.

ANEXO 1 Valores de temperatura registrados en los meses de abril, mayo, junio y julio	107
ANEXO 2 Valores de radiación solar registrados en los meses de abril, mayo, junio y julio.....	111
ANEXO 3 Características técnicas del módulo fotovoltaico a-265p gs (260w)	115
ANEXO 4 Valores de velocidad del viento registrados en los meses de abril, mayo, junio y julio.....	118
ANEXO 5 Valores de dirección del viento registrados en los meses de abril, mayo, junio y julio.....	122
ANEXO 6 Características técnicas del aerogenerador windspot 3.5kw	126

RESUMEN

Para este trabajo de investigación se consideró los sistemas híbridos eólico-fotovoltaico (SHEF), fuentes de energía renovable que aprovecha la energía del viento y radiación solar para transformar en energía eléctrica. En el presente trabajo de investigación se analizó la factibilidad de un sistema de generación híbrido eólico-fotovoltaico, para el mirador turístico La Tranca del cantón Chordeleg lugar de flora y fauna con el propósito de conservar el medio ambiente. El proceso de investigación consistió en la recopilación de datos de radiación solar, temperatura, velocidad del viento entre otros mediante una estación meteorológica, a partir de los datos obtenidos se permite dimensionar un sistema híbrido para una demanda eléctrica específica. Las curvas comparativa de potencia de generación teórica y simulada de los elementos de generación módulo solar y aerogenerador, efecto turístico, rentabilidad económica y análisis costo beneficio son parte de la investigación para conocer la factibilidad del sistema híbrido en el mirador turístico La Tranca.

Palabras clave: GENERACIÓN HÍBRIDA, SISTEMA FOTOVOLTAICO, SISTEMA EÓLICO, DEMANDA ELÉCTRICA.

ABSTRACT

For this research, a wind-photovoltaic hybrid systems (SHEF) was considered, renewable energy sources, harnesses energy from wind and solar radiation to transform it into electricity. The feasibility of a wind-photovoltaic hybrid generation system was analyzed, for the tourist viewpoint La Tranca of the Chordeleg canton, home of flora and fauna with the aim of preserving the environment. The research process involved the gathering of solar radiation data, temperature, wind speed etc. with a weather station, based on the data obtained, it is possible to measure a hybrid system for a specific electrical demand. The comparative curves of theoretical generation power and simulated generating elements, solar module and wind turbine, tourism effect, profitability and cost benefit analysis are part of research to determine the feasibility of the hybrid system in the tourist viewpoint La Tranca.

Keywords: HYBRID SYSTEM, PHOTOVOLTAIC SYSTEM, WIND POWER SYSTEM, RADIATION, WIND, FEASIBILITY, DEMAND ELECTRICITY

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación analiza la factibilidad de un sistema híbrido eólico-fotovoltaico para la demanda de energía eléctrica del Centro Turístico La Tranca, aprovechando la radiación solar y velocidad del viento en el sitio especificado priorizando la conservación del medio ambiente, considerando su ubicación geográfica.

La tesis se la presenta en cuatro capítulos los cuales se especificaran a continuación. El primer capítulo hace referencia a la fundamentación teórica de las energías renovables en Ecuador, fuentes renovables referentes al tema de investigación y antecedentes generales en donde se pretende realizar el análisis; el segundo capítulo presenta el análisis para la conversión de energía solar a energía eléctrica, obtención de datos, forma de obtención de datos, modelo matemático y resultados numéricos del sistema solar; el tercer capítulo hace relación al análisis para la conversión de energía eólica a energía eléctrica, obtención de datos con relación al sistema fotovoltaico, resultados numéricos y modelo matemático de dicho sistema; y por último, el cuarto capítulo hace ilusión a los diseños generales, dimensionamiento de equipos, análisis comparativo, económico y efecto turístico del sistema híbrido.

La importancia del tema de investigación surge de la perspectiva que tiene el gobierno con las centrales eléctricas renovables en Ecuador, nuestro país posee un enorme potencial de recursos renovables para sustituir las energías fósiles por energías favorables con el medio ambiente. La Universidad Católica de Cuenca (UCACUE) no presenta la suficiente investigación teórica-experimental sobre este tema, lo cual provoco el interés por realizarlo, lo que implica una mayor escala investigativa a nivel de la institución.

La eficiencia de un sistema híbrido eólico-fotovoltaico depende del potencial existente de radiación solar y velocidad del viento, es indispensable conocer el potencial de dichas fuentes para la fundamentación de esta investigación.

El objetivo general de la presente tesis es el análisis de la factibilidad de un sistema de generación eólico-fotovoltaico, para el mirador turístico La Tranca del cantón Chordeleg, el análisis está enfocado únicamente para la demanda eléctrica del mirador turístico.

En el transcurso de la investigación se presentó la oportunidad de conocer lugares y personas que nos ayudan a profundizar nuestros conocimientos dentro del marco de las energías renovables; se requiere de un tiempo prolongado para registrar los datos meteorológicos de un sitio, fue necesario disponer de una estación meteorológica para obtenerlos, por lo que fue un inconvenientes para la investigación adquirir dicha estación en nuestro medio por el tiempo estimado.

Para realizar la investigación, es necesario registrar valores meteorológicos para conocer el potencial eólico y potencial solar que es lo que nos interesa.

Luego se realiza el dimensionamiento del sistema híbrido eólico-fotovoltaico para la demanda eléctrica del centro turístico especificado, junto con los elementos que forman parte del sistema, Simulink (MATLAB) y Excel nos permiten realizar los cálculos para conocer la energía que genera el modulo solar y aerogenerador que son los generadores de energía eléctrica de dicho sistema híbrido. De esta forma se determina si el sistema puede o no puede suplir la demanda eléctrica de referencia.

Se realiza el análisis costo beneficio, tomando en cuenta que la parte económica también interviene en el análisis de factibilidad.

Por último se realiza un análisis comparativo de parámetros considerados importantes, para definir la factibilidad del sistema es decir determinar la posibilidad de su implementación.

CAPITULO 1

1) FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.

1.1 SISTEMA EÓLICO.

Sistema eólico es un sistema de generación de energía eléctrica renovable, que contribuye con el medio ambiente reduciendo las emisiones de CO₂, considerando que la fuente de generación de un sistema eólico es aprovechar la energía cinética del viento; viento fuente de energía hasta cuando el sol se extinga. Es necesario y de vital importancia conocer la velocidad del viento en la zona con anterioridad, para determinar el potencial de energía eólica en el área donde se pretenda establecer un sistema eólico. (Alvarez & Martinez, 2013)

Un sistema de generación eólico es uno de los sistemas renovables que más relación tiene entre costo-beneficio dentro del marco de las energías limpias, sistema que comúnmente se las utiliza más en lugares aislados o remotos donde no existe el suministro de energía eléctrica por parte de la empresa eléctrica de la región (Departamento de Energía E.E.U.U., 2011).

Una de las principales restricciones de un sistema eólico, es para los sistemas eólico aislado que no están conectados a la red eléctrica, sistema que necesita banco de baterías para almacenar la energía excesiva y utilizarla cuando en el sistema no esté generando por falta de viento (Departamento de Energía E.E.U.U., 2011).

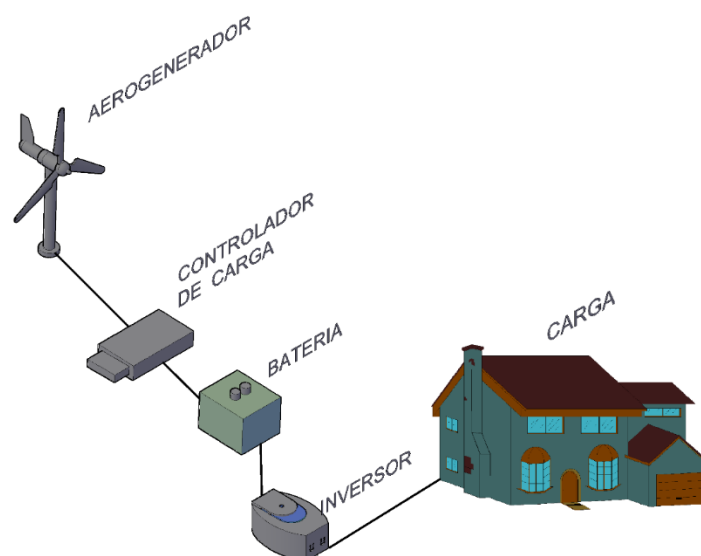


Figura 1. Principales componentes del sistema eólico.
Fuente: Christian Castro Samaniego. Autor

Un sistema eólico de generación está constituido por: aerogenerador, regulador de carga, inversor y un banco de baterías, elementos que se explicaran más adelante. Donde el elemento principal es el aerogenerador quien es el encargado de optimizar el viento para generar energía eléctrica (IES, 2010).

1.1.1 Aerogenerador.

Un aerogenerador puede ser de eje vertical o eje horizontal, por corresponder al tema de investigación, se especifica los componentes de un aerogenerador de hélices con eje horizontal (Baillarie R, 2007), el mismo que está formado por los siguientes partes:

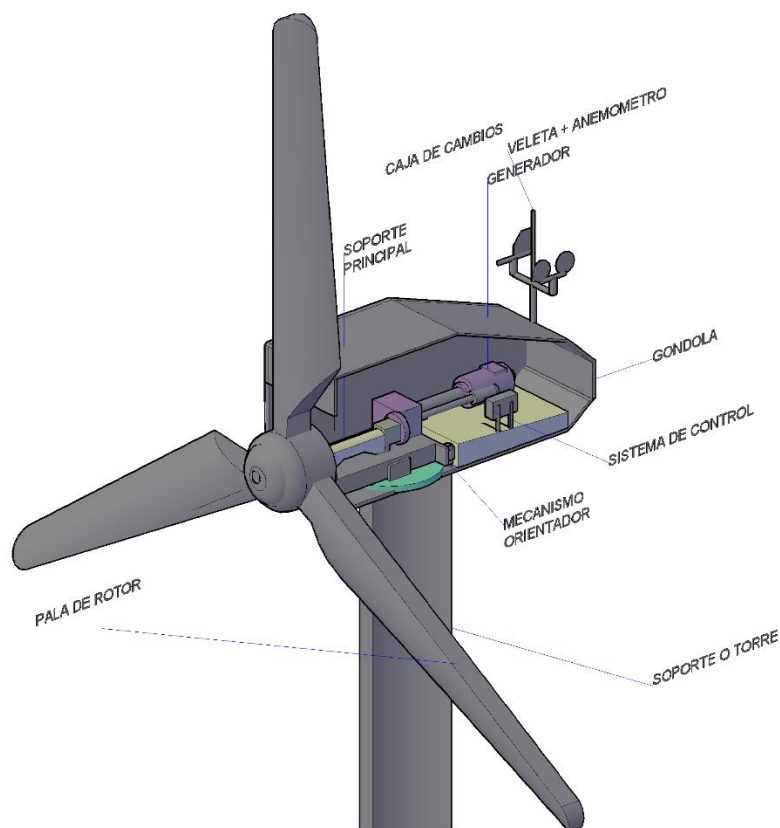


Figura 2. Descripción de las principales partes del aerogenerador.
Fuente: Christian Castro Samaniego. Autor

- Generador
- Veleta y anemómetro
- Caja multiplicadora
- Soporte principal
- Góndola
- Mecanismo orientador
- Sistema de rotor o turbina eólica
- Sistema de control

- Soporte o torre

1.1.2 Regulador de carga.

La generación de energía eléctrica en un sistema eólico es muy variable debido que el recurso eólico en el lugar no es constante, considerando que esta dependerá de la velocidad que tenga el viento.

En un sistema eólico es muy importante un regulador instalado entre el aerogenerador y el banco de baterías que compone el sistema eólico, controlador que se encargara del paso de corriente a las baterías, cuando las baterías se encuentren cargadas en su totalidad, el regulador disipara la corriente excedida de estas en forma de calor (Ruiz R, Peña A, & Fernandez R, 2013).

1.1.3 Inversor.

Un inversor en un sistema eólico tiene la función de convertir el voltaje de corriente directa a voltaje de corriente alterna, con parámetros de magnitud y frecuencia de voltaje de corriente alterna requeridos (Ruiz R, Peña A, & Fernandez R, 2013).

1.1.4 Banco de baterías.

Un sistema eólico no generara energía eléctrica todo el tiempo por lo que las baterías en este sistema es uno de los componentes principales, considerando que las baterías almacenan energía ayudando a disponer de energía cuando el sistema no está generando (Ruiz R, Peña A, & Fernandez R, 2013).

1.1.5 Sistema fotovoltaico.

La energía fotovoltaica forma parte del grupo de las energías renovables, el sistema fotovoltaico es un método de generación eléctrica que convierte la radiación solar fuente inextinguible en energía eléctrica a través de una célula solar, donde se produce el efecto fotovoltaico (Enriquez Harper, 2014).

La energía fotovoltaica está establecida para usos diferentes, sea para lugares aislados donde no se dispone de energía eléctrica. Así también sistemas fotovoltaicos que se conectan a la red eléctrica.

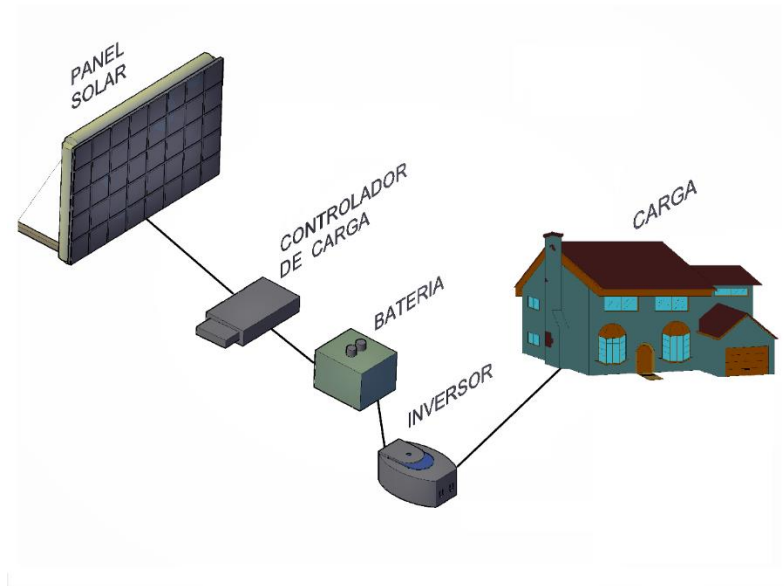


Figura 3. Principales componentes de un sistema fotovoltaico.
Fuente: Christian Castro Samaniego. Autor

Los elementos que forma parte del sistema fotovoltaico son: Modulo fotovoltaico, banco de baterías, regulador de carga y un inversor (Alonso Abella, 2011).

1.1.6 Módulo fotovoltaico

Modulo fotovoltaico o panel solar es el elemento encargado de convertir la energía del sol en energía eléctrica. Numerosas celular fotovoltaicas son las que forman un módulo fotovoltaico que pueden estar conectados en paralelo o en serie (Alonso Abella, 2011).

El efecto fotovoltaico se produce en las células fotovoltaicas, especificando que la energía lumínica genera una carga positiva y una carga negativa, en dos semiconductores diferentes generando una corriente eléctrica.

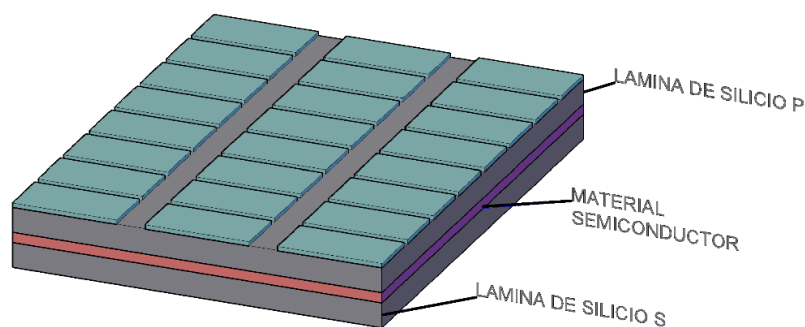


Figura 4. Modulo fotovoltaico o panel solar.
Fuente: Christian Castro Samaniego. Autor

La eficiencia de un módulo fotovoltaico siempre está en función de las horas de sol durante el día, a mayor radiación solar mayor energía generara el modulo fotovoltaico (Alonso Abella, 2011).

1.1.7 Banco de baterías sistema solar.

Las baterías en un sistema fotovoltaico son utilizadas cuando el sistema no está conectado a la red eléctrica, baterías que almacena corriente directa AC que esta conectadas de forma directa al módulo fotovoltaico, por lo que la energía almacenada será utilizadas en horas de la noche o días que no exista la suficiente radiación solar para generar energía (Alonso Abella, 2011).

1.1.8 Regulador de carga sistema solar.

Es el elemento que detecta el estado de las baterías que pueden estar sobrecargadas o sobredescargadas, desconectando del generador fotovoltaico o desconectando de la carga respectivamente. Regulador de carga que está encargado de proteger a las baterías, aumentando la vida útil de las mismas (Alonso Abella, 2011).

1.1.9 Inversor sistema solar.

Un sistema fotovoltaico genera corriente continua, la misma corriente continua CD que se almacena en las baterías de forma directa. Pero el sistema solar también debe abastecer de energía a elementos que funcionan con corriente alterna (AC). Por lo que es importante un inversor de corriente que convierte la corriente continua (CD) en corriente alterna (AC), aumentando la efectividad del sistema para diferentes usos (Alonso Abella, 2011).

1.2 CORRIENTES DE VIENTO Y RADIACIÓN SOLAR

Velocidad del viento y radiación solar son los elementos, fuentes de generación de energía eléctrica en un sistema híbrido eólica-fotovoltaico, las características de estas fuentes se expondrán a continuación:

1.2.1 Corrientes de viento.

Los vientos se generan por el movimiento de las masas de aire en la troposfera. Los vientos que se generan en la superficie terrestre son las que se consideran importantes dentro del marco de generación eléctrica (Neira G & Velencia Z, 2014).

El viento tiene su origen por masas de aire que se producen en las diferencias de presión generadas por la homogeneidad del calentamiento, por radiación solar, entonces se considera mayor velocidad del viento a mayor variación de la presión atmosférica (M.E.E.R., 2013).

El fenómeno conocido como fuerza de Coriolis se refiere a la variación del movimiento y dirección del viento, consecuencia del movimiento rotacional de la tierra. La desviación o variación de la velocidad del viento también puede ser producido por origen térmico y geográfico.

Origen Térmico: Dentro del origen térmico se tiene viento de ladera y ráfaga que se especifican a continuación.

- *Viento de ladera y valle:*

Se inicia un flujo de aire ascendente en las primeras horas del día (amanecer), las laderas de aire se calientan. Las corrientes de viento en horas del mediodía ascienden y son fuertes, estas corrientes tienden a descender cuando el sol descende (Neira G & Velencia Z, 2014).

- *Ráfaga:*

Una de las características del viento que durante las horas del día soplara hacia la tierra, siendo lo contrario en horas de la noche. Esta característica mencionada es consecuencia del calentamiento entre la tierra y el sol (Neira G & Velencia Z, 2014).

Origen Geográfico: Los vientos aprovechados para la generación de energía eléctrica son formados en acantilados, pequeños valles y colinas (Neira G & Velencia Z, 2014).

1.2.1.1 Parámetros que influyen en la velocidad del viento.

En las alturas como colinas, montañas es donde la velocidad del viento es mayor por la altura, el clima y la topología del lugar son parámetros que intervienen de una forma considerable en la velocidad del viento, estos parámetros que influyen en la velocidad del viento pueden ser Ambientales y Artificiales (Neira G & Velencia Z, 2014):

1.2.1.2 Variación de la velocidad del viento con la altura.

Para conocer la velocidad del viento en una altura específica se aplica la siguiente fórmula (M.E.E.R., 2013).

$$V_a = V_b \frac{\ln\left(\frac{H_b}{R_t}\right)}{\ln\left(\frac{H_a}{R_t}\right)} \quad (1)$$

V_a : Velocidad a una altura H_b .

V_b : Velocidad del viento conocida.

H_a : Altura original (medición).

H_b : Nueva altura donde se requiere determinar la velocidad.

R_t : Rugosidad del terreno (M.E.E.R., 2013).

La rugosidad del terreno es un dato muy importante que sirve para determinar la velocidad del viento a alturas diferentes, denominada longitud de rugosidad. La siguiente tabla 1 presenta una clasificación de rugosidad orientativa (M.E.E.R., 2013).

Tabla 1. Clases de longitud de rugosidad.
Fuente: (M.E.E.R., 2013).

Clases de longitud de Rugosidad		
Clases de Rugosidad	Longitud de Rugosidad	Uso del suelo
0	0,0002	Superficie del agua en calma.
0,5	0,0024	Terreno abierto con superficie lisa: pistas de hormigón en los aeropuertos, césped cortado, etc.
1	0,03	Área agrícola abierta sin cercados ni setos y con edificios muy dispersos.
1,5	0,055	Terreno agrícola con algunas casas y cercados de hasta 8 m de altura separados por más de 1 km.
2	0,1	Terreno agrícola con algunas casas y cercados de hasta 8 m de altura separados por aproximadamente 500 m.
2,5	0,2	Terreno agrícola con varios árboles, arbustos y plantas, o cercados de hasta 8 m de altura separados por aproximadamente 250 m.
3	0,4	Ciudades, villas, terreno agrícola con muchos cercados o muy altos, bosques.
3,5	0,6	Grandes ciudades con edificios altos
4	1,6	Ciudades muy grandes con edificios altos y rascacielos.

La escala de Beaufort está elaborada para conocer las consecuencias en el planeta que produce la velocidad del viento, en unidades de m/s y km/h como se muestra en la tabla 2 (Retallack B , 1973).

*Tabla 2. Clasificación de velocidades del viento en la tierra (Escala de Beaufort).
Fuente: (Retallack B , 1973).*

Clasificación de Velocidades de Viento				
Escala	Nombre	m/s	km/h	Características para la estimación de la velocidad del viento en el planeta.
0	Calma	0 - 0.2	1	Calma, el humo se eleva verticalmente.
1	Ventolina	0.3 - 1.5	1.0 - 5.0	La dirección del viento se revela por el movimiento del humo, pero no por las veletas.
2	Brisa muy débil	1.6 - 3.3	6.0 - 11.0	El viento se percibe en el rostro; las hojas se agitan; la veleta se mueve.
3	Brisa débil	3.4 - 5.4	12.0 - 19	Hojas y ramitas agitadas constantemente, el viento despliega las banderolas.
4	Brisa moderada	5.5 - 7.9	20 - 28	El viento levanta polvo y hojitas de papel, ramitas agitadas.
5	Brisa fresca	8.0 - 10.7	29 - 38	Los arbustos con hoja se balancean, se forman olas con cresta en las aguas interiores (estanques).
6	Viento fresco	10.8 - 13.8	39 - 49	Las grandes ramas se agitan, los hilos telegráficos silban, el uso del paraguas se hace difícil.
7	Viento fuerte	13.9 - 17.1	50 - 61	Los árboles enteros se agitan, la marcha en contra del viento es penosa.
8	Viento duro	17.2 - 20.7	62 - 74	El viento rompe las ramas, es imposible la marcha contra el viento.
9	Viento muy duro	20.8 - 24.4	75 - 88	El viento ocasiona ligeros daños en las viviendas (arranca cañerías, chimeneas, tejados)
10	Temporal	24.5 - 28.4	89 - 102	Raro en los continentes, árboles arrancados, importantes daños en las viviendas.
11	Borrasca	28.5 - 32.6	103 - 117	Observado muy raramente, acompañado de extensos destrozos.
12	Huracán	32.7	118	Estragos graves y extensos.

1.2.2 Radiación solar.

En el interior del sol se producen reacciones nucleares conociendo al sol como una estrella gigante, donde existen átomos de hidrógeno; estos átomos se combinan para obtener átomos de helio, la energía que se obtiene es de una pequeña masa de estos átomos de helio (Neira G & Velencia Z, 2014).

A la superficie de la tierra llegará una radiación solar que dependerá de las siguientes especificaciones (Neira G & Velencia Z, 2014).

1.2.2.1 Irradiancia.

Se conoce como la irradiancia al valor de la radiación solar que impacta en metros cuadrados de la atmósfera de la tierra, cuya unidad es (W/m^2).

Por las noches la Irradiancia siempre será cero, durante las horas del día la irradiancia será diferente en cualesquier lugar. En horas del mediodía esta tendrá su valor máximo o pico, porque el sol estará a su mayor altura bajando su valor de forma moderada hasta que llegue la noche (Enriquez Harper, 2014).

1.2.2.2 Irradiación.

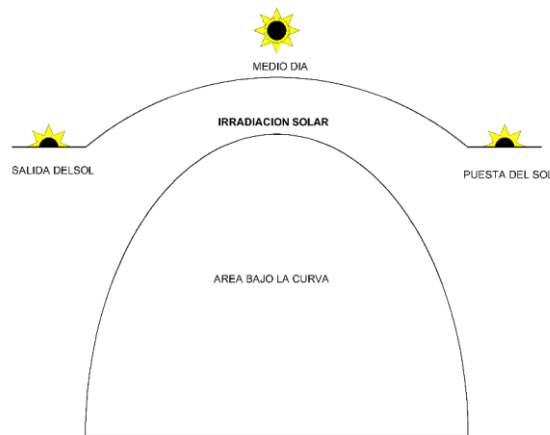
La irradiación en función del tiempo, la irradiación es el valor de energía estimada que puede generar un sistema solar fotovoltaico, dato muy importante para los sistemas fotovoltaicos.

El aprovechamiento de la energía del sol en el planeta se ha visto reducida, tomando en cuenta que en los meses de invierno los días son más cortos, tienen menos horas de luz durante el día.

La radiación horaria tiene como unidad de medida watts/hora por metro cuadrado (Enriquez Harper, 2014).

1.2.2.3 Angulo de altitud.

Este término se refiere al ángulo comprendido entre horizonte y el sol durante cualquier hora del día (Enriquez Harper, 2014).



*Figura 5. Irradiación y radiación solar, impactando en la superficie de la tierra.
Fuente: (Enriquez Harper, 2014)*

1.2.2.4 Radiación directa.

Radiación solar que toca a una superficie directamente sin variar su dirección, es decir la radiación tiene o sigue una sola dirección (Neira G & Velencia Z, 2014).

1.2.2.5 Radiación difusa.

La radiación difusa es a direccional es decir proviene de varias direcciones al haber sido reflejados los rayos solares cambian su dirección (Ernandez J, Escobar I, & Castilla N).

1.2.2.6 Radiación global.

Al sumar la radiación directa más la radiación difusa dan como resultado la radiación global (Ernandez J, Escobar I, & Castilla N).

1.3 ENERGÍAS RENOVABLES EN ECUADOR

1.3.1 Centrales de generación de energía eléctrica en Ecuador.

En el Ecuador la generación de energía eléctrica, consta de dos fuentes de energía: renovables y no renovables. La energía generada en el Ecuador por fuentes no renovables son; térmicas turbovapor, térmicas turbogas y las centrales térmicas con motores de combustión (MCI). La energía con fuentes renovables en el Ecuador son; las centrales hidroeléctricas, eólicas, fotovoltaicas, biogás y biomasa.

A continuación en la figura 6 se presenta el potencial de generación efectiva en el Ecuador por tipo de central en el 2016 (ARCONEL , 2016).

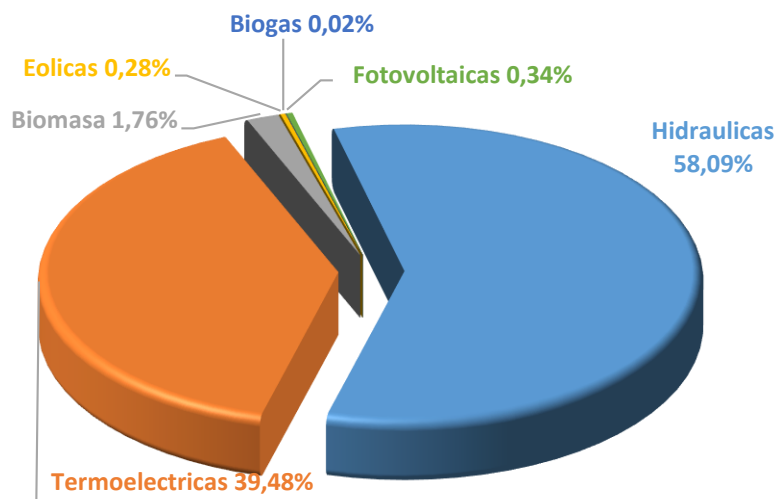


Figura 6: Potencial de generación efectiva en el Ecuador por tipo de central.
Fuente: (ARCONEL , 2016).

1.3.2 Producción de energía renovable y no renovable en GWh, en Ecuador.

La energía eléctrica instalada efectiva en el Ecuador considerando las fuentes renovables y no renovables tiene un total de 7.606,10 (MG). Con una potencia instalada de 4.603,07 (MW) de energías renovables efectiva y una potencia instalada efectiva de 3.003,03 (MW) energía no renovable datos del 2016 según ARCONEL (ARCONEL , 2016), el potencial se muestra en la siguiente figura 7.

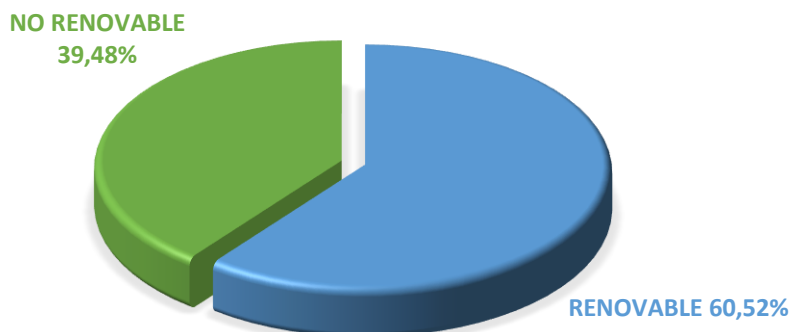


Figura 7: Potencial de energía renovable y no renovable en Ecuador.
Fuente: (ARCONEL , 2016).

1.3.3 Análisis de las centrales con fuentes renovables en el Ecuador.

Las energías renovables son energías que contribuyen con el medio ambiente considerando que se las obtiene de forma natural, tienen la ventaja de autogenerarse sin que su fuente se extinga.

Las energías renovables en el Ecuador han aumentado en los últimos años desde el 2007 hasta el 2016 el incremento de energía nominal ha sido de 4,640.29 MW a 2,133.30 MW respectivamente. Con un potencial de crecimiento del 117.52%, consecuencia del incremento de centrales de energía con fuentes renovables, como son la eólica, hidráulica, biogás y fotovoltaica.

En Ecuador las fuentes de energía renovable son las siguientes energía hidráulica, eólica, solar, biomasa y biogás, esta última se considera como energía renovable porque su combustible es el bagazo de caña (ARCONEL , 2016), en el Ecuador la energía hidráulica es la que más contribuye dentro del marco de la energía renovable con un 96.59% de potencia nominal, del total de la energía renovable o limpia en el Ecuador en el 2016 (ARCONEL , 2016).

A continuación en la siguiente tabla 2 se muestra la potencia nominal y efectiva por tipo de energía renovable en el Ecuador (ARCONEL , 2016).

Tabla 3. Potencia nominal y efectiva energía renovable en Ecuador.
Fuente: (ARCONEL , 2016)

Potencia Nominal y Efectiva Energía Renovable		
CENTRAL	POTENCIA NIMINAL (MW)	POTENCIA EFECTIVA (MW)
HIDRAULICA	4446,36	4418,18
EOLICA	21,15	21,15
BIOMASA	144,3	136,4
SOLAR	26,48	25,59
BIOGAS	2	1,76
TOTAL	4603,07	4603,07

El porcentaje de la potencia nominal y potencia efectiva de la energía renovable en el Ecuador se muestra en la siguiente figura 8 y figura 9 respectivamente, siendo la potencia nominal el máximo de potencia para la cual la central ha sido diseñada, mientras que la potencia efectiva es el valor real de potencia que la central entrega (ARCONEL , 2016).

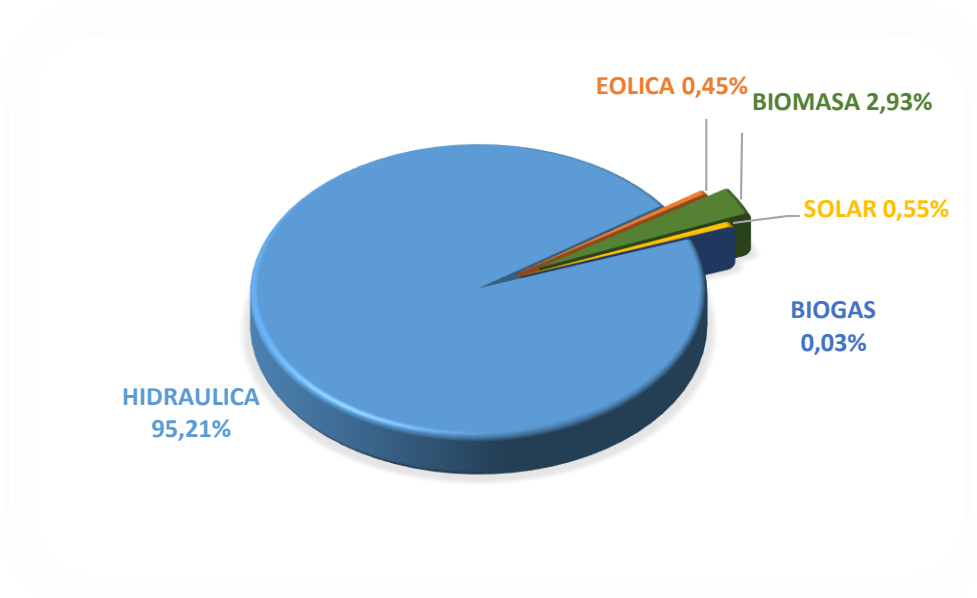


Figura 8. Porcentaje de la potencia nominal de energía renovable en el Ecuador.
Fuente: (ARCONEL , 2016)

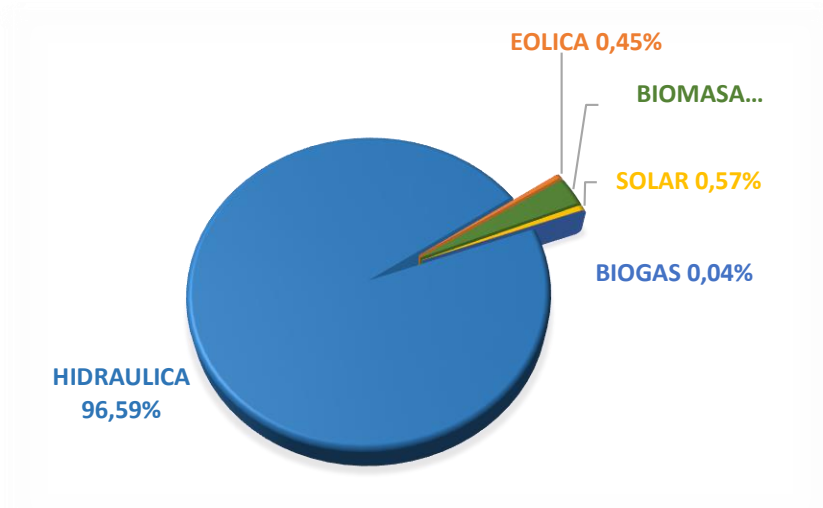


Figura 9. Porcentaje de la potencia efectiva de energía renovable en el Ecuador.
Fuente: (ARCONEL , 2016)

1.3.4 Energía renovable en las provincias del Ecuador.

La energía renovable o limpia predomina en las provincias del Azuay, Napo y Guayas con 38,20%, 32,695 y 7,14% respectivamente en el 2016 según ARCONEL (ARCONEL , 2016).

Las centrales eólicas cuya fuente de generación es el viento son 3 las existentes, las centrales solares cuya fuente es el sol son 32 las existentes en el Ecuador. Tómamos como referencia estas dos tipos de centrales de energía renovable, considerando que el tema de investigación es un sistema híbrido eólico-fotovoltaico, para el centro turístico

la tranca. En la siguiente tabla 4 se muestra el número de centrales de energía renovable en cada provincia del Ecuador especificando su potencia nominal.

Tabla 4. Tipo de centrales de energía renovable y potencia nominal en las provincias del Ecuador.

Fuente: (ARCONEL , 2016)

CAPACIDAD NOMINAL DE ENERGIA RENOVABLE POR PROVINCIAS EN ECUADOR			
PROVINCIA	TIPO DE CENTRAL	NUMERO DE CENTRALES	POTENCIA NOMINAL (MW)
Azuay	Hidráulica	6	1777,49
Bolívar	Hidráulica	1	8,00
Cañar	Biomasa	1	29,80
	Hidráulica	2	32,33
Carchi	Hidráulica	3	4,71
Chimborazo	Hidráulica	4	16,33
Cotopaxi	Hidráulica	6	28,79
	Solar	2	2,00
El Oro	Solar	6	5,99
Galápagos	Eólica	2	4,65
	Solar	7	1,64
Guayas	Biomasa	2	114,50
	Hidráulica	1	213,00
	Solar	4	3,98
Imbabura	Hidráulica	7	74,56
	Solar	3	4,00
Loja	Eólica	1	16,50
	Solar	6	5,99
Los Ríos	Hidráulica	2	57,57
Manabí	Hidráulica	0	0,00
	Solar	2	1,50
Morona Santiago	Hidráulica	2	88,40
	Solar	1	0,37
Napo	Hidráulica	3	1516,95
Orellana	Hidráulica	1	2,30
Pichincha	Hidráulica	17	134,38
	Solar	1	1,00
	Biogás	1	2,00
Sucumbíos	Hidráulica	0	0,00
Tungurahua	Hidráulica	6	494,15
Zamora Chinchipe	Hidráulica	1	2,4
TOTAL		101	4640,29

1.4 CENTROS PATRIMONIALES EN ECUADOR.

En el Ecuador existen dos derechos en el sector patrimonial Derecho de la naturaleza y Derecho humano, el Régimen del Buen Vivir es quien pone en práctica estos derechos para lo cual, el patrimonio natural y cultural son considerados estratégicos para su cumplimiento. Las personas están en su libertad y derecho de conservar su propia identidad cultural, expresar sus elecciones estética, memoria histórica y expresar su patrimonio cultural (Ministerio de Cultura y Patrimonio, 2014).

1.4.1 Ciudades Patrimoniales del Ecuador.

A continuación se enumeraran las 22 ciudades patrimoniales del Ecuador (Diego C, 2011).

- | | | |
|---------------------|---------------|-------------------------|
| - Riobamba | - Gualaceo | - Saraguro |
| - Alausí | - Guaranda | - Sangolquí |
| - Azogues | - Ibarra | - San Gabriel |
| - Cajabamba-Sicalpa | - Latacunga | - San Miguel de Bolívar |
| - Catacocha | - Loja | - Sígsig |
| - Cuenca | - Montecristi | - Zaruma |
| - Girón | - Nabón | |
| - Quito | - Baeza | |

1.4.2 Centro turístico La tranca en la provincia del Azuay.

El centro turístico la tranca, mirador turístico con hermosos paisajes naturales, que ofrece comida típica, juegos culturales, actividades deportivas y recepciones. Por lo mismo se lo debe conservar y promocionar este hermoso centro cultural y natural del Ecuador en la provincia del Azuay.



*Figura 10. Vista paisaje mirador turístico La Tranca.
Fuente: Christian Castro Samaniego. Autor*

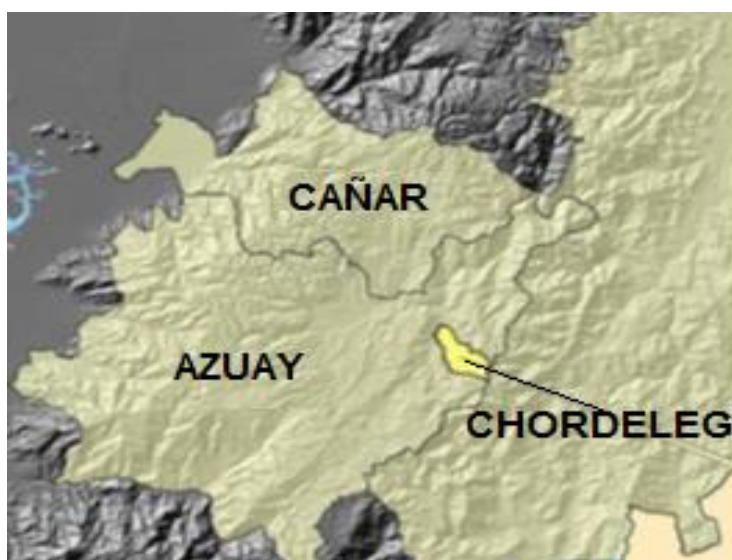
1.5 ANTECEDENTES GENERALES Y UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL LUGAR.

1.5.1 Ubicación Geográfica del centro turístico La Tranca

El centro turístico la tranca se encuentra ubicado en el sector la Tranca, de allí el origen de su nombre, en la parroquia Luis Galarza Orellana (Delegsol) del cantón Chordeleg en la provincia del Azuay.

1.5.1.1 Cantón Chordeleg

Chordeleg cantón conocido por su artesanía; como cerámicas, bordados a mano y reconocido a nivel nacional por su joyería, este cantón se encuentra 42 km de la ciudad de Cuenca, Chordeleg está dividido en 5 parroquias como son; Chordeleg, Delegsol, La Unión, San Martín de Puzhio y Principal (SENPLADES, 2014).



*Figura 11. Cantón Chordeleg en la provincia del Azuay.
Fuente: (SENPLADES, 2014)*

1.5.1.2 Parroquia Delegsol

La parroquia Delegsol, parroquia donde se encuentra el centro turístico la tranca está localizada a una distancia de 52km desde la ciudad de Cuenca; conectada por la vía asfaltada hasta en cantón Chordeleg, luego 11km de vía asfaltada hasta la cabecera parroquial.

La parroquia Delegsol, se encuentra ubicada al sur este del Cantón Chordeleg. Limita al Norte, con la Parroquia San Martín de Puzhio al Este con las Parroquia de

Remigio Crespo Toral y Luis Cardero Vega Al Sur, con la Parroquia Principal y al Oeste con la Parroquia de Güel del Cantón Sigsig (SYSTEMS, 2011).

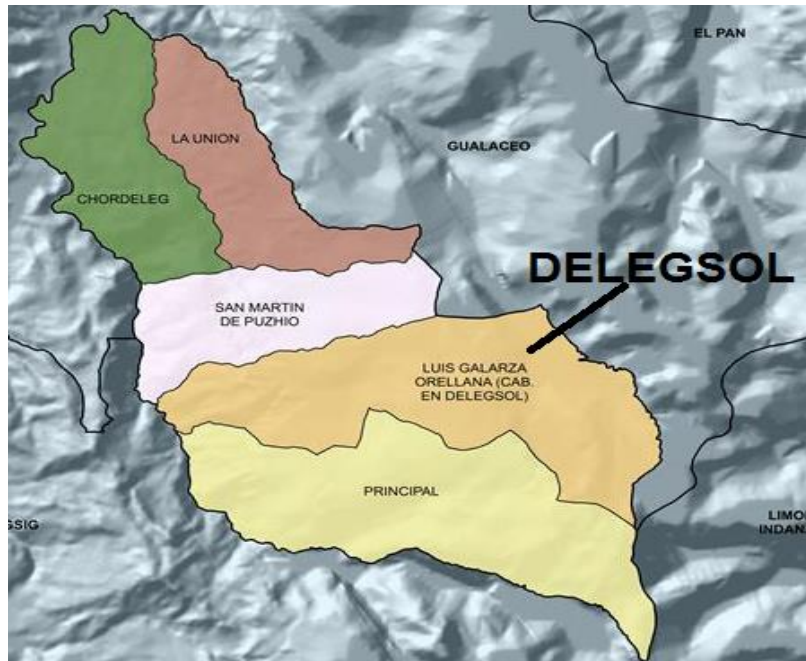


Figura 12. División parroquial del cantón Chordeleg.
Fuente: (SENPLADES, 2014)

1.5.1.3 Sector La Tranca.

El sector la tranca está a 13 km del cantón Chordeleg cuya carretera es pavimentada y 3 km del centro parroquial Delegsol en carretera asfaltada pasando por la comunidad de Chocar, las pocas personas que viven en el sector se dedican a la artesanía como elaboración de sombreros de paja toquilla, a la ganadería y agricultura.



Figura 13. Ubicación geográfica sector La Tranca.
Fuente: Christian Castro Samaniego. Autor

El sector La tranca está a 3010 metros sobre el nivel del mar con un clima templado.

1.5.2 Descripción General del centro turístico La Tranca.

El centro turístico La Tranca se caracteriza por poseer una vista privilegiada a sus alrededores de flora y fauna al estar localizada en una parte alejada de la población, paisajes hermosos que causa la admiración de los turistas nacionales e internacionales que lo visitan.

Alrededor 140 persona visitan el centro turístico al mes según el señor Nilo Castro propietario del centro turístico, quien administra el lugar junto a su familia. Los meses de mayor concurrencia de personas son enero, febrero, agosto y diciembre testimonio del propietario.

Para garantizar el agrado de sus visitantes el centro turístico cuenta con:

- Hospedaje
- Mirador
- Tarabita, silla voladora
- Canchas de uso múltiple
- Juegos infantiles
- Salón de juegos
- Salón de eventos
- Karaoke
- Pesca deportiva
- Bar restaurant
- Comida típica
- Caminata en caballo

1.5.3 Análisis de carga eléctrica del centro turístico La Tranca.

1.5.3.1 Análisis de carga eléctrica actual.

Para conocer la carga del Centro Turístico La Tranca se consideró todos los equipos que consume energía eléctrica en el lugar mencionado, se especifica el tipo de carga, la cantidad, la potencia de cada elemento y el número de horas que se utiliza durante el día, para determinar la potencia que consume durante un día, semana y mes.

Existen elementos que no se utilizan todos los días de la semana, lo cual se consideró para dicho cálculo de carga.

Tabla 5. Cuadro de carga actual del centro turístico La Tranca.
Fuente: Christian Castro Samaniego. Autor

ANÁLISIS DE CARGA								
TIPO DE CARGA	CANTIDAD	POTENCIA (W)	HORAS AL DÍA	DÍAS DE LA SEMANA	WATTS TOTALES	WATTS DÍA	WATTS SEMANA	WATTS MES
Lámparas salón de eventos	8	20	5	6	160	320	1920	8640
Lámparas comedor	3	20	2	4	60	120	480	2280
Lámparas cocina	2	20	3	6	40	60	360	1620
Lámparas habitaciones	3	20	2	2	60	90	180	900
Lámparas asaderos	2	20	2	2	32	32	64	320
Lámparas tienda	2	20	4	6	32	128	768	3456
Lámparas baño	2	20	1	6	32	32	192	864
Lámparas escenario	2	20	5	1	40	200	200	1000
Lámparas bodega	1	20	1	5	20	20	100	460
Lámparas exteriores	4	60	1	3	240	240	720	3600
Refrigerador	1	400	11	7	400	3600	25200	111600
Congelador	1	150	11	5	150	1500	7500	34500
Televisor	4	135	2	6	540	540	3240	14580
Computadora	2	45	2	5	90	180	900	4140
DJ	1	6000	2	5	6000	2400	12000	55200
Ducha	1	5000	0,3	2	5000	1000	2000	10000
Licuada	1	600	0,33	5	600	198	990	4554
TOTAL						10660	56814	257714
(KW/h)						10,7	56,814	257,7

Según la tabla anterior la potencia consumida en un mes es de 257,7kWh/mes, 56,814kW/h semana y 10,7kW/h día, existen meses del año donde la cantidad de visitantes será menor por lo tanto el consumo de energía eléctrica en el Centro Turístico La Tranca va ser menor.

En la actualidad el centro turístico está conectado a la red eléctrica, por razones geográficas y ambientales se consideró el análisis de la factibilidad de energía limpia para lugar.

La Empresa Regional Centro Sur, es la empresa distribuidora de energía eléctrica encargada de proveer de energía hacia el lugar especificado. Con el transformador monofásico número 21912 de potencia 10KVR, el transformador es privado según el testimonio del propietario.

1.5.3.2 Análisis de carga eléctrica proyectada 2018.

La demanda proyectada para el 2018 es 470,114kWh mes, 107,214KWh semana y 17,86KWh día, lo cual representa el 86,61% más que el consumo actual, como se muestra en la tabla 6.

Tabla 6. Cuadro de carga proyectada para el 2018 del centro turístico La Tranca.
Fuente: Christian Castro Samaniego. Autor

ANALISIS DE CARGA PROYECTADA 2018								
TIPO DE CARGA	CANTIDAD	POTENCIA (W)	HORAS AL DIA	DIAS DE LA SEMANA	WATTS TOTALES	WATTS DIA	WATTS SEMANA	WATTS MES
Lámparas salón de eventos	8	20	5	6	160	320	1920	8640
Lámparas comedor	3	20	2	4	60	120	480	2280
Lámparas cocina	2	20	3	6	40	60	360	1620
Lámparas habitaciones	3	20	2	2	60	90	180	900
Lámparas asaderos	2	20	2	2	32	32	64	320
Lámparas tienda	2	20	4	6	32	128	768	3456
Lámparas baño	2	20	1	6	32	32	192	864
Lámparas escenario	2	20	5	1	40	200	200	1000
Lámparas bodega	1	20	1	5	20	20	100	460
Lámparas exteriores	4	60	1	3	240	240	720	3600
Cocina de inducción	1	6000	1,2	7	6000	7200	50400	216000
Refrigerador	1	400	11	7	400	3600	25200	111600
Congelador	1	150	11	5	150	1500	7500	34500
Televisor	4	135	2	6	540	540	3240	14580
Computadora	2	45	2	5	90	180	900	4140
DJ	1	6000	2	5	6000	2400	12000	55200
Ducha	1	5000	0,3	2	5000	1000	2000	10000
Licuadora	1	600	0,33	5	600	198	990	4554
TOTAL						17860	107214	470114
						(KW/h)	17,86	107,214
							470,114	

El cuadro de carga proyectada para el 2018 se considera el testimonio del propietario, quien explica que la única carga adicional es la cocina de inducción en el centro turístico La Tranca, carga que se incluye en la tabla 6, calculada anteriormente.

CAPITULO 2

2) ANÁLISIS ACTUAL PARA LA CONVERSIÓN DE ENERGÍA SOLAR – ELÉCTRICA

2.1 TOMA DE DATOS PARA EL SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA.

En un sistema de generación fotovoltaico, se considera prioritario la recopilación de datos climáticos del lugar, en específico donde se desea implementar un sistema solar. La medición de datos se lo realizo con la estación meteorológica profesional con transmisión solar, modelo WH2310, para el sistema solar los datos más importantes a medir son la temperatura y la radiación solar, para determinar la eficiencia del sistema mencionado, es importante recalcar que los datos de temperatura, radiación solar corresponden a Abril, Mayo, Junio y Julio del 2017 al igual que otros datos recopilados por la estación, fueron recopilados en los meses antes mencionado con un intervalo de 60min.

2.1.1 Centro meteorológico profesional con transmisor solar WH2310.

La estación meteorológica profesional con transmisión solar modelo WH2310 de dimensiones 165x148x27mm, proveniente de Shenzhen, China (continental), su funcionamiento dependerá de baterías recargables (Offset Electronics , 2016).

2.1.1.1 Ubicación de la estación meteorológica profesional con transmisor solar WH2310.

La estación se encuentra ubicada en el sector La Tranca de la provincia del Azuay, cuya ubicación exacta se especifica en la tabla 7.

Tabla 7. Ubicación de estación meteorológica WH2310
Fuente: Christian Castro Samaniego. Autor

ESTACION METEOROLOGICA LA TRANCA	
Latitud	-2.99505381
Longitud	-78.74787473
Altura (msnm)	3010
Provincia	Azuay
Cantón	Chordeleg
Parroquia	Delegsol
Sector	La Tranca
Altura del Anemómetro	2.50m

Los valores de medición que recopila el equipo meteorológico algunos parámetros tienen su valor mínimo y máximo considerando su unidad. En la siguiente tabla 8 se muestra los valores mínimos y máximos para la estación meteorológica especificada.

*Tabla 8. Valores mínimos y máximos para la estación meteorológica.
Fuente: (Offset Electronics , 2016).*

PARAMETRO VALORES MINIMO Y MAXIMO PARA LA ESTACION METEOROLOGICA		
PARAMETRO	MINIMO	MAXIMO
Temperatura interior	0 ° C	50 ° C
Temperatura exterior	40 ° C	65 ° C
Precisión de temperatura	± 1.0 ° C	
Humedad	10%	90%
Velocidad del viento	0m/s	50.0 m/s
Rango de lluvia	0mm	9,999mm
Precisión de la lluvia	0Lux	300.000Lux

2.1.1.2 Características específicas de la estación meteorológica.

- “Transmisor de energía solar
- Índice UV (0-12)
- Iluminancia para mediciones locales
- Puerto USB para una fácil conexión a su PC
- Todos los datos meteorológicos de la estación base y hasta 4080 conjuntos de los datos del historial meteorológico con intervalos de medición ajustable por el usuario pueden ser grabado y cargado en su PC
- Software gratuito de PC para la transferencia de datos meteorológicos a PC
- Datos de lluvia (pulgadas o mm): 1 hora, 24 horas, una semana, un mes y total desde el último restablecimiento.

- Calentamiento del viento y temperatura del punto de rocío (° F o ° C). Todos los valores mínimos y máximos junto con la hora y fecha de su Grabaciones
- Velocidad del viento (mph, m / s, km / h, nudos, Beaufort)
- Visualización de la dirección del viento con brújula LCD
- Pronóstico del tiempo tendencia flecha
- Modos de alarma meteorológica para: temperatura, humedad, enfriamiento del viento, punto de rocío, Lluvia, velocidad del viento, presión de aire, advertencia de tormenta
- Iconos de pronóstico basados en la presión barométrica cambiante
- Presión barométrica (inHg o hPa)
- Exhibición interior y exterior de la temperatura en grados Fahrenheit o Celsius.
- Humedad interior y exterior en grados Fahrenheit o Celsius.
- Visualización de 12 ó 24 horas
- Calendario perpetuo
- Ajuste de la zona horaria
- Alarma de tiempo
- Retroiluminación LED de alta luz
- Colgante de pared o de pie libre
- Recepción instantánea sincronizada” (Offset Electronics , 2016).

En general el equipo meteorológico está constituido por Estación base, Pantalla de visualización (Pantalla LCD) y Software WeatherSmart para PC, la explicación a detalle de estos elementos mencionados a continuación.



Figura 14. Componentes generales de la estación meteorológica profesional con transmisor solar WH2310.

Fuente: (mi.sol, 2015)

- Estación base o principal.

La estación base es la encargada de la medición de los diferentes parámetros del clima, a través de los siguientes elementos Sensor de dirección del viento, Sensor de lluvia, Sensor solar, Sensor de velocidad del viento y Sensor Termohigró. La estación base o principal dispone de baterías recargables alimentadas por el sol, para establecer su conectividad con los aparatos receptores de los datos recopilados (mi.sol, 2015).

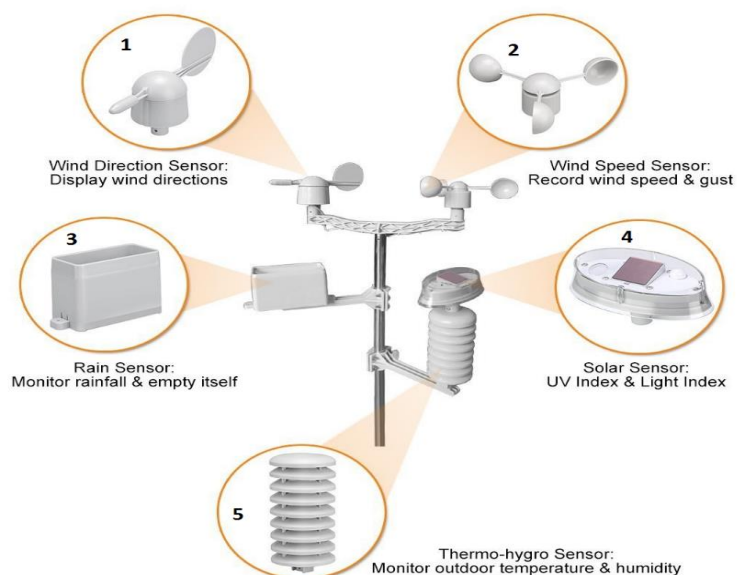


Figura 15. Estación base o principal.

Fuente: (mi.sol, 2015)

1. *WIND DIRECTION SENSOR*: Sensor de dirección del viento, elemento denominado veleta que indica las direcciones del viento.
 2. *WIND SPEED SENSOR*: Sensor de la velocidad del viento, elemento denominado anemómetro que indica la velocidad del viento y ráfaga.
 3. *RAIN SENSOR*: Sensor de lluvia, elemento encargado de monitorear la lluvia en 1 hora, 24 horas, una semana, un mes y un total desde la última vez que se reseteo.
 4. *SOLAR SENSOR*: Sensor solar con panel solar, elemento que mide el índice UV y el índice de luz.
 5. *THERMO-HYGRO SENSOR*: Sensor Termohigró, elemento que monitorea la temperatura y humedad exterior (mi.sol, 2015).
- *Pantalla de visualización (Pantalla LCD).*

La pantalla LCD permite visualizar los datos reales actuales de todos los parámetros climáticos que monitorea la estación meteorológica, la pantalla LCD para transferir los datos y permitir visualizarlos desde la estación base, debe encontrarse a una distancia máxima de 100m entre Pantalla LCD y Estación base, también permite visualizar el historial de datos recopilados especificando el mínimo y máximo del total del total de las unidades medidas.

Permite activar una alarma cuando se quiere conocer un valor específico de cualquier parámetro que se monitorea, esta alarma tendrá una duración de 120 segundos. Pantalla LCD muestra el tiempo en formato 12/24, día de la semana y la fecha. La retroiluminación de alta luz verde hace que la estación meteorológica sea fácil de ver incluso en la oscuridad (mi.sol, 2015).



Figura 16. Pantalla de visualización (Pantalla LCD).
Fuente: (mi.sol, 2015)

La pantalla LCD tiene la conexión USB para permitir la comunicación con la computadora para la exportación de datos, mediante el software WeatherSmart, la pantalla dispone de una conexión de DC 0,5V para el funcionamiento correcto de la pantalla evitando el uso de baterías.

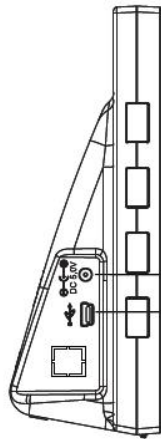


Figura 17. Entrada USB y alimentador DC 0,5V de la pantalla LCD.
Fuente: (Offset Electronics , 2016)

- software para PC WeatherSmart.

El Software WeatherSmart cuya función es transferir datos meteorológicos a la PC. Todos los datos meteorológicos de la estación base son hasta 3520 conjuntos de datos del historial meteorológico con gráficas e intervalos de medición ajustables por el usuario, pueden ser exportados a la computadora y ser guardando en formato Excel.

El software permite ajustar las unidades de medición de todos los valores recopilados en la PC, a su vez permite visualizar los valores en tiempo real.

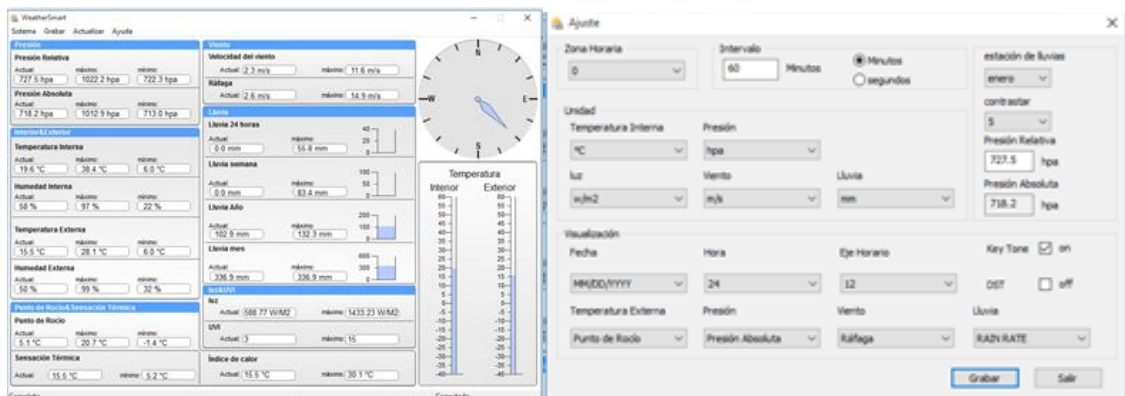


Figura 18. Pantalla inicio y pantalla de ajuste del Software WeatherSmart.
Fuente: Christian Castro Samaniego. Autor

Historia

Hora Inicio: 1/ 5/2017 0:00:00

Hora Finalización: 31/ 5/2017 23:59:59

Busqueda Exportar Borrar Datos Borrar Memoria Cancel

NO.	Hora	Intervalo	Temperatura Interna(...)	Humedad Interna(%)	Temperatura Externa...	Humedad Externa(%)	Presión Relativ...
1	1/5/2017 0:36:27	60 M	11.5	87	9.8	91	727.5
2	1/5/2017 1:36:27	60 M	11.5	87	9.6	92	727.1
3	1/5/2017 2:36:27	60 M	11.4	88	9.6	92	727.0
4	1/5/2017 3:36:27	60 M	11.4	88	9.2	92	726.8
5	1/5/2017 4:36:27	60 M	11.3	88	9.3	92	726.7
6	1/5/2017 5:36:27	60 M	11.3	88	9.5	92	727.0
7	1/5/2017 6:36:27	60 M	11.1	89	9.3	92	727.0
8	1/5/2017 7:36:27	60 M	11.2	89	10.0	91	727.8
9	1/5/2017 8:36:27	60 M	11.6	90	10.7	91	728.6
10	1/5/2017 9:36:27	60 M	11.9	91	11.1	87	729.0
11	1/5/2017 10:36:27	60 M	13.2	92	13.1	79	729.2
12	1/5/2017 11:36:27	60 M	13.5	88	13.3	78	729.0
13	1/5/2017 12:36:27	60 M	14.4	80	15.8	60	728.5
14	1/5/2017 13:36:27	60 M	16.9	73	15.3	55	727.5
15	1/5/2017 14:36:27	60 M	23.9	50	16.1	57	727.1
16	1/5/2017 15:36:27	60 M	17.4	62	16.0	51	726.1
17	1/5/2017 16:36:27	60 M	16.7	66	18.8	51	725.9
18	1/5/2017 17:36:27	60 M	16.0	63	13.8	60	726.3
19	1/5/2017 18:36:27	60 M	14.4	68	12.4	65	726.7
20	1/5/2017 19:36:27	60 M	12.5	71	12.2	66	727.0

Figura 19. Historial en Software WeatherSmart.
Fuente: Christian Castro Samaniego. Autor

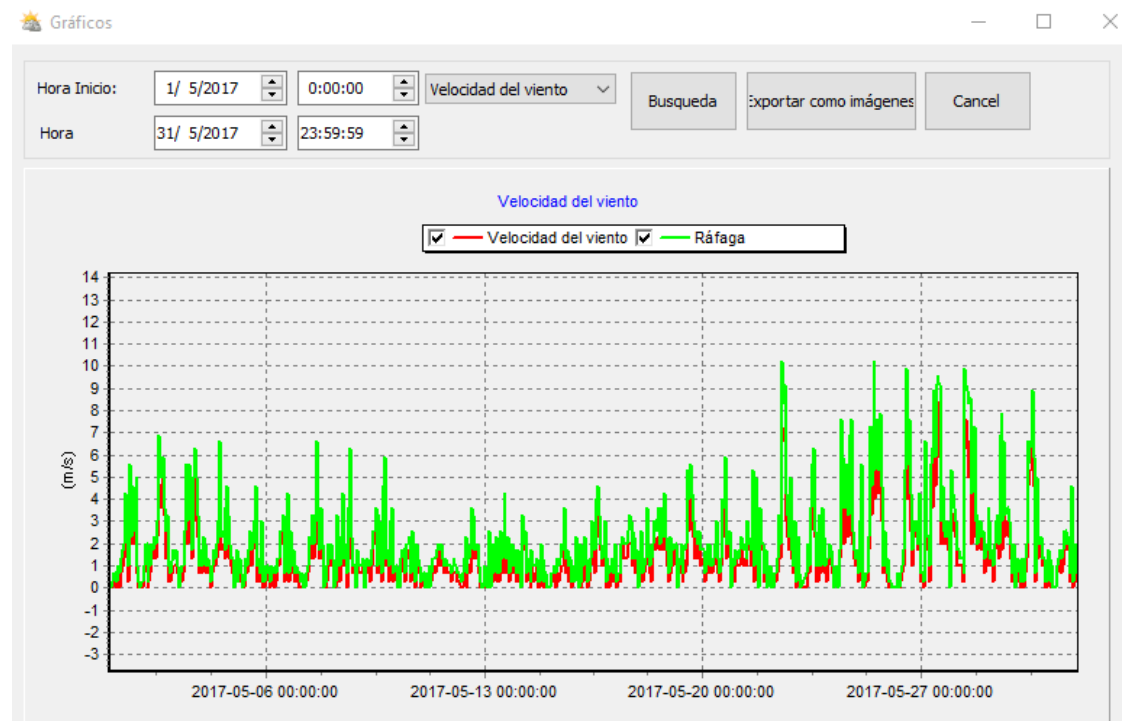


Figura 20. Graficas de historial recopilado software WeatherSmart.
Fuente: Christian Castro Samaniego. Autor

2.2 INTERPRETACIÓN DE DATOS.

Los datos adquiridos en el sector la tranca -2.99505381 de latitud y -78.74787473 de longitud a 3000 metros sobre el nivel del mar (msnm). El objetivo de la obtención de datos es determinar la eficiencia de un sistema híbrido eólico-fotovoltaico en el sector.

En este capítulo se especificaran los datos cuya relación será con el sistema fotovoltaico.

La estación meteorológica ha recopilado 2928 datos de cada uno de los parámetro climático en los meses antes mencionados, con un intervalo de 60min es decir 24 datos por día, donde los valores máximos y mínimos de cada parámetro, se muestra en la siguiente figura 21.

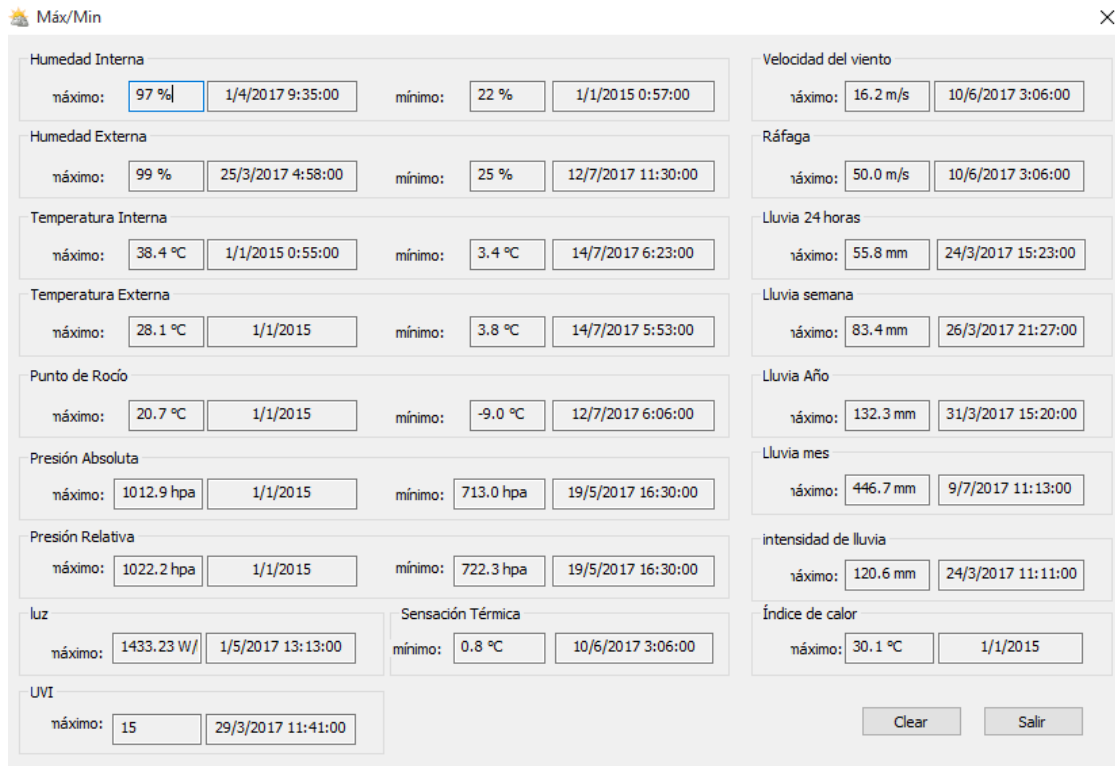


Figura 21. Datos máximos y mínimos de los parámetros meteorológicos La Tranca.
Fuente: Christian Castro Samaniego. Autor

2.2.1 Temperatura.

- Temperatura máxima: 28.1 °C
- Temperatura mínima: 6.0 °C
- Temperatura promedio en un día: 12.14 °C

En la figura 22 muestra la temperatura promedio, observando que las temperaturas más altas se presentan desde las 12horas hasta las 17horas, considerando que la temperatura está relacionado con la eficiencia de un panel solar. Indica que mientras la temperatura más cercana sea a los 25 °C, mayor será la potencia nominal de salida (Maggi Silva, 2013).

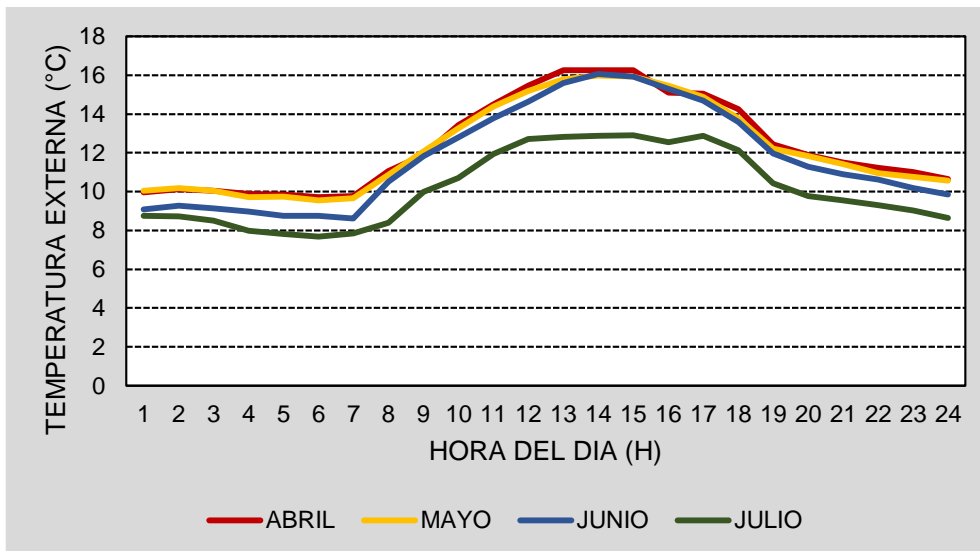


Figura 22. Temperatura promedio de Abril, Mayo, Junio y Julio.
Fuente: Christian Castro Samaniego. Autor

2.2.2 Radiación Solar.

- Radiación Solar máxima $1433,23\text{W/m}^2$
- Radiación solar mínima 0W/m^2
- Radiación solar promedio $134,832\text{ W/m}^2$

La figura 23 presenta la radiación con valores mayores a cero se presenta desde las 06:00 horas hasta las 19:00 horas, con valores más altos o picos en las horas del mediodía (12:00-14:00) horas, en este periodo es donde el sistema fotovoltaico presentara mayor eficiencia (Maggi Silva, 2013).

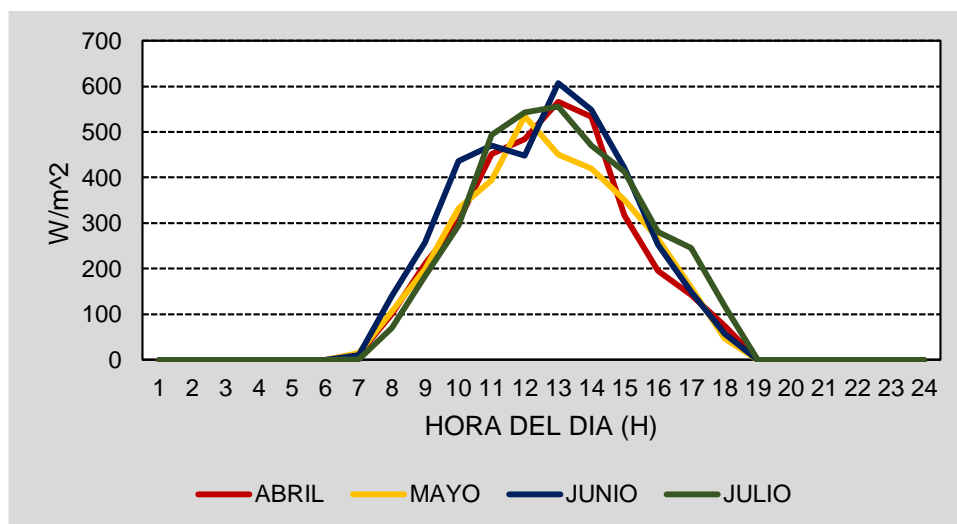


Figura 23. Radiación solar promedio de Marzo, Abril, Mayo, Junio y Julio.
Fuente: Christian Castro Samaniego. Autor

2.3 CÁLCULOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.

2.3.1 Modelo y características del panel solar.

Los cálculos del sistema fotovoltaico se determina con el modulo solar modelo A-260P GS, cuyas características se presenta en la siguiente tabla 9, ver Anexo 3.

Tabla 9. Características del panel solar de 260W, modelo A-260P GS.
Fuente: (SL, 2017)

PANEL SOLAR MODELO A-260P GS	
Características Eléctricas	
Potencia Máxima (Pmax)	260W
Tensión Máxima Potencia (Vmp)	30.63 V
Corriente Máxima Potencia (Imp)	8.49 A
Tensión de Circuito Abierto (Voc)	37.97 V
Corriente en Cortocircuito (Isc)	9.05 A
Eficiencia del Módulo (%)	15.99 %
Tolerancia de Potencia (W)	0/+5
Máxima Serie de Fusibles (A)	15
Máxima Tensión del Sistema (TUV/UL)	DC 1000V
Temperatura de Funcionamiento Normal de la Célula (°C)	45+-2
Largo (m)	1,64m
Ancho (m)	0,992m
Células conectadas en serie	66

2.3.2 Efectos de la variación de la temperatura y radiación solar sobre el modulo fotovoltaico A-260P GS.

El voltaje de salida del panel fotovoltaico será menor cuando la temperatura sea mayor, es decir el voltaje es inversamente proporcional a la temperatura Figura 24.

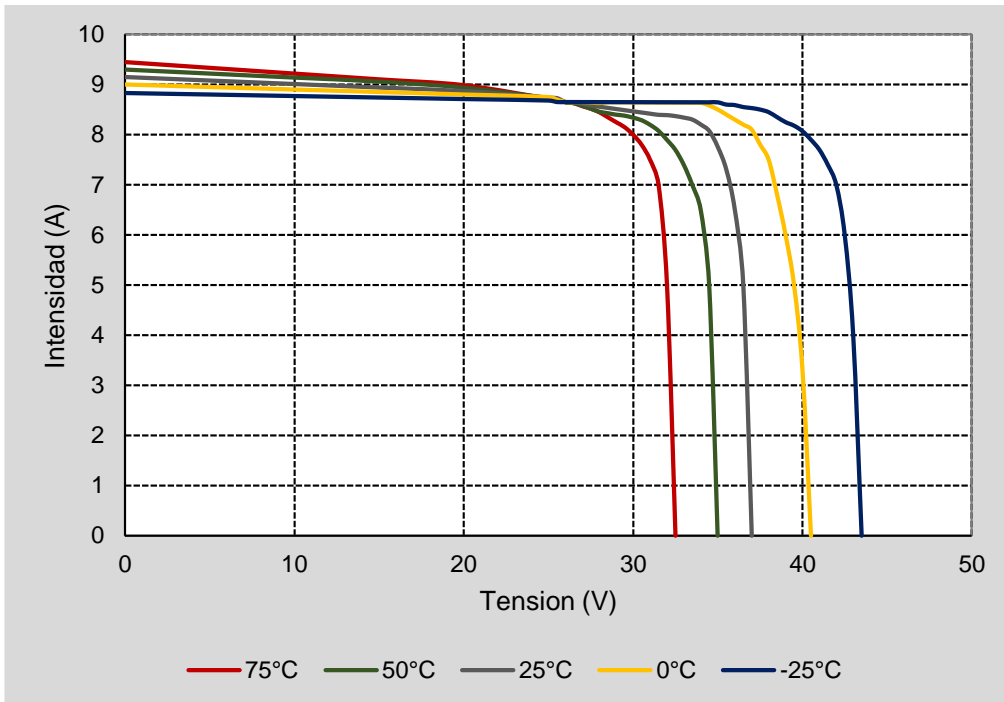


Figura 24. Efectos de la temperatura sobre el módulo fotovoltaico (A-260P GS).
Fuente: (SL, 2017)

En la variación de la radiación solar sobre un panel fotovoltaico, el voltaje permanecerá constante, mientras que la corriente será directamente proporcional a la radiación solar figura 25:

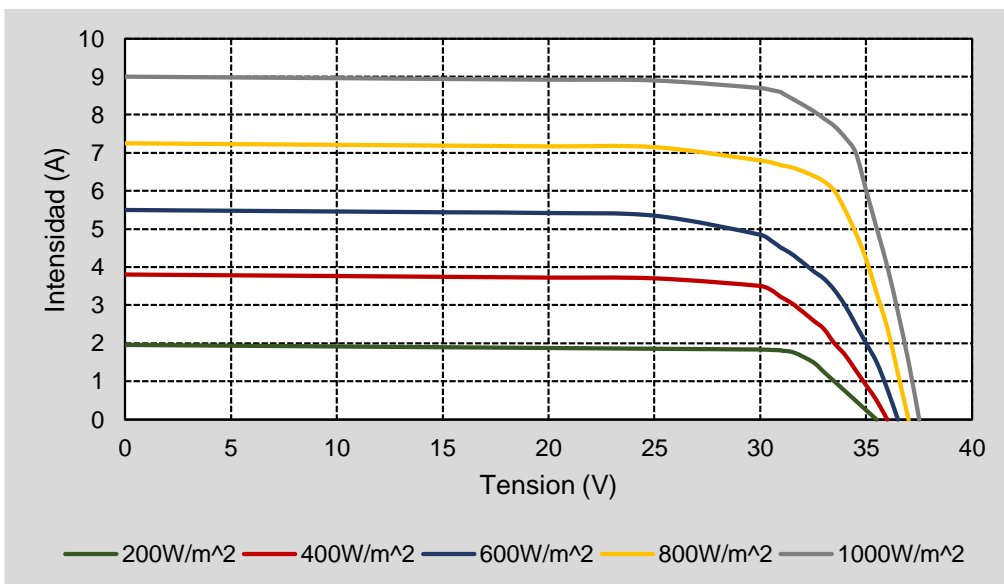


Figura 25. Efectos de la radiación solar sobre el módulo fotovoltaico (A-260P GS).
Fuente: (SL, 2017)

2.3.3 Resultados numéricos del módulo fotovoltaico A-260P GS.

2.3.3.1 Cálculo del área del Módulo Solar.

Considerando las características del módulo solar especificado anteriormente, se tomarán los datos requeridos de la tabla 8 para los cálculos posteriores.

$$A_{pvg} = l_a * l_b \quad (2)$$

Donde:

A_{pvg} : Es el área del módulo solar

l_a : Es el ancho del módulo solar

l_b : Es el largo del módulo solar

Con los datos de 1.64m de largo y 0,992m ancho del módulo solar, se obtiene una área de $1.62688m^2$ (Enriquez Harper, 2014).

2.3.3.2 Cálculo de la eficiencia de generación eléctrica fotovoltaica.

Para determinar la eficiencia de generación eléctrica fotovoltaica, se utiliza la siguiente expresión.

$$\eta_{pvg} = \eta_r \eta_{pc} [1 - \beta(T_c - T_{c\ ref})] \quad (3)$$

Donde:

η_{pvg} : Es la eficiencia de generación eléctrica fotovoltaica

η_r : Es la eficiencia del módulo solar de referencia

η_{pc} : Es la eficiencia de acondicionamiento de potencia

β : Es el coeficiente de temperatura

T_c : Es la temperatura del lugar de referencia

$T_{c\ ref}$: Es la temperatura de referencia del módulo solar (Sami, S. & Icaza, 2015).

Se obtiene una eficiencia de generación eléctrica fotovoltaica (η_{pvg}) promedio de 0,0966%, con valores de $\eta_{pc} = 0,6\%$, $\beta = (0.004 - 0.006) \text{ } ^\circ\text{C}$ y T_c son valores recopilados por la estación meteorológica ver Anexo 1.

2.3.3.3 Cálculo de potencia generada por módulo solar fotovoltaico.

Considerando las condiciones climáticas del lugar y características del módulo solar determinado. La potencia generada por un módulo solar se obtiene con la siguiente expresión matemática.

$$P_{Solar (s)} = \eta_{pvg} A_{pvg} G_t \quad (4)$$

$P_{Solar (s)}$: Es la potencia generada por el modulo solar fotovoltaico

η_{pvg} : Es la eficiencia de generación eléctrica fotovoltaica

A_{pvg} : Es el área del módulo solar

G_t : Es la radiación solar incidente sobre el lugar de referencia (Sami, S & Icaza, 2015).

Los valores de η_{pvg} y A_{pvg} se obtienen de las expresiones (2) y (1) respectivamente, estas antes explicada. La radiación solar es dato fundamental en un sistema fotovoltaico, son valores recopilados por la estación ver Anexo 2.

En la siguiente figura 26 se muestra la energía generada durante los meses de Abril, Mayo, Junio y Julio, en el transcurso de las 24 horas del día. Se observa que las horas de generación de un módulo solar, es 6am-19pm obteniendo sus valores máximos de generación en horas del mediodía, los valores de generación fotovoltaica será 0W, en horas de la noche.

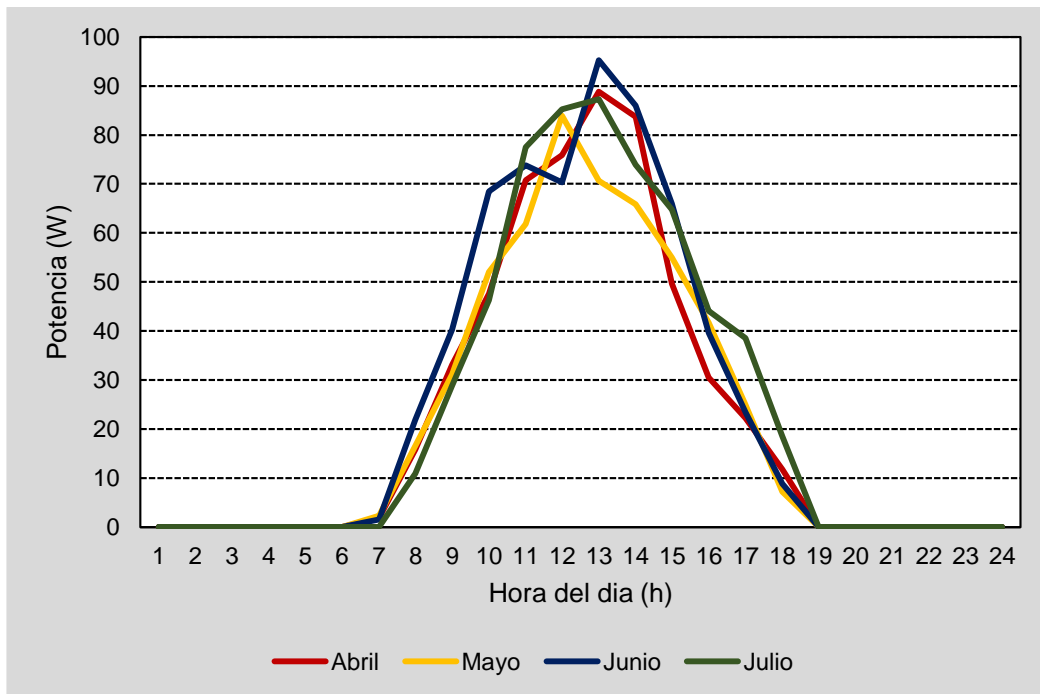


Figura 26. Potencia generada por el modulo solar fotovoltaico.

Fuente: Christian Castro Samaniego. Autor

- **La energía fotovoltaica generada por el modulo solar A-260P GS (mes de Abril).**

Los datos recopilados previos al cálculo de la potencia generada en este mes. Fueron los siguientes:

- Radiación solar mínima $0W/m^2$
- Radiación solar promedio $141,237W/m^2$
- Radiación solar máxima $1317,2 W/m^2$
- Número de horas de radiación solar máxima 1h/mes

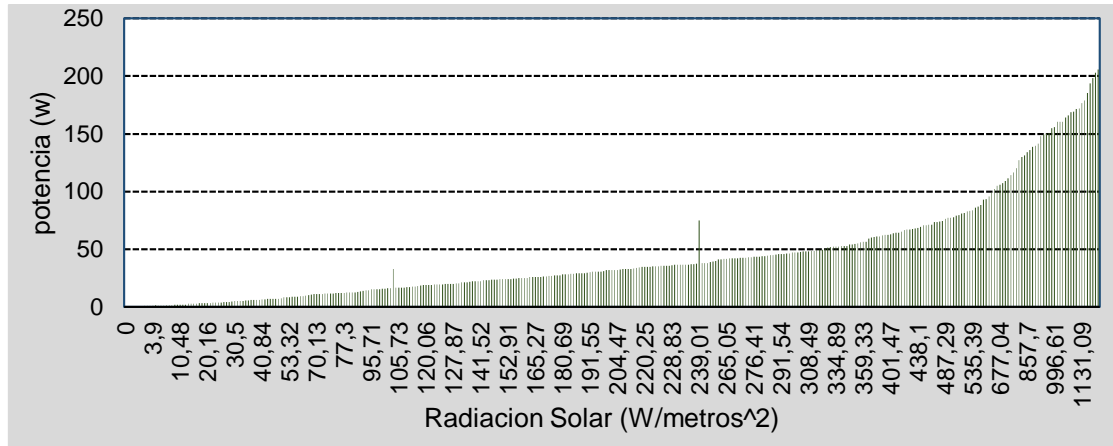


Figura 27. La energía fotovoltaica generada por el modulo solar A-260P GS (mes de Abril).
Fuente: Christian Castro Samaniego. Autor

Se ha determinado una potencia generada en abril de $15,77577779KWh/mes$. Acotando que se obtendrá una potencia $205,7178046Wh/mes$ con la radiación solar máxima, en una hora del mes de abril, como se muestra en la figura 27.

- **La energía fotovoltaica generada por el modulo solar A-260P GS (mes de Mayo).**

Los datos recopilados previos al cálculo de la potencia generada en este mes. Fueron los siguientes:

- Radiación solar mínima $0W/m^2$
- Radiación solar promedio $136,2918W/m^2$
- Radiación solar máxima $1251,2 W/m^2$
- Número de horas de radiación solar máxima 1h/mes

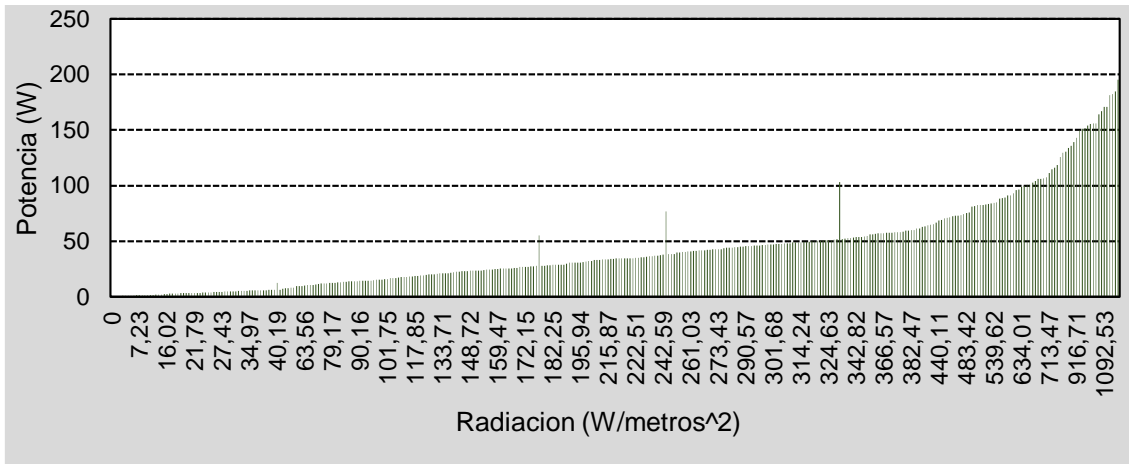


Figura 28. La energía fotovoltaica generada por el modulo solar A-260P GS (mes de Mayo).
Fuente: Christian Castro Samaniego. Autor

Se ha determinado una potencia generada en mayo de 15,79402592KWh/mes. Acotando que se obtendrá una potencia 195,4130166Wh/mes con la radiación solar máxima, en una hora del mes de mayo, como se muestra en la figura 28.

- **La energía fotovoltaica generada por el modulo solar A-260P GS (mes de Junio)**

Los datos recopilados previos al cálculo de la potencia generada en este mes. Fueron los siguientes:

- Radiación solar mínima $0W/m^2$
- Radiación solar promedio $158,0983W/m^2$
- Radiación solar máxima $1188,3 W/m^2$
- Número de horas de radiación solar máxima 1h/mes

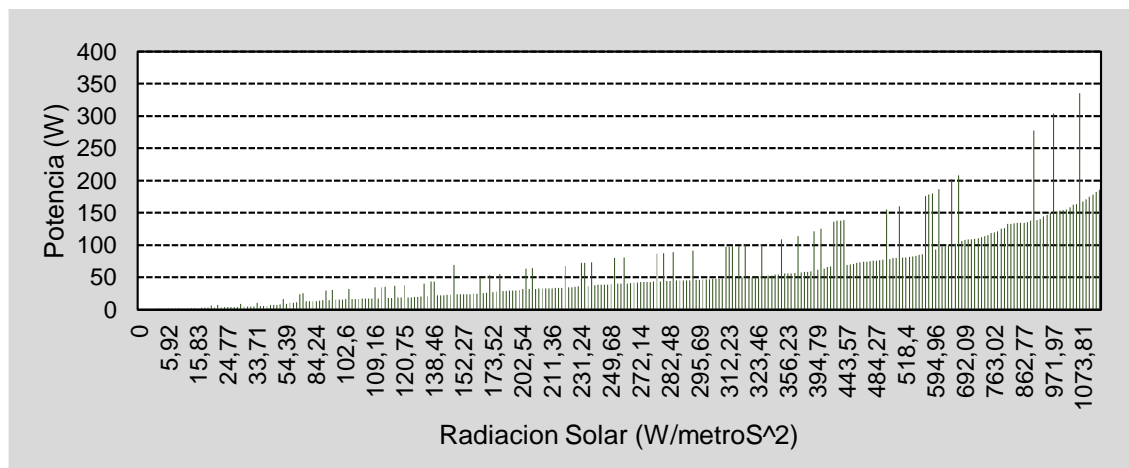


Figura 29. La energía fotovoltaica generada por el modulo solar A-260P GS (mes de Junio).
Fuente: Christian Castro Samaniego. Autor

Se ha determinado una potencia generada en junio de 17,85975485KWh/mes. Acotando que se obtendrá una potencia 185,5939498Wh/mes con la radiación solar máxima, en una hora del mes de junio, como se muestra en la figura 29.

- **La energía fotovoltaica generada por el modulo solar A-260P GS (mes de Julio).**

Los datos recopilados previos al cálculo de la potencia generada en este mes. Fueron los siguientes:

- Radiación solar mínima $0W/m^2$
- Radiación solar promedio $152,728W/m^2$
- Radiación solar máxima $1248,7W/m^2$
- Número de horas de radiación solar máxima 1h/mes

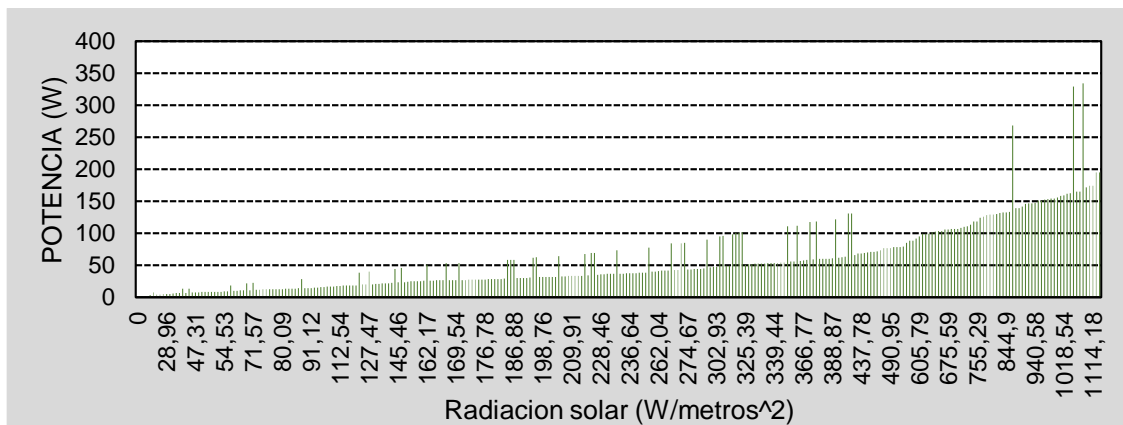


Figura 30. La energía fotovoltaica generada por el modulo solar A-260P GS (mes de Julio).
Fuente: Christian Castro Samaniego. Autor

Se ha determinado una potencia generada en julio de 17,74722056Wh/mes. Acotando que se obtendrá una potencia 195,0241272Wh/mes con la radiación solar máxima, en una hora del mes de junio, como se muestra en la figura 30.

2.3.3.4 Cálculo de potencia eléctrica fotovoltaica en corriente directa (DC), considerando la eficiencia de la conversión a energía eléctrica.

Para determinar la potencia eléctrica fotovoltaica en corriente directa se consideran las características del módulo solar utilizado, la siguiente expresión:

$$P_{pv}(t) = \eta_{c2} I_{PV}(t) \cdot V_{PV}(t) \quad (5)$$

$P_{pv}(t)$: Ppotencia eléctrica fotovoltaica en DC

η_{c2} : Eeficiencia de la conversión a energía eléctrica

$I_{PV}(t)$: Corriente Máxima Potencia (Panel de referencia)

$V_{PV}(t)$: Tensión de Circuito Abierto (Panel de referencia) (Sami, S. & Icaza, 2015).

2.4 MODELO MATEMÁTICO Y SIMULACIÓN.

2.4.1 Modelado del módulo solar

La célula solar es un P-N semiconductor capaz de producir electricidad debido a efecto fotovoltaico. Las células PV están interconectadas en serie-paralelo, configuración para formar una matriz PV (Binayak, Shiva, Kyung'Tae, & Sung-Hoon, 2014).

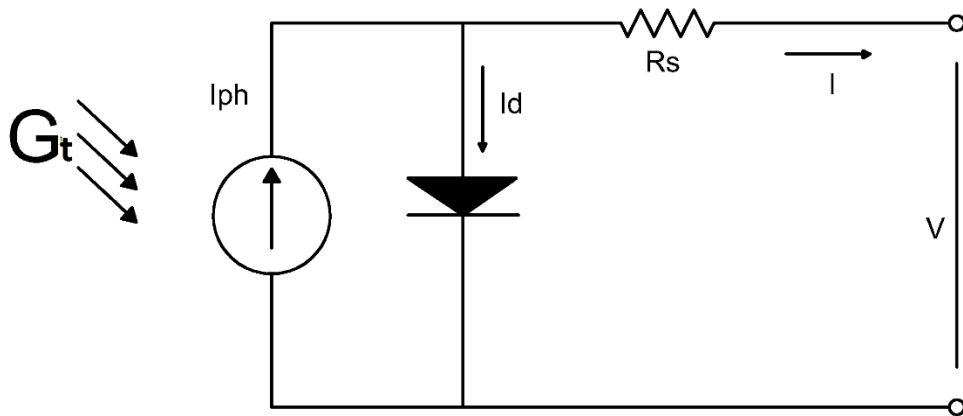


Figura 31. Modelo de celda solar con diodo único.

Fuente: (Binayak, Shiva, Kyung'Tae, & Sung-Hoon, 2014).

Utilizando diodo único ideal como se muestra en la Fig. 31, con células conectadas en serie y paralelo, la corriente de la matriz está relacionada con el voltaje del módulo como:

$$I = \left[I_{hp} - I_{rs} \left[\exp \left(\frac{q(V+IR_s)}{AKTN_s} - 1 \right) \right] \right] \quad (6)$$

Donde

$$I_{rs} = I_{rr} \left(\frac{T}{T_r} \right)^3 \exp \left[\frac{E_G}{AK} \left(\frac{1}{T_{cref}} - \frac{1}{t} \right) \right] \quad (7)$$

$$T_K = T_{cref} + 273 \quad (8)$$

q Es la carga del electrón ($(1.60218 \times 10^{-19})$ [C].

K Es la constante de Boltzmann ((1.3865×10^{-23}) [J/K].

T_K Es la temperatura de la celda (K).

I_{rs} Es la célula corriente de saturación en TK.

T_{cref} Es la temperatura referida a la celda.

I_{rr} Es la corriente de saturación en T_r .

E_G Energía prohibida del semiconductor utilizado en la celda (Binayak, Shiva, Kyung'Tae, & Sung-Hoon, 2014).

La corriente Foto-Generada (I_{ph}) varía con la temperatura y la radiación de la célula de la siguiente manera:

$$I_{hp} = \left[I_{sc} - K_{Te}(T_K - T_r) \frac{G_{ts}}{100} \right] \quad (9)$$

I_{sc} Es corriente de cortocircuito de la celda a temperatura de referencia y radiación.

K_{Te} Coeficiente de temperatura de corriente de cortocircuito.

G_{ts} Es la radiación solar en (WmW/cm^2) (Binayak, Shiva, Kyung'Tae, & Sung-Hoon, 2014).

Las células solares generalmente se modelan como un solo diodo y modelo de circuito de doble diodo.

El modelo de diodo único usa una resistencia de derivación adicional en paralelo a modelo ideal de diodos en derivación. Las características I-V de la célula FV se pueden derivar utilizando un solo modelo de diodo, de la siguiente manera.

$$I = I_{hp} - I_D \quad (10)$$

$$I = I_{hp} - I_o \left[\exp \left(\frac{q(V+R_s I)}{AKT_K} - 1 \right) \frac{V+R_s I}{R_{sh}} \right] \quad (11)$$

I_{hp} Corriente Foto-Generada (A).

I_D Corriente de diodo (A).

I_o Corriente de saturación del diodo (A)

A Es la constante de diodo

R_s Resistencia en serie (ohm)

R_{sh} Resistencia en paralelo (Ohm)

I Corriente de salida de la celda (A)

V Voltaje de salida de la celda (V) (Binayak, Shiva, Kyung'Tae, & Sung-Hoon, 2014).

La corriente de salida de la célula FV usando un modelo de dos diodos puede ser descrito como:

$$I = I_{PV} - I_{D1} - I_{D2} - \left(\frac{V+IR_s}{R_{SH}} \right) \quad (12)$$

Donde

$$I_{D1} = I_{01} \left[\exp \left(\frac{(V+IR_s)}{a_1 V_{T1}} - 1 \right) \right] \quad (13)$$

$$I_{D2} = I_{02} \left[\exp \left(\frac{(V+IR_s)}{a_2 V_{T2}} - 1 \right) \right] \quad (14)$$

$$VT = \frac{KT_K}{q} \quad (15)$$

I_{01} Corriente de saturación diodo 1 [A]

I_{02} Corriente de saturación diodo 2 [A]

V_{T1} Voltaje térmico del diodo 1.

V_{T2} Voltaje térmico del diodo 2.

a_1 Constantes de idealidad de diodo 1.

a_2 Constantes de idealidad de diodo 2 (Binayak, Shiva, Kyung'Tae, & Sung-Hoon, 2014).

Modelo simplificado para el modelado de sistemas fotovoltaicos, la ecuación representa la potencia máxima de salida de un solo PV módulo.

$$v_{oc} = \frac{V_{oc}}{ck T/q} \quad (16)$$

$$P_{max} \frac{\frac{V_{oc}}{ckT/q} \left(\frac{V_{oc}}{ckT/q} - 0.72 \right)}{\left(1 + \frac{V_{oc}}{nkT/q} \right)} \left(1 - \frac{R_s}{V_{oc}/I_{sc}} \right) \left(\frac{V_{oc0}}{1 + \beta \ln \frac{G_0}{G}} \right) \left(\frac{T_0}{T} \right)^{\gamma} I_{sc0} \left(\frac{T}{G_0} \right)^{\alpha} \quad (17)$$

La ecuación representa la potencia máxima de salida de un solo módulo solar.

Donde:

v_{oc} Tensión de circuito abierto de la celda

n Es el factor de idealidad ($1 < n < 2$),

α Es el factor responsable de todos los efectos no lineales de los que depende la fotocorriente

β es un coeficiente adimensional específico de la tecnología del módulo PV,

γ es el factor teniendo en cuenta todos los efectos no lineales de temperatura-voltaje (Binayak, Shiva, Kyung'Tae, & Sung-Hoon, 2014).

2.4.2 Modelo matemático del módulo fotovoltaico.

La simulación en sistemas fotovoltaico se considera necesario, un modelo matemático y simulaciones respectivas para conocer el comportamiento del mismo. Cuyo análisis se realizara con el software MATLAB, programa que permite construir y simular modelos de sistemas físicos y sistemas de control mediante diagramas de bloques, permite conocer el comportamiento del sistema con la aplicación SIMULINK, aplicación que facilitara la visualización del sistema.

La figura 32 muestra el modelo matemático de un módulo solar fotovoltaico desarrollado en Simulan (MATLAB R2015a), la simulación se desarrolla de acuerdo a las características del módulo fotovoltaico, antecedentes geográficos y meteorológicos del lugar de análisis, de esta forma el sistema dispone de los siguientes datos de entrada:

- Numero de celdas (N_s)
- Voltaje circuito abierto (V_{oc})
- Corriente circuito cerrado (I_{sc})
- Área de las celda (A_s)
- Radiación solar incidente (G_t) (Cata & Rodriguez , 2015).

El sistema que se presenta es la simulación de un módulo solar A-260P GS cuyas características se presenta en la tabla 9 de este capítulo, cabe acotar que la simulación

esta especificada para un módulo solar, considerando que la carga de Centro Turístico La Tranca es mayor por consecuencia se requiere de mayor cantidad de módulos solares cuyo análisis se presenta en el próximo capítulo.

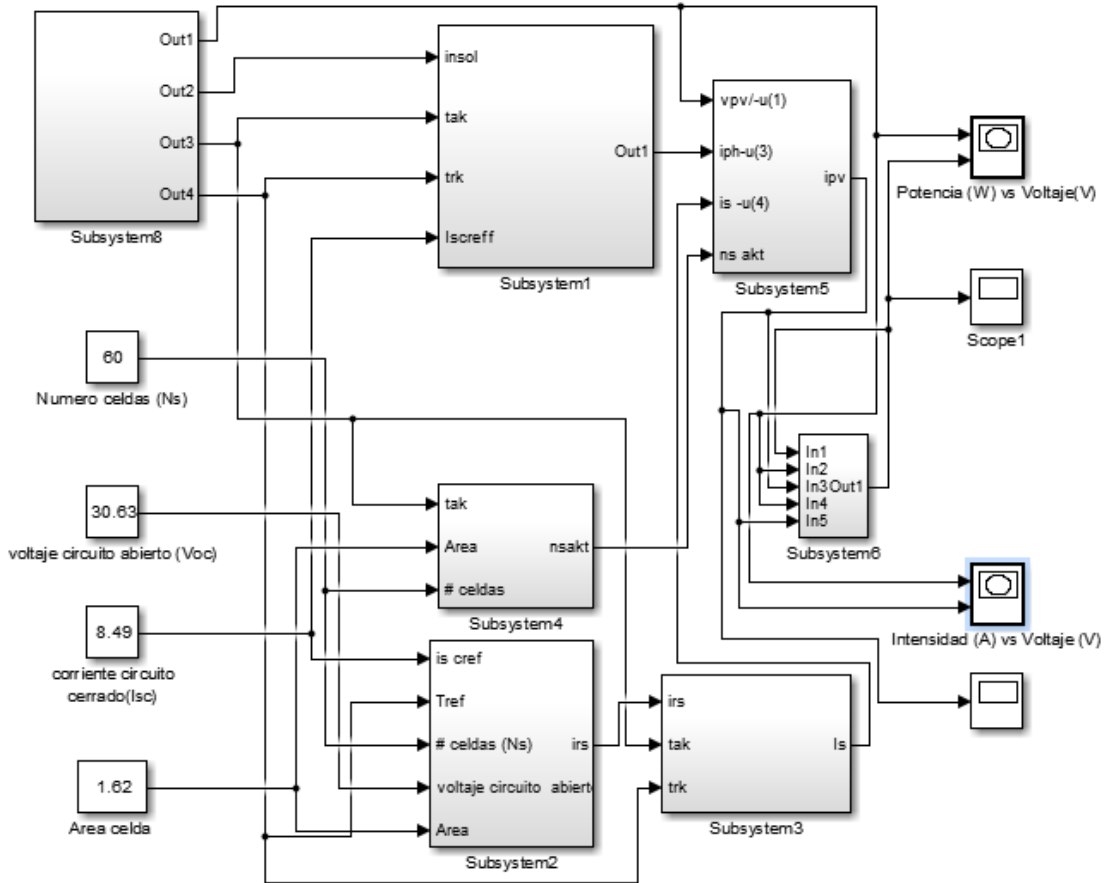


Figura 32. Sistema fotovoltaico Simulink (MATLAB R2015a).
Fuente: Christian Castro Samaniego. Autor

2.4.3 Especificación de los subsistemas modelo matemático del módulo fotovoltaico.

Las imágenes presentadas a continuación muestran la especificación de los subsistemas que componen el modelo matemático del módulo solar, elaborado en Simulink.

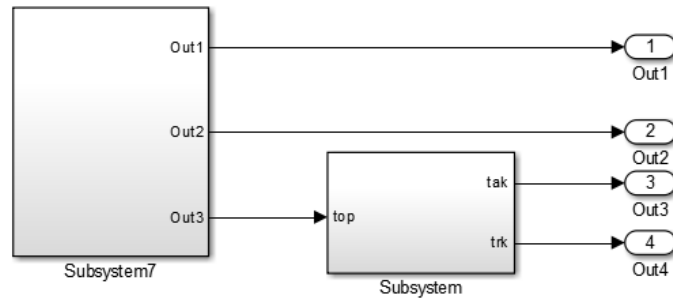


Figura 33. Modelo Simulink (Subsystem8).
Fuente: Christian Castro Samaniego. Autor

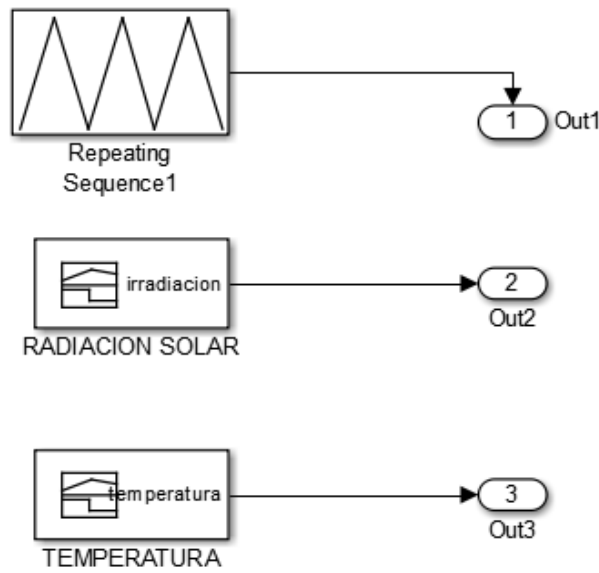


Figura 34. Modelo Simulink, intervalo de valores radiación solar y temperatura (Subsystem7).
Fuente: Christian Castro Samaniego. Autor

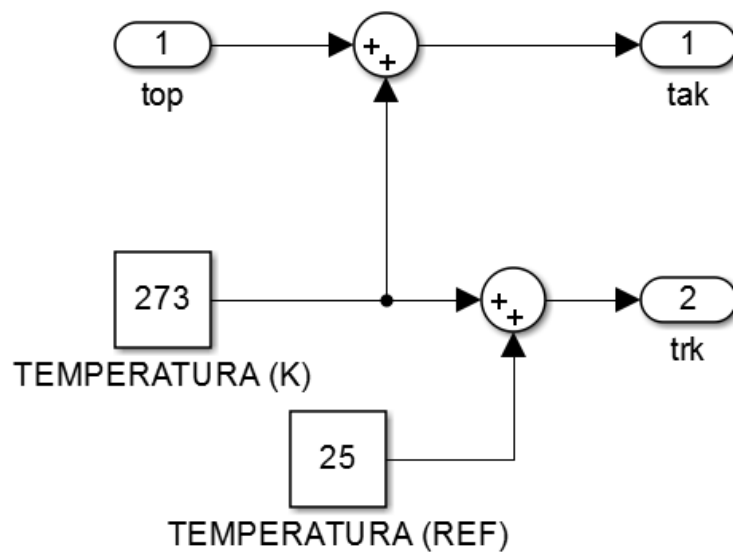


Figura 35. Modelo Simulink Temperatura Kelvin (Subsystem)
Fuente: Christian Castro Samaniego. Autor

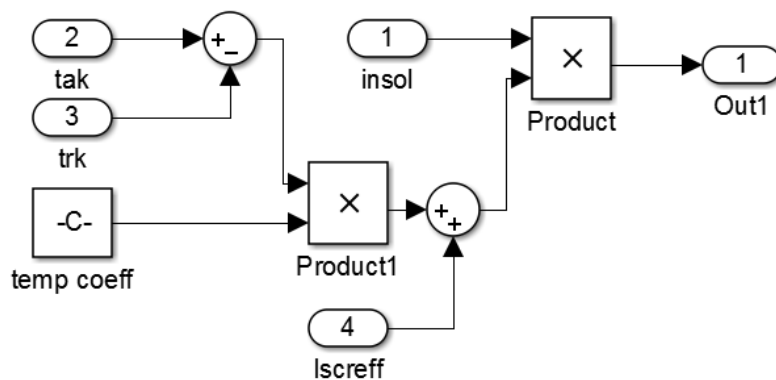


Figura 36. Modelo Simulink corriente foto generada (Subsystem1).
Fuente: Christian Castro Samaniego. Autor

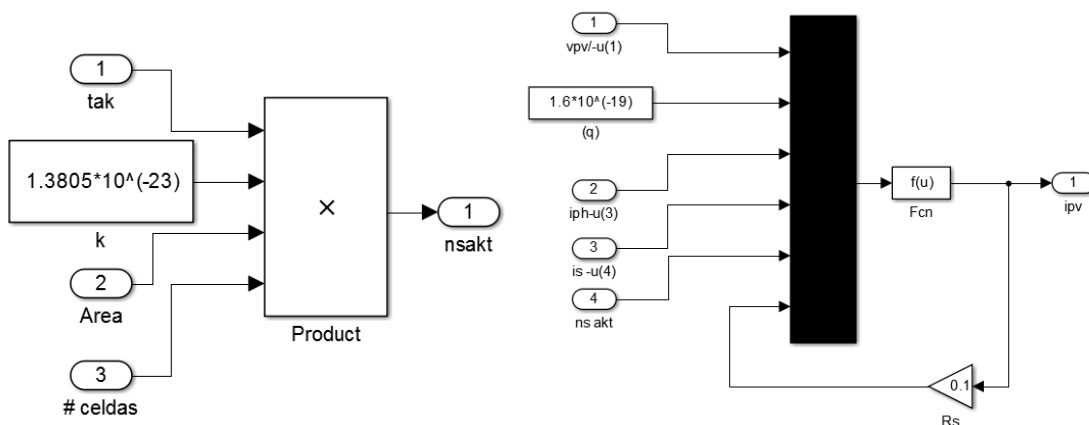


Figura 37. Modelo Simulink corriente de salida (Subsystem4, 5).
Fuente: Christian Castro Samaniego. Autor

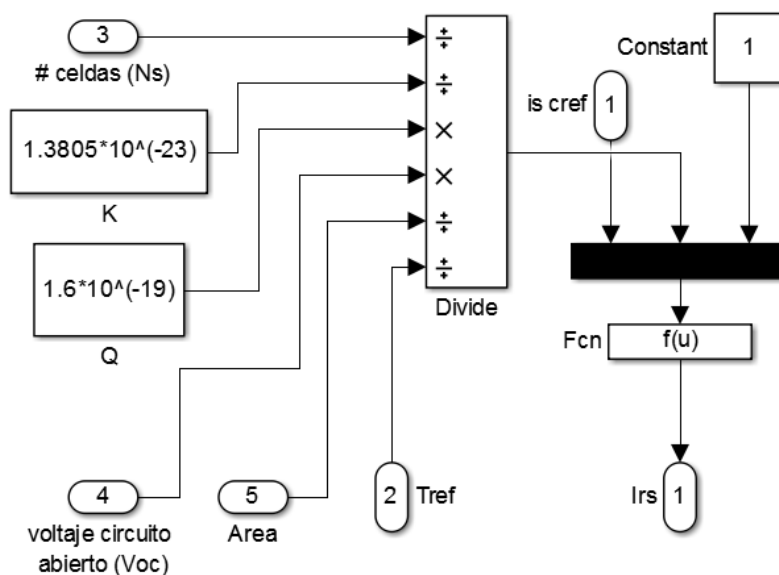


Figura 38. Modelo Simulink corriente del diodo (Subsystem2).
Fuente: Christian Castro Samaniego. Autor

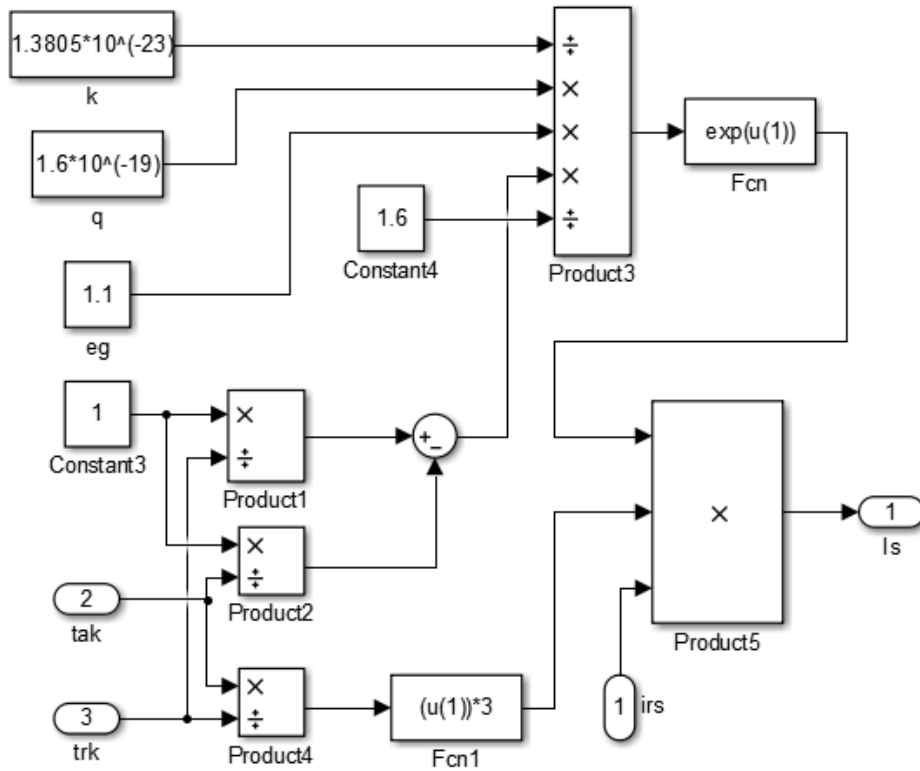


Figura 39. Modelo Simulink corriente de saturación del diodo (Subsystem3)
 Fuente: Christian Castro Samaniego. Autor

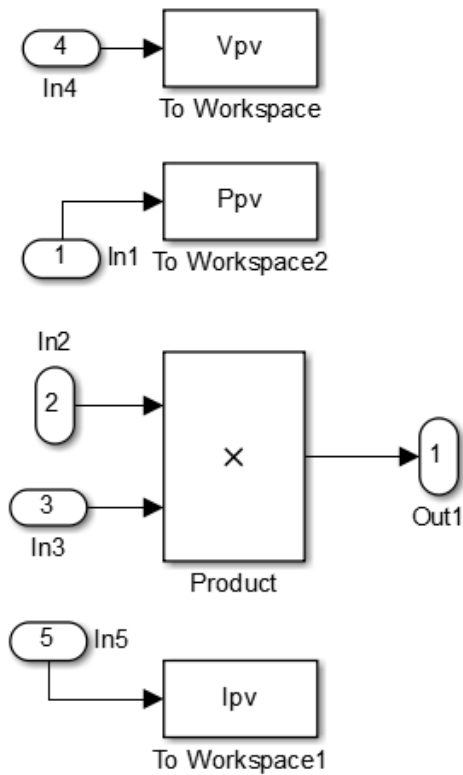


Figura 40. Modelo Simulink intensidad, voltaje y potencia (Subsystem6)
 Fuente: Christian Castro Samaniego. Autor

2.4.4 Resultado grafico de simulación modulo fotovoltaico.

La simulación del sistema fotovoltaico nos permite obtener curvas de Intensidad (A)-Voltaje (v) y Potencia (W)-Voltaje (v), con diferentes valores de Irradiación ($400W/m^2$, $600W/m^2$ y $1000W/m^2$). En la figura 42 Y Axis representa Intensidad (A) y X Axis representa Voltaje (V) y en la figura 43 Y Axis representa Potencia (W) y X Axis representa Voltaje (V).

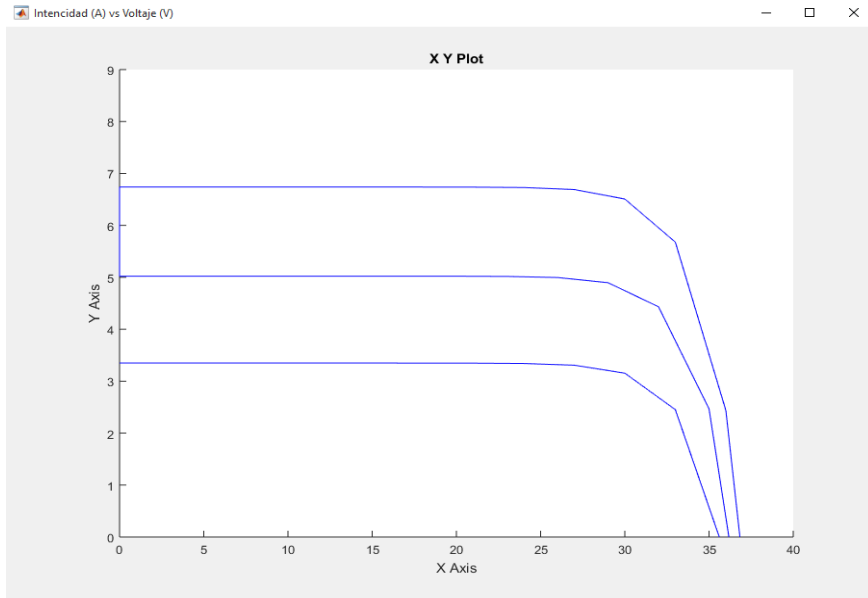


Figura 41. Curva Intensidad (A)-voltaje (v) por variación de irradiación solar.
Fuente: Christian Castro Samaniego. Autor

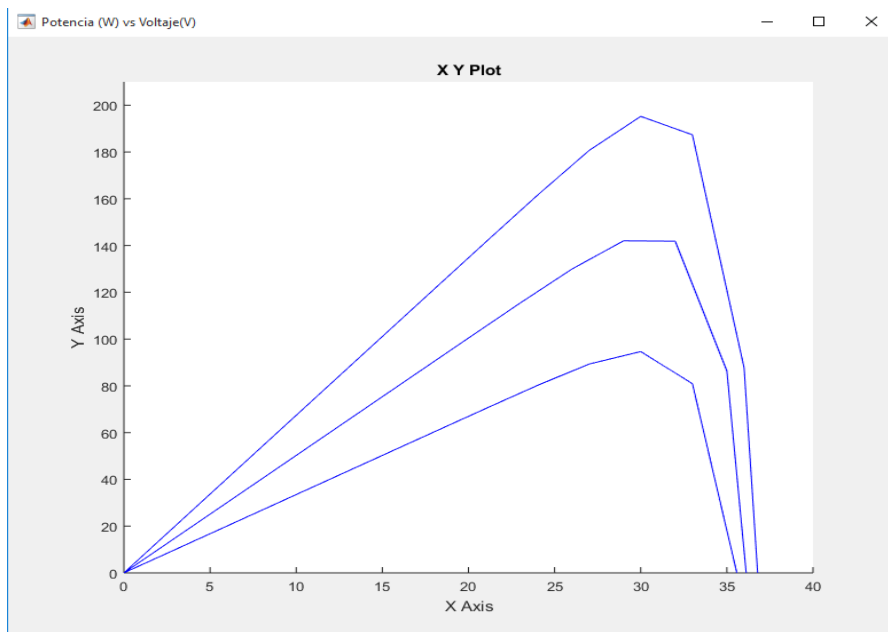


Figura 42. Curva Potencia (W)-voltaje (v) por variación de irradiación.
Fuente: Christian Castro Samaniego. Autor

Curvas de Intensidad (A)-Voltaje (v) y Potencia (W)-Voltaje (v), con valores de Irradiación promedio ($134,832 \text{ W/m}^2$). En la figura 44 Y Axis representa Intensidad (A) y X Axis representa Voltaje (V) y en la figura 45 Y Axis representa Potencia (W) y X Axis representa Voltaje (V).

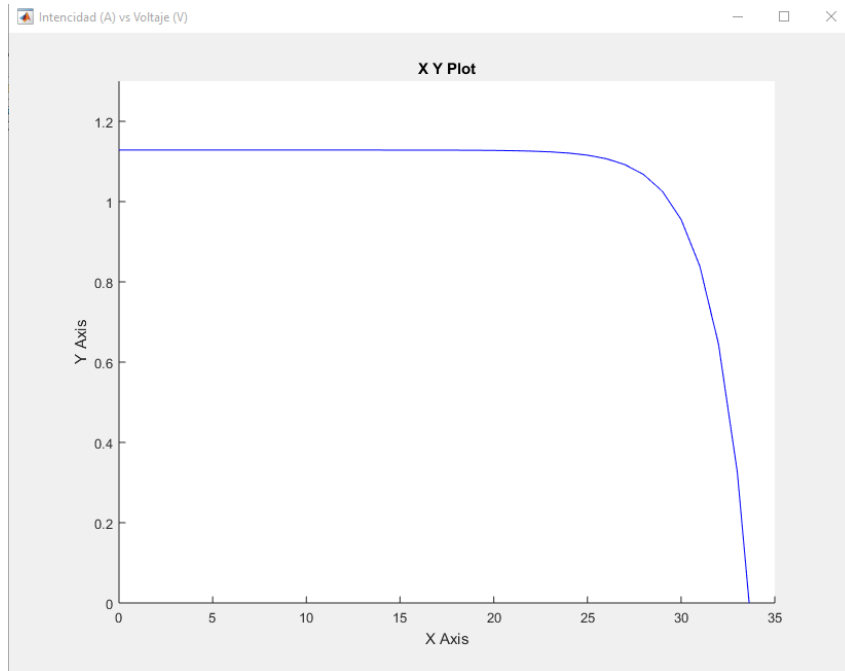


Figura 43. Curva Intensidad (A)-voltaje (v) por irradiación promedio.
Fuente: Christian Castro Samaniego. Autor

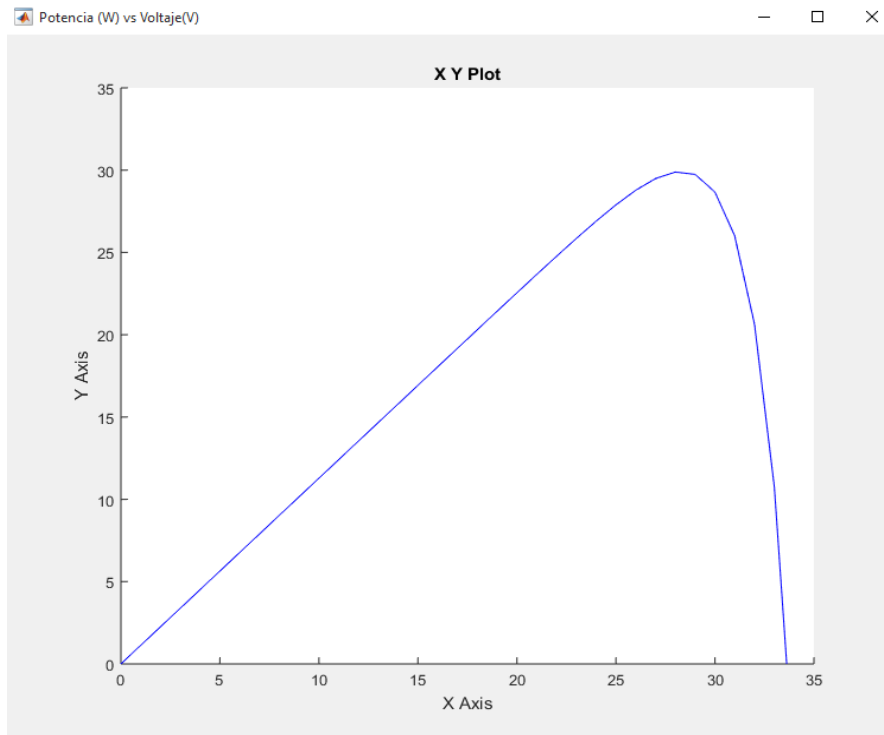


Figura 44. Curva Potencia (W)-voltaje (v) por irradiación promedio.
Fuente: Christian Castro Samaniego. Autor

CAPITULO 3

3) ANÁLISIS ACTUAL PARA LA CONVERSIÓN DE ENERGÍA EÓLICA –ENERGÍA ELÉCTRICA

3.1 TOMA DE DATOS.

Los datos recopilados para determinar la factibilidad de un sistema eólico-fotovoltaico, fueron recopilados por la estación meteorológica modelo WH2310, la misma que se utilizó para la adquisición de datos del sistema fotovoltaico, especificada en el capítulo anterior.

En este capítulo se especificara los datos que inciden dentro de la energía eólica. La fuente de energía eólica es el viento. Aprovechando la fuerza del viento para transformarla en electricidad, por medio de un aerogenerador, este aerogenerador debe estar ubicado de acuerdo a la dirección que tenga el viento, por consecuencia se analizarán los siguientes datos; velocidad del viento y dirección del viento.

3.2 INTERPRETACIÓN DE DATOS.

Los datos de velocidad y dirección del viento, fueron recopilados con un intervalo de 60min, durante 4 meses especificados en el capítulo anterior.

3.2.1 Velocidad del viento.

- Velocidad del viento máxima: 16.2m/s
- Velocidad del viento mínima: 0m/s
- Velocidad del viento promedio en un día: 1.907849m/s, ver anexo 4.

En la figura 46 muestra la velocidad del viento promedio, se observa que la velocidad del viento más altas se presentan en el mes de julio, los meses de abril, mayo y junio tienen una similitud en valores, las horas de mayor eficiencia del sistema eólico se presenta durante el día de 10horas hasta las 20horas, un sistema eólico puede generar las 24horas del día, siempre y cuando la velocidad del viento sea mayor o igual a 3m/s en función de las características del aerogenerador. 12m/s es la velocidad nominal para el funcionamiento óptimo de la turbina eólica, si la velocidad es superada considerablemente esta producirá un desperfecto en el aerogenerador.

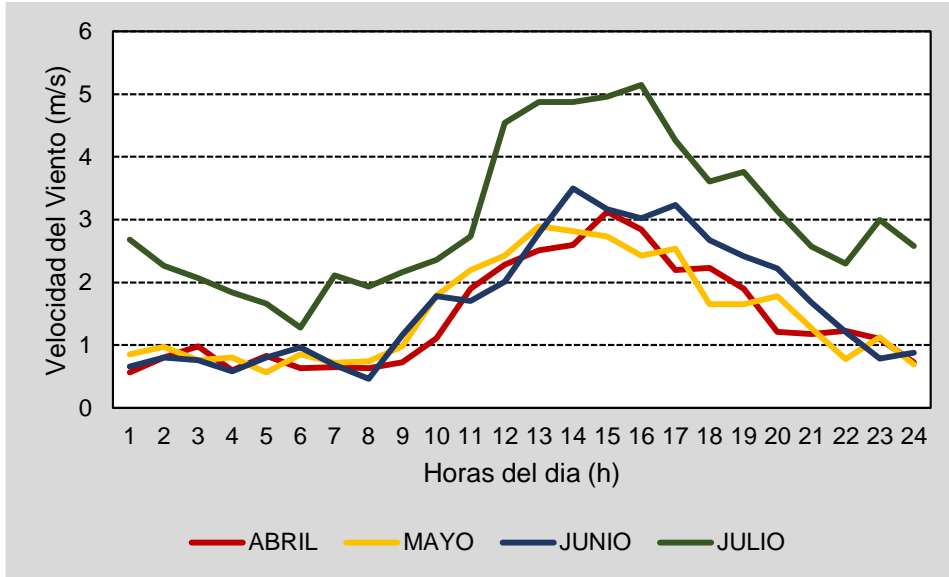


Figura 45. Velocidad del viento promedio de Abril, Mayo, Junio y Julio.
Fuente: Christian Castro Samaniego. Autor

3.2.2 Dirección del viento

- Dirección del viento promedio de un día: 133.8645° , ver Anexo 5.

La dirección del viento es un parámetro muy importante para la factibilidad de un sistema eólico, considerando que la ubicación del aerogenerador debe estar correctamente colocado de acuerdo a la orientación de la máquina, tomando en cuenta que el análisis de la factibilidad se lo realizara en terrenos no uniformes.

La figura 47 muestra la similitud de las curvas de abril, mayo, junio y julio en función de la dirección del viento al transcurso de las 24 horas del día.

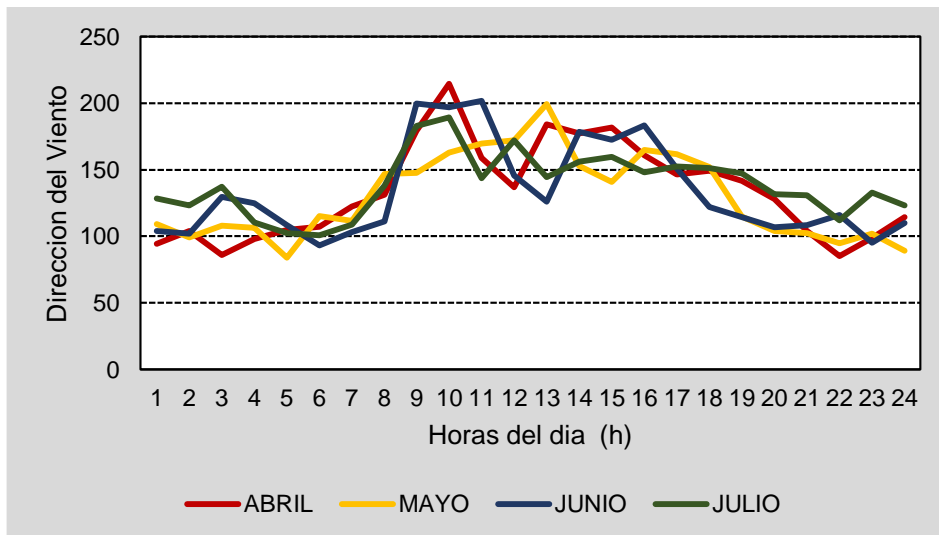


Figura 46. Dirección del viento promedio del mes de abril, mayo, junio y julio.
Fuente: Christian Castro Samaniego. Autor

La rosa de los vientos representa de forma gráfica la dirección del viento, como se observa el viento tiene dirección sureste mayoritariamente, comprobando el dato anterior la dirección del viento promedio de 133.8645° , considerando lo siguiente NORTE (0°), ESTE (90°), SUR (180°) y OESTES (270°), con esta información establece la correcta orientación de la turbina eólica en el sector La Tranca.

Los valores promedio de dirección y velocidad del viento fueron utilizados para el diseño de la rosa de los vientos (Neira G & Velencia Z, 2014).

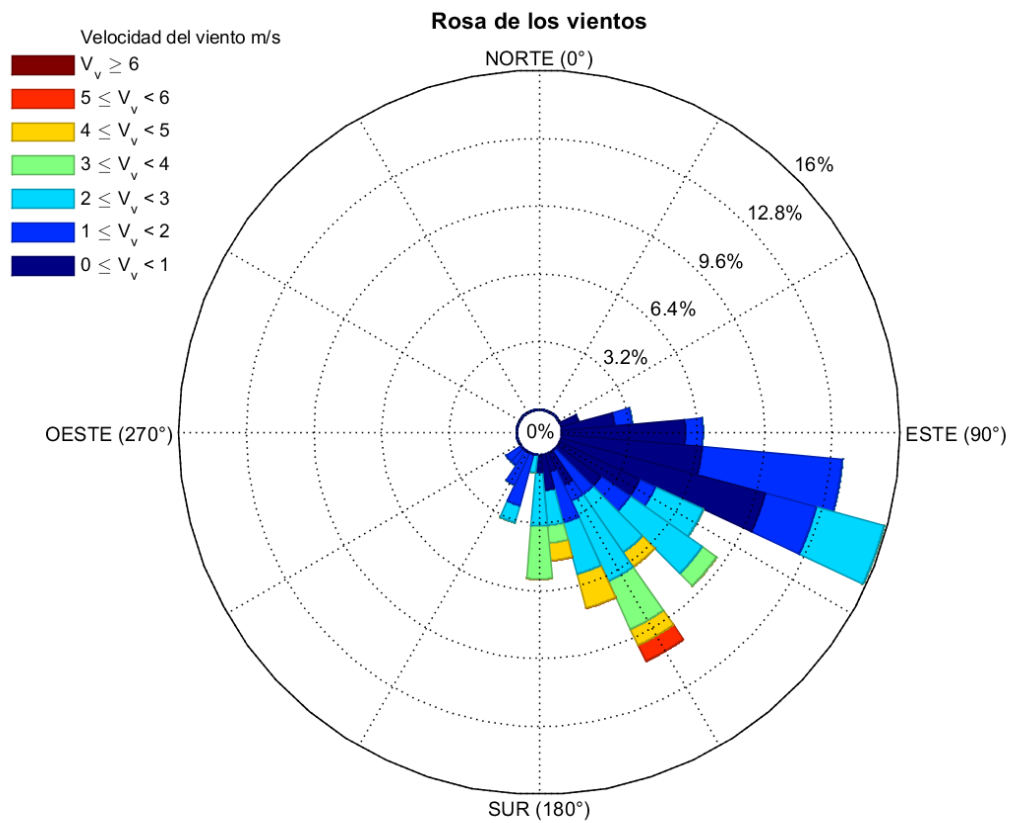


Figura 47. Rosa de los vientos de dirección y velocidad promedio del mes de abril, mayo, junio y julio.

Fuente: Christian Castro Samaniego. Autor

3.2.3 Datos y características del Aerogenerador.

Los cálculos del sistema fotovoltaico se determina con el aerogenerador windspot 3.5KW ver Anexo 6, cuyas características se presenta en la siguiente tabla 10:

Tabla 10. Características del Aerogenerador windspot 3.5KW.
Fuente: (Windspot, 2016)

AEROGENERADOR WINDSSPOT 3.5KW	
Potencia	3.5KW
Diámetro del rotor	4.05m
Velocidad de arranque	3m/s
Velocidad nominal	12m/s
Peso	185kg
Longitud	3.2m
Producción anual estimada	5550-11300Kwh
Tipo	Rotor horizontal
Generador	Síncrono, 3 fases, (24)-(48)-(110)-(220)V a 50/60Hz
Orientación	Timón de Orientación
Control de potencia	Sistema de Paso Variable pasivo, centrífugo y amortiguado
Transmisión	Directa
Freno	Eléctrico
Controlador	Conexión a red, carga de baterías
Inversor	Eficiencia ≈ 95%
Torre	12,14,18m
Diseño	Norma IEC61400-2

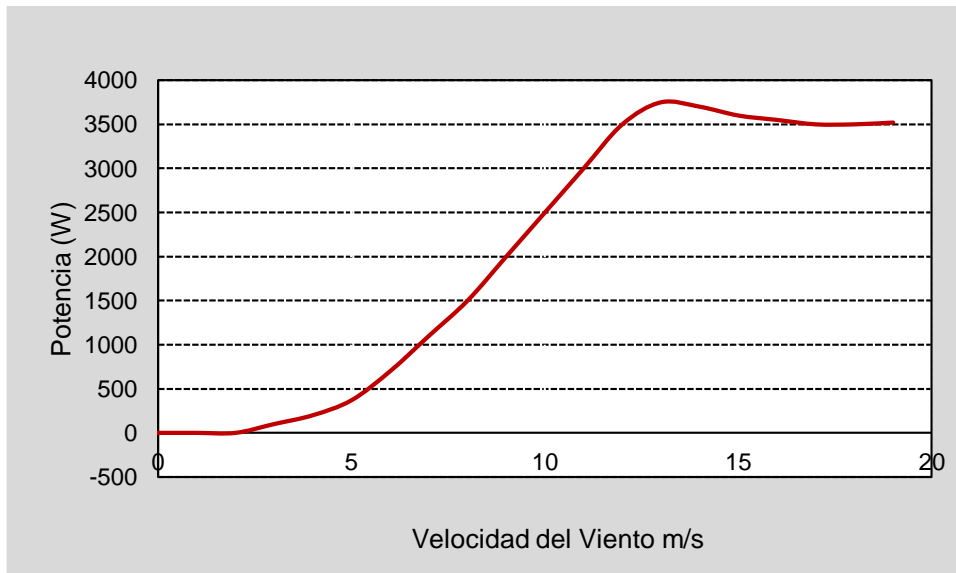


Figura 48. Curva de potencia aerogenerador WINDSSPOT 3.5KW.
Fuente: (Windspot, 2016)

3.3 CÁLCULO Y RESULTADOS NUMÉRICOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA EÓLICO.

3.3.1 Cálculo del área del barrido del rotor.

Para determinar el área de barrido se considera la longitud de las palas del aerogenerador de esta forma conocer su diámetro, de esta forma obtener el área con la siguiente expresión.

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \quad (18)$$

Donde:

A Área de barrido del rotor

D Diámetro del rotor (Enriquez Harper, 2014).

3.3.2 Especificación de la densidad de aire para el lugar específico (La Tranca).

La tabla 10 muestra la densidad del aire en función de la altura sobre el nivel del mar en metros (m), dando prioridad al tema se especifica la densidad de 0,833 Kg/m³ recordando que el sector La Tranca se encuentra a 3010 msnm.

Tabla 11. Variación de la densidad en función de la altura sobre el nivel del mar.
Fuente: (Cochancela & Astudillo, 2014)

VARIACION DE LA DENCIDAD EN FUNCION DE LA ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR	
Altura sobre el nivel del mar (msnm)	Densidad del aire (Kg/m ³)
0	1,203
500	1,134
1000	1,068
1500	1,005
2000	0,945
2500	0,887
3000	0,833
3500	0,781
4000	0,732

3.3.3 Calculo de la potencia teórica.

La potencia teórica representa la potencia que se podría generar sin considerar ningún tipo de pérdidas, cuya potencia se obtiene con la siguiente formula:

$$P_{teorica} = \frac{1}{2} * A * \rho * V^3 \quad (19)$$

$P_{teorica}$: Potencia teórica

A : Área de barrido del rotor

ρ : Densidad del aire del lugar de referencia

V : Velocidad del viento (Sami, S. & Icaza, 2015).

Según los datos recopilados, la velocidad de viento máxima en el sector fue 16.2m/s, para lo cual se calculó la potencia teórica con valores de velocidad de viento inferiores a la velocidad máxima.

En la figura 50 se presenta la potencia teórica en función a los valores de velocidad de viento, potencia teórica donde no se consideran las pérdidas que se presentan en la máquina.

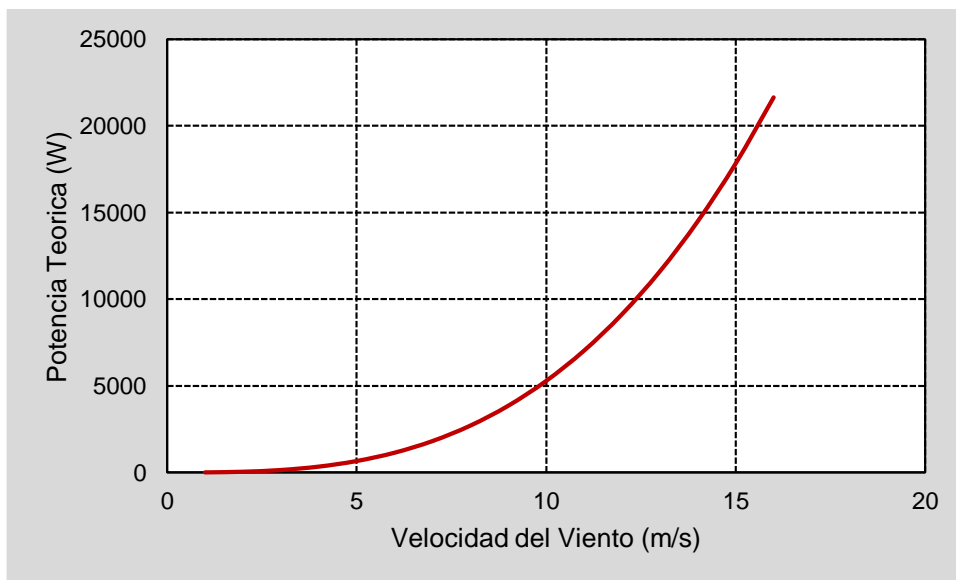


Figura 49. Potencia teórica con densidad equivalente a 3010msnm.
Fuente: Christian Castro Samaniego. Autor

3.3.4 Cáculo de las pérdidas de la maquina (Aerogenerador windspot 3.5KW).

Para conocer la eficiencia de la maquina eólica, se aplica la siguiente formula:

$$\eta = \eta_g * \eta_m \quad (20)$$

η : Eficiencia del aerogenerador

η_g : Perdidas en el generador eléctrico

η_m : Pérdidas de rozamiento en los elementos mecánicos

Considerando las características contractivas del aerogenerador se determina la eficiencia del aerogenerador, que generalmente el valor de η esta entre 0,4 y 0,5 (Sami, S. & Icaza, 2015).

3.3.5 Determinación del Coeficiente de Potencia (Coeficiente de Betz).

El coeficiente de Betz o coeficiente de potencia es la fracción teórica que considera las perdidas y eficiencia que existen en el aerogenerador, haciendo referencia a una maquina eólica ideal el $C_p = 0,5925$ suponiendo que es la máxima fracción teórica de potencia que se pueda extraer con un aerogenerador (Enriquez Harper, 2014).

La potencia real es directamente proporcional al C_p . Para explicar de forma gráfica se calcula la Potencia Real con Velocidades de Viento de 0m/s hasta 12 m/s que es la velocidad nominal de aerogenerador especificado, con $C_p = 0.59, 0.50, 0.42, 0.30$ y 0.20 como se muestra en la gráfica 51.

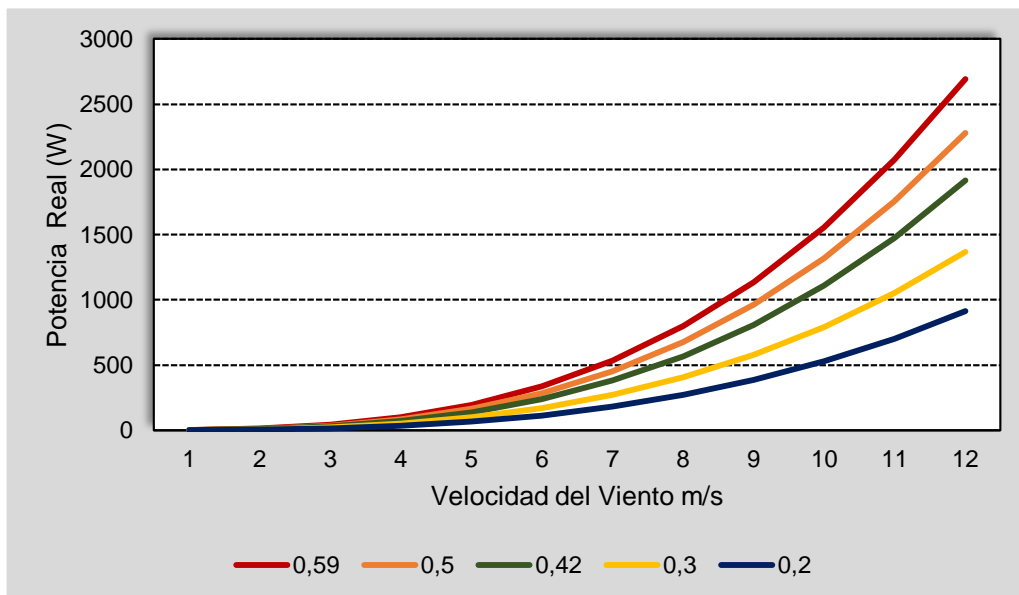


Figura 50. Curva de potencia real con diferentes valores de coeficiente de potencia (C_p).
Fuente: Christian Castro Samaniego. Autor

3.3.6 Calculo de potencia real del aerogenerador windspot 3.5KW del sistema eólico de centro turístico La Tranca.

La potencia real es la potencia generada considerando las perdidas y eficiencia de aerogenerador, por lo que se especifica la potencia de salida. Para calcular la potencia real se utiliza la siguiente formula:

$$P_{Real} = P_{teorica} * C_p * \eta \quad (21)$$

Remplazando la potencia real tenemos:

$$P_{Real} = \frac{1}{2} * A * \rho * V^3 * C_p * \eta \quad (22)$$

La potencia real promedio durante las 24h del día es variado, dependiendo de la velocidad del viento. Como se puede ver en las figuras la potencia real de cada mes se calculó con diferentes valores de Cp (Sami, S & Icaza, 2015), con los mismos valores de velocidad del viento ver Anexo 4.

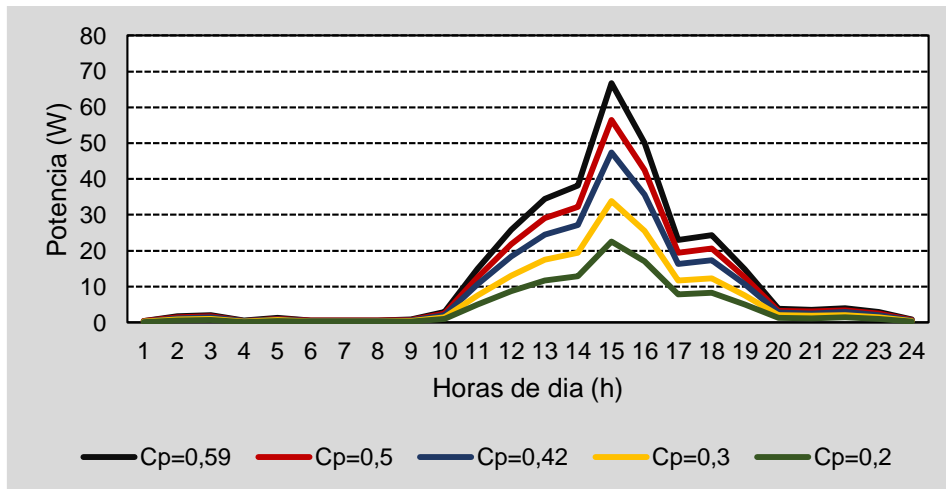


Figura 51. Potencia real de Abril con diferente coeficiente de potencia (Cp).
Fuente: Christian Castro Samaniego. Autor

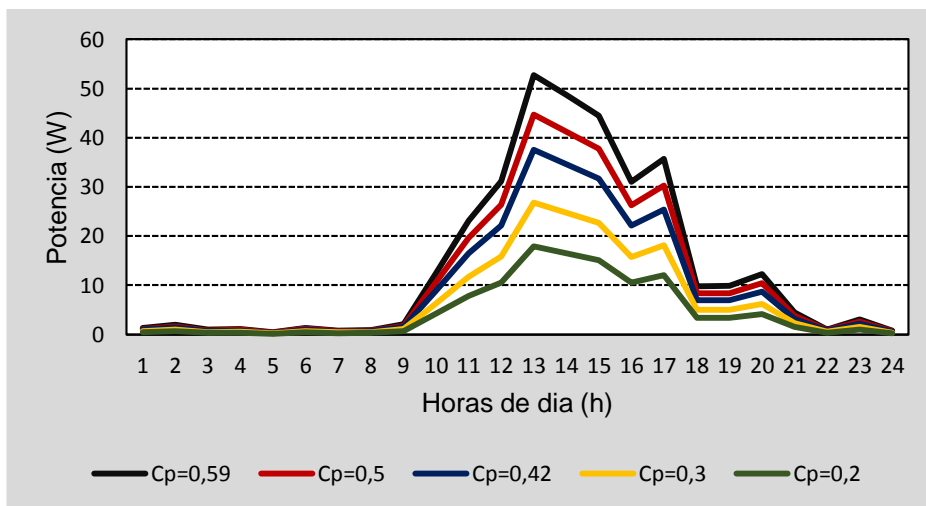


Figura 52. Potencia real de Mayo con diferente coeficiente de potencia (Cp).
Fuente: Christian Castro Samaniego. Autor

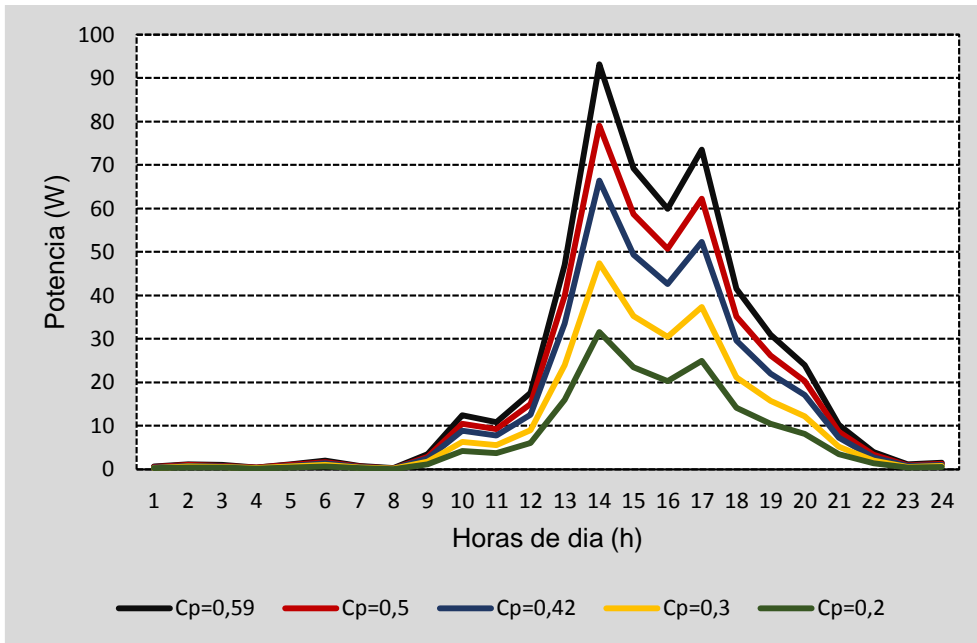


Figura 53. Potencia real de Junio con diferente coeficiente de potencia (C_p).
Fuente: Christian Castro Samaniego. Autor

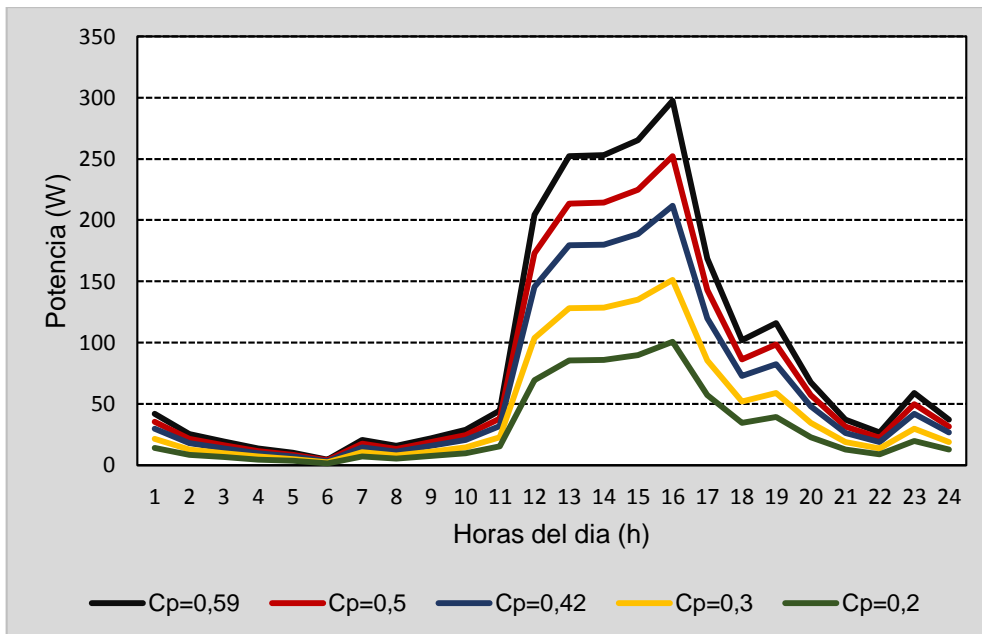


Figura 54. Potencia real de Julio con diferente Coeficiente de Potencia (C_p).
Fuente: Christian Castro Samaniego. Autor

La curva del mes de julio es quien representa la potencia mayor, abril, mayo y junio tienen valores casi similares, la figuras 56 muestra la Potencia Real de los cuatro meses antes mencionados con un valor de Coeficiente de Potencia ($C_p=0,59$).

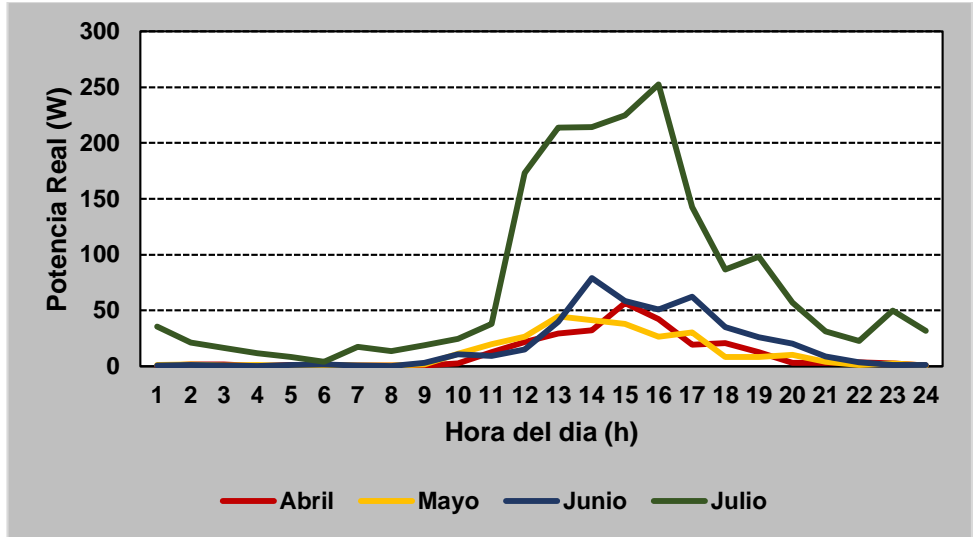


Figura 55. Potencia real de abril, mayo junio y julio con $C_p=0,5$.
Fuente: Christian Castro Samaniego. Autor

3.3.7 Cálculo de la Potencia generada por el aerogenerador windspot 3.5KW en los meses de Abril, Mayo, Junio y Julio.

- La energía eólica generada por el aerogenerador windspot 3.5KW (mes de Abril).

Los datos recopilados previos al cálculo de la potencia generada en este mes. Fueron los siguientes:

- Velocidad del Viento mínima 0m/s
- Velocidad del Viento promedio 1,4m/s
- Velocidad del Viento máxima 8,90m/s
- Número de horas de Velocidad del Viento máxima 1h/mes.

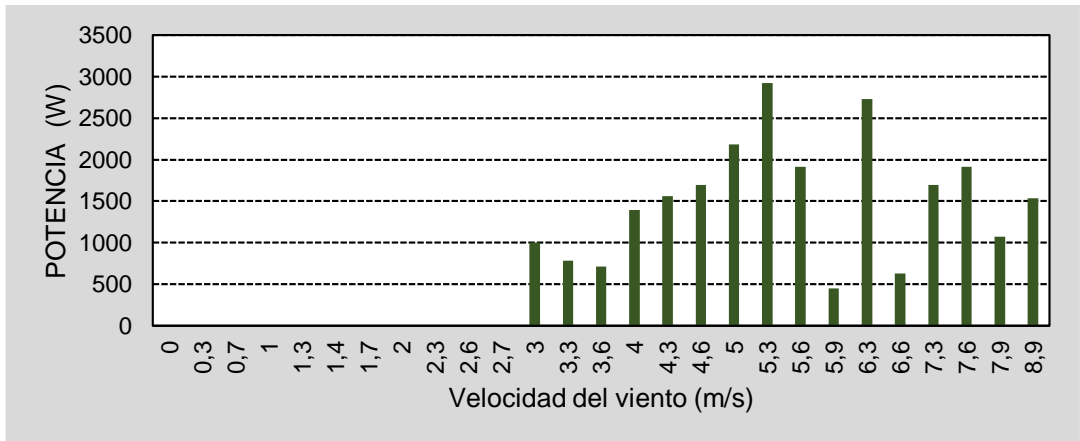


Figura 56. Potencia real que genera el aerogenerador, en función de las horas de velocidad de viento en el mes de abril.

Fuente: Christian Castro Samaniego. Autor

Se ha determinado una potencia generada en abril de 24,1973KWh/mes. Acotando que se obtendrá una potencia 1537,57Wh/mes con la Velocidad máxima de Viento, en una hora del mes de abril, como se muestra en la figura 57.

- **La energía eólica generada por el aerogenerador windspot 3.5KW (mes de Mayo).**

Los datos recopilados previos al cálculo de la potencia generada en este mes. Fueron los siguientes:

- Velocidad del Viento mínima 0m/s
- Velocidad del Viento promedio 1,49m/s
- Velocidad del Viento máxima 8,30m/s
- Número de horas de Velocidad del Viento máxima 2h/mes.

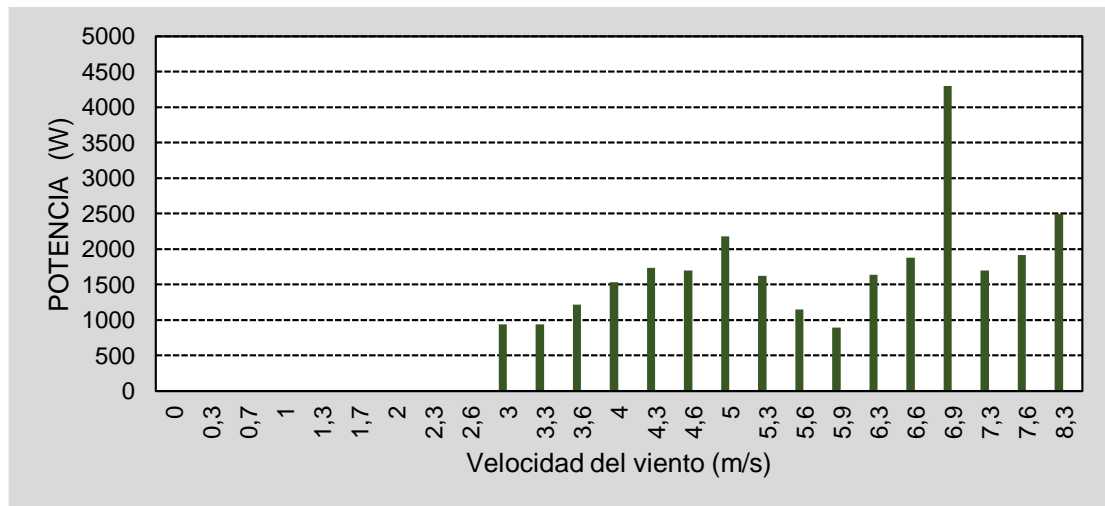


Figura 57. Potencia real que genera el aerogenerador, en función de las horas de velocidad de viento en el mes de mayo.

Fuente: Christian Castro Samaniego. Autor

Se ha determinado una potencia generada en mayo de 27,8436KWh/mes. Acotando que se obtendrá una potencia 2494,20Wh/mes con la Velocidad máxima de Viento, en 2 horas del mes de mayo, como se muestra en la figura 58.

- **La energía eólica generada por el aerogenerador windspot 3.5KW (mes de Junio).**

Los datos recopilados previos al cálculo de la potencia generada en este mes. Fueron los siguientes:

- Velocidad del Viento mínima 0m/s
- Velocidad del Viento promedio 1,66m/s
- Velocidad del Viento máxima 10,60m/s
- Número de horas de Velocidad del Viento máxima 1h/mes

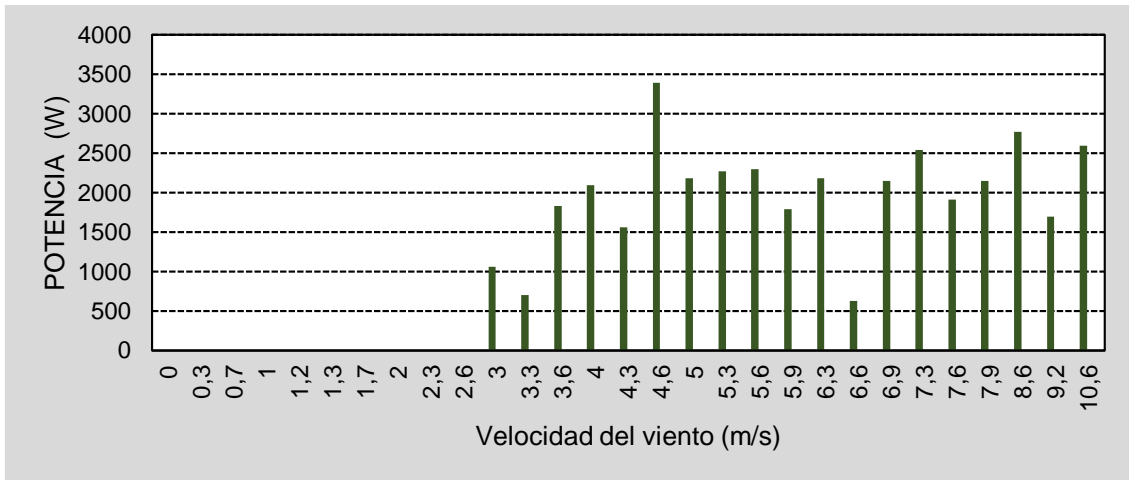


Figura 58. Potencia real que genera el aerogenerador, en función de las horas de velocidad de viento en el mes de junio.

Fuente: Christian Castro Samaniego. Autor

Se ha determinado una potencia generada en mayo de 37,8319KWh/mes. Acotando que se obtendrá una potencia 2597,677Wh/mes con la Velocidad máxima de Viento, en 1 horas del mes de mayo, como se muestra en la figura 59.

- **La energía eólica generada por el aerogenerador Windspot 3.5KW (mes de Julio).**

Los datos recopilados previos al cálculo de la potencia generada en este mes. Fueron los siguientes:

- Velocidad del Viento mínima 0m/s
- Velocidad del Viento promedio 3,02m/s
- Velocidad del Viento máxima 11,60m/s
- Número de horas de Velocidad del Viento máxima 1h/mes.

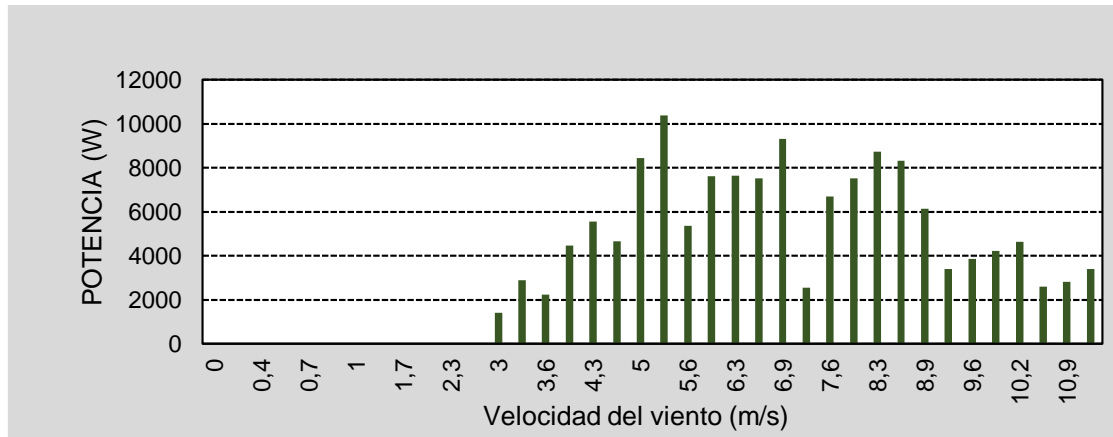


Figura 59. Potencia real que genera el aerogenerador, en función de las horas de velocidad de viento en el mes de julio.

Fuente: Christian Castro Samaniego. Autor

Se ha determinado una potencia generada en mayo de 142,455KWh/mes. Acotando que se obtendrá una potencia 3404,408Wh/mes con la Velocidad máxima de Viento, en 1 horas del mes de mayo, como se muestra en la figura 60.

3.4 MODELO MATEMÁTICO Y SIMULACIÓN.

3.4.1 Par aerodinámico en el rotor, con uno y dos modelos de masa.

Un modelo de masa

Se supone un eje de baja velocidad perfectamente rígido, un solo modelo de masa de la turbina se puede considerar la siguiente expresión.

$$J_t \omega_t = T_a - k_t \omega_t - T_g \quad (23)$$

Entonces

$$J_t = J_r - n^2_g J_g \quad (24)$$

$$K_t = K_r - n^2_g K_g \quad (25)$$

$$T_g = n_g T_{em} \quad (26)$$

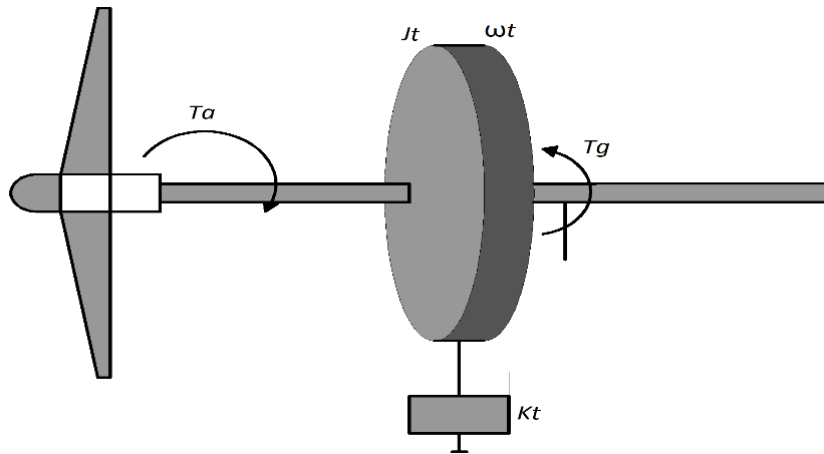


Figura 60. Esquema de un sistema de turbina eólica en masa.
Fuente: (Binayak, Shiva, Kyung'Tae, & Sung-Hoon, 2014)

Donde

J_t Es el momento de inercia del rotor de la turbina.

ω_t Es eje bajo velocidad angular.

J_r Inercia del lado del rotor.

K_t Es el coeficiente de amortiguación de la turbina, que representa resistencia aerodinámica.

K_g Es coeficiente de amortiguación del generador, que representa la fricción mecánica y viento (Binayak, Shiva, Kyung'Tae, & Sung-Hoon, 2014)

Dos modelos de masa

El esquema de dos sistemas de turbina eólica en masa se presenta un modelo de turbina eólica del cual la inercia del lado del rotor J_r está dada por:

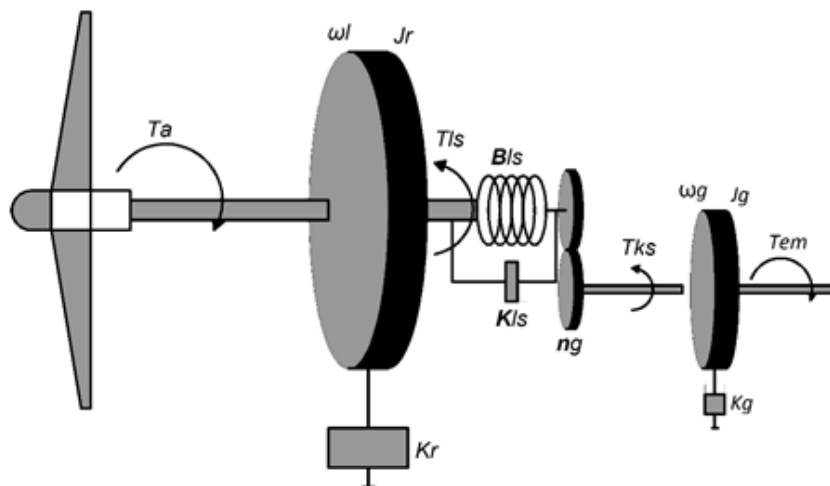


Figura 61. Esquema de dos sistemas de turbina eólica en masa.
Fuente: (Binayak, Shiva, Kyung'Tae, & Sung-Hoon, 2014).

$$J_t \frac{d\omega_t}{dt} = T_m - T_{ls} - K_t \omega_t \quad (27)$$

El par del eje de baja velocidad viene dado por

$$T = B_{ls}(\theta_t - \theta_{ls}) + k_{ls}(\omega_t - \omega_{ls}) \quad (28)$$

La inercia J_g del generador es impulsada por el eje de alta velocidad y frenada por el par electromagnético T_g del generador.

$$J_g \frac{d\omega_g}{dt} = T_{hs} - K_g \omega_g - T_g \quad (29)$$

Si asumimos la caja de engranajes ideal con relación n , entonces

$$n = \frac{T_{ls}}{T_{hs}} = \frac{\omega_g}{\omega_t} = \frac{\theta_g}{\theta_{ls}} \quad (30)$$

Donde las notaciones de las cuales son las mismas que las de un modelo de masas.

k_{ls} Es el coeficiente de amortiguación del eje de baja velocidad.

ω_g Es la velocidad angular del eje de alta velocidad.

T_m Es el par de la turbina.

T_{ls} Es par de torsión del eje de baja velocidad.

J_g Es el rotor del generador momento de inercia.

T_{hs} Es torque de eje de alta velocidad (Binayak, Shiva, Kyung'Tae, & Sung-Hoon, 2014)

Después de eliminar la derivada del tiempo, se deriva el siguiente sistema dinámico.

$$\frac{dT_{ls}}{dt} = \left(B_{ls} - \frac{k_{ls}k_t}{J_t} \right) \omega_t + \frac{1}{n} \left(\frac{k_{ls}k_t}{J_g} - B_{ls} \right) \omega_g - k_{ls} \left(\frac{J_t - n^2 J_g}{n^2 J_t J_g} \right) T_{ls} + \frac{k_{ls}}{J_t} T_a + \frac{k_{ls}}{n J_g} T_g \quad (31)$$

Donde

$$k_{ls} = IG/L_{ls} \quad (32)$$

$$D_{ls} = \xi D_{ls} \quad (33)$$

$$\sqrt{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^2} \quad (34)$$

$$D_s = 2\sqrt{k_{ls}m} \quad (35)$$

ω/ω_n Frecuencia de oscilación del eje

m Es la masa del eje,

I Es el segundo momento de área sobre el eje de rotación,

L_{ls} Es la longitud del eje,

G Es el módulo de rigidez,

D_s Es una amortiguación crítica del eje.

ξ Es la relación de amortiguación del eje (Binayak, Shiva, Kyung'Tae, & Sung-Hoon, 2014).

3.4.2 Modelo matemático del aerogenerador.

La simulación del modelo matemático del aerogenerador se realiza en Matlab ya explicado en el capítulo anterior, considerando las características del aerogenerador, antecedentes geográficos y meteorológicos del lugar de análisis se tiene los siguientes datos de entrada.

- Diámetro (D)
- Densidad del aire (ρ)
- Coeficiente de potencia (Cp)
- Perdidas (η)

El sistema está en función de la velocidad del viento (0-12) m/s, validando la velocidad nominal del aerogenerador el cual permite obtener los siguientes datos de salida.

- Área (A)
- Potencia Teórica ($P_{teorica}$)
- Potencia Real (P_{Real})

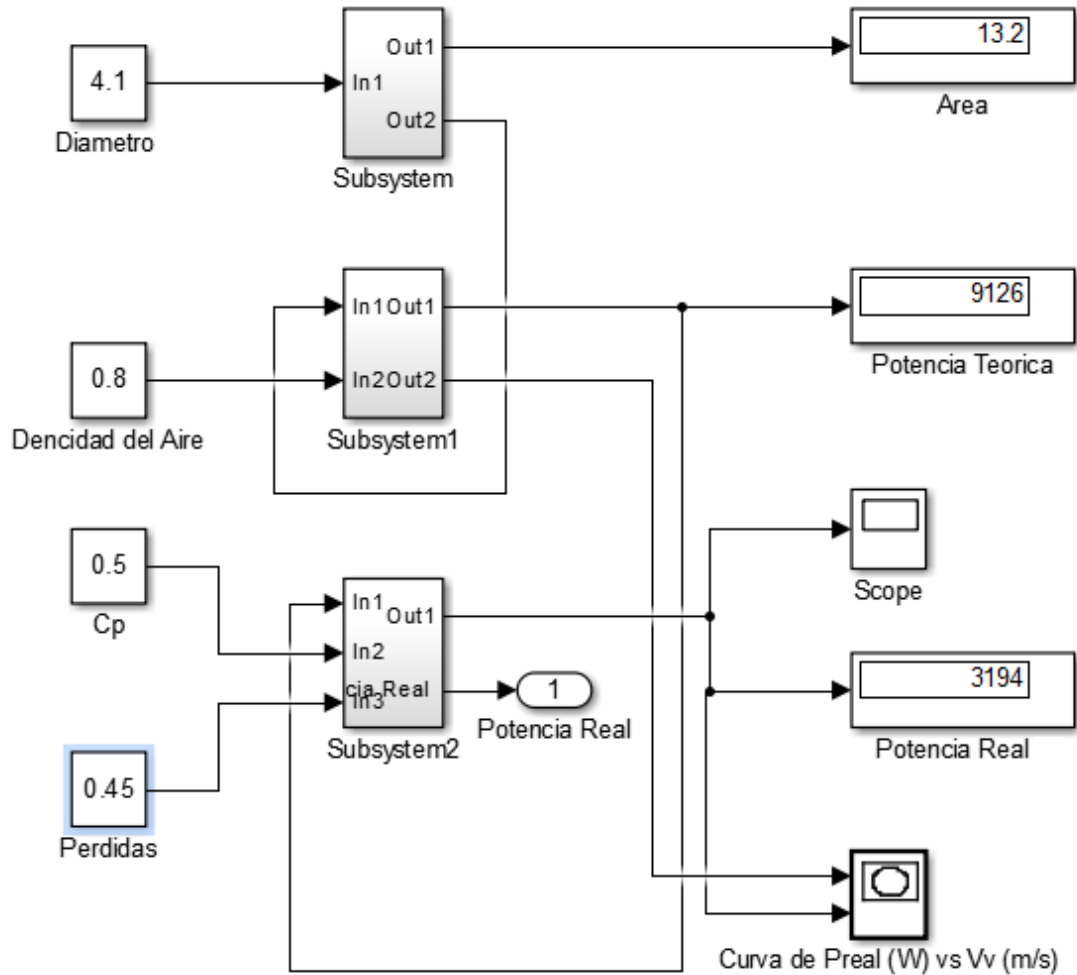


Figura 62. Modelo matemático aerogenerador Simulink (MATLAB R2015a).

Fuente: Christian Castro Samaniego. Autor

3.4.3 Especificación de los subsistemas del modelo matemático del aerogenerador.

En las siguientes figuras se especifica a detalle el modelo matemático del aerogenerador, desarrollado en Matlab Simulink.

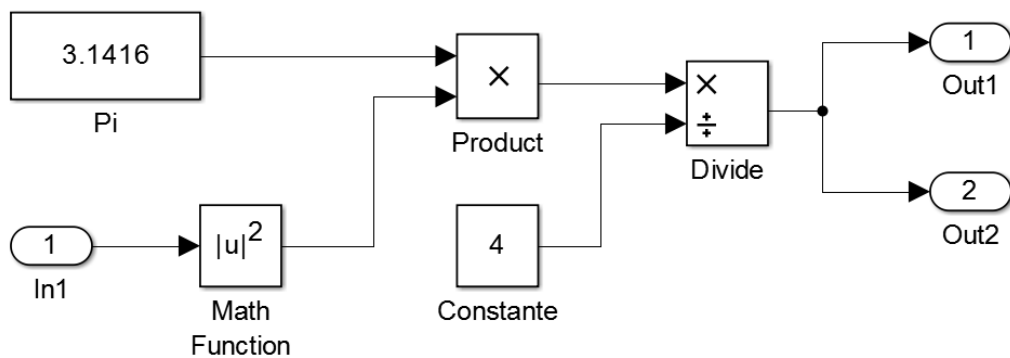


Figura 63. Modelo Simulink del área de barrido del aerogenerador (Subsystem).

Fuente: Christian Castro Samaniego. Autor

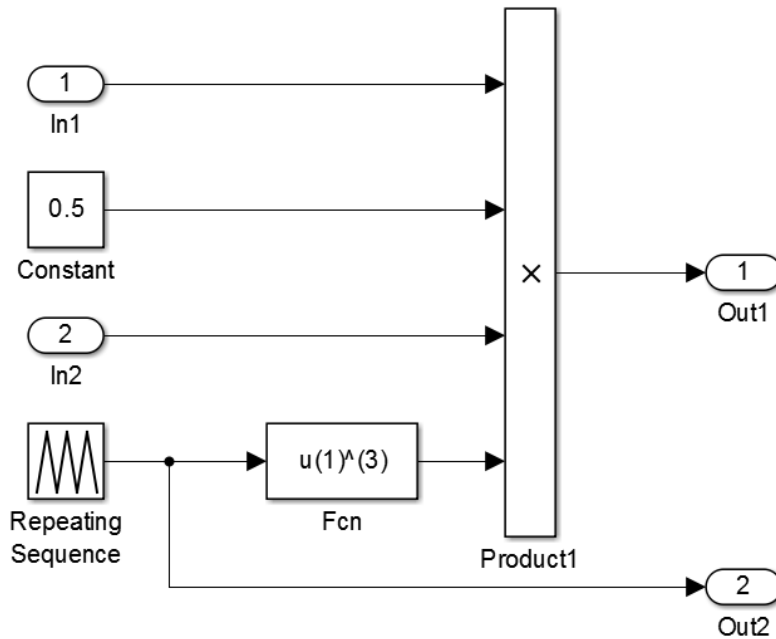


Figura 64. Modelo Simulink de la potencia teórica del aerogenerador (Subsystem1).
Fuente: Christian Castro Samaniego. Autor

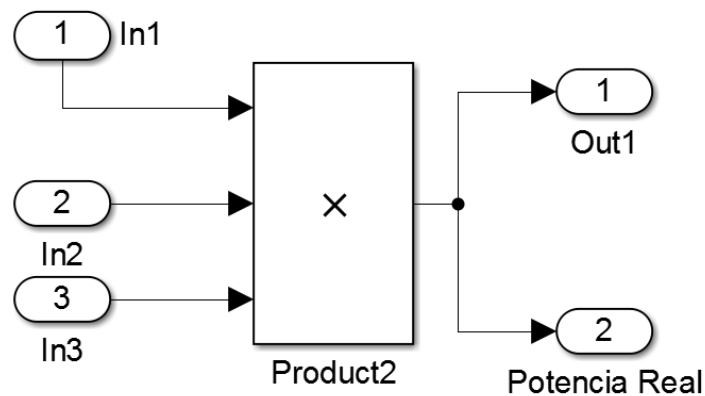
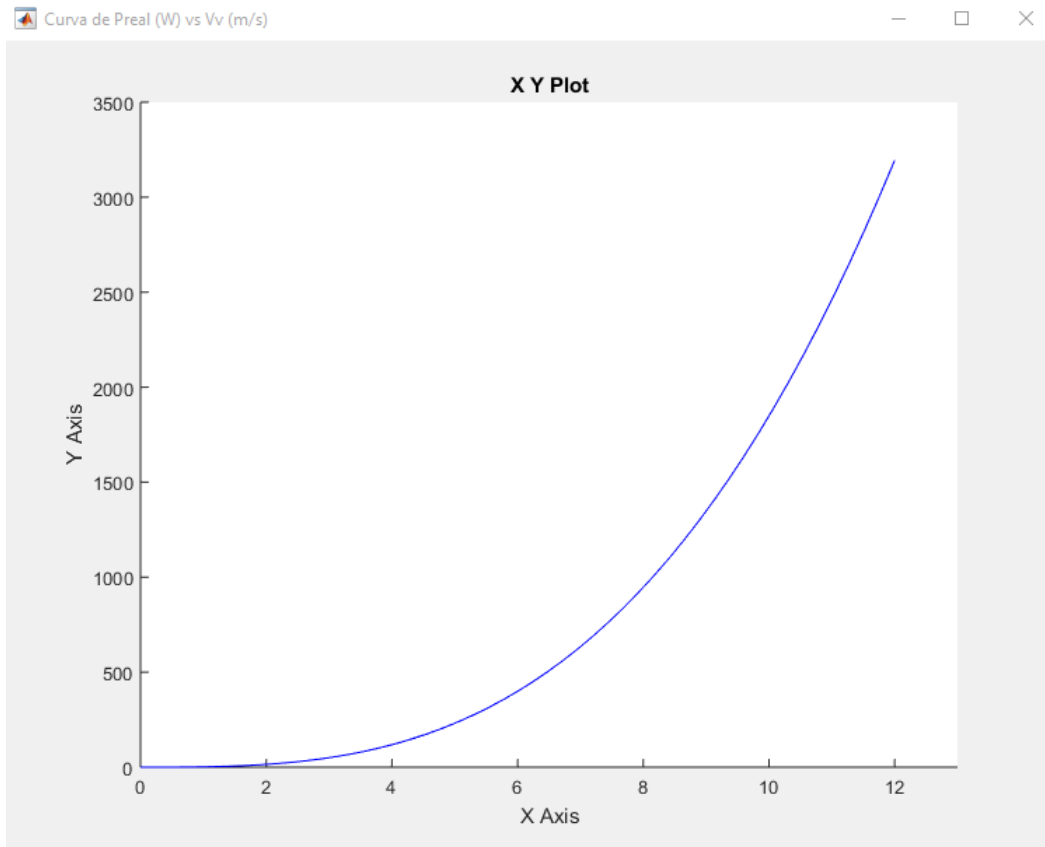


Figura 65. Modelo Simulink de la potencia real del aerogenerador (Subsystem2)
Fuente: Christian Castro Samaniego. Autor

3.4.4 Resultado grafico de simulación.

La gráfica de Potencia Peal (W) vs Velocidad del Viento (m/s) con valor de Coeficiente de Potencia ($C_p=0,5$), muestra que la potencia real es directamente proporcional a la velocidad del viento. Donde Y Axis y X Axis de la figura 67 es la Potencia (W) y Velocidad del Viento (m/s) respectivamente.



*Figura 66. Curva potencia vs velocidad del viento con (Cp=0,5).
Fuente: Christian Castro Samaniego. Autor*

CAPITULO 4

4) DISEÑOS

4.1 DISEÑOS GENERALES.

El Sistema Híbrido Eólico-Fotovoltaico como se muestra en la figura 68, está formado de los siguientes elementos básicamente, panel o modulo solar, aerogenerador, controlador de carga, baterías e inversor cuyas especificaciones se presentan a continuación, estos elementos deben ser dimensionados para la carga anteriormente detallada en los capítulos anteriores.

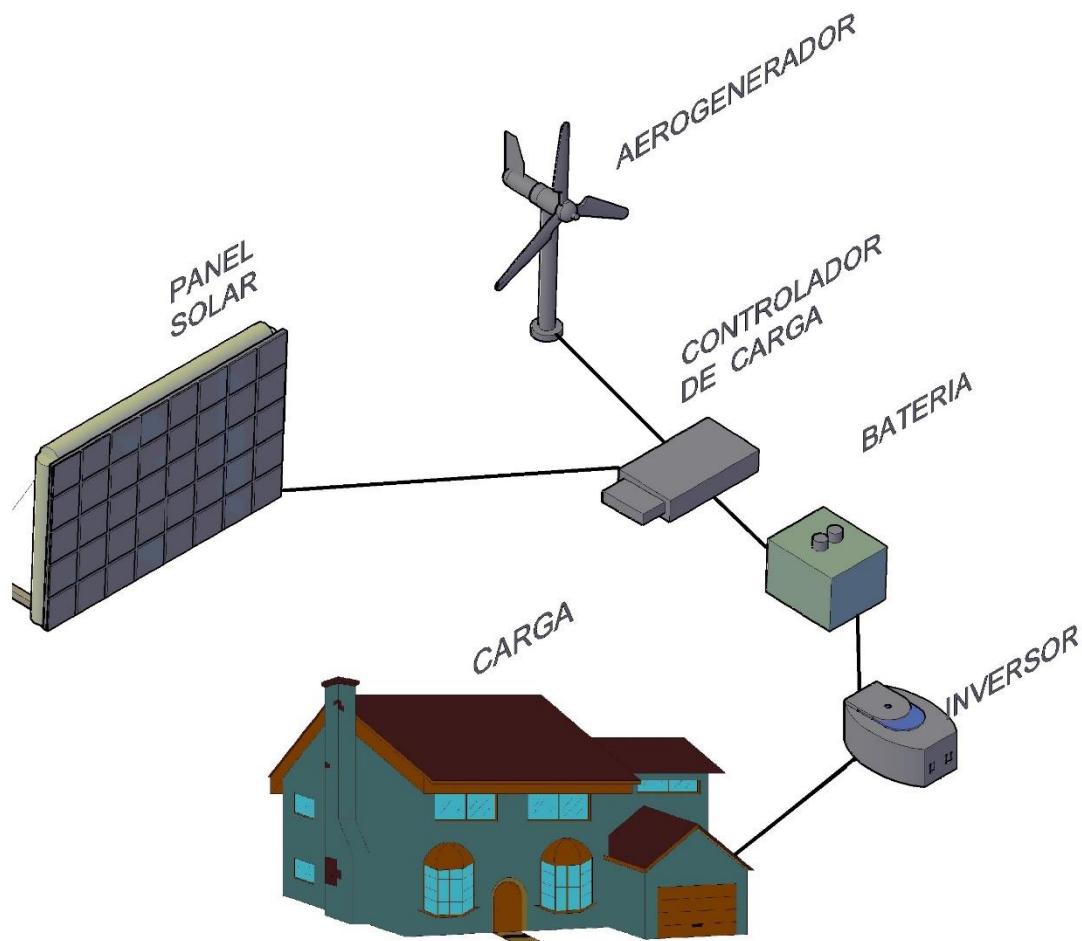


Figura 67. Representación gráfica del sistema híbrido eólico-fotovoltaico.

Fuente: Christian Castro Samaniego. Autor

4.1.1 Diagrama de flujo.

4.1.1.1 Diagrama de flujo general.

El diagrama de flujo general Figura 69 representa el proceso de generación de energía eléctrica mediante el sistema Híbrido Eólico-Fotovoltaico, el diagrama explica las fuentes de energía, la energía necesaria, los equipos requeridos hasta obtención de energía eléctrica en corriente alterna CA. Está estableciendo una relación costo-beneficio para determinar la factibilidad del mismo.

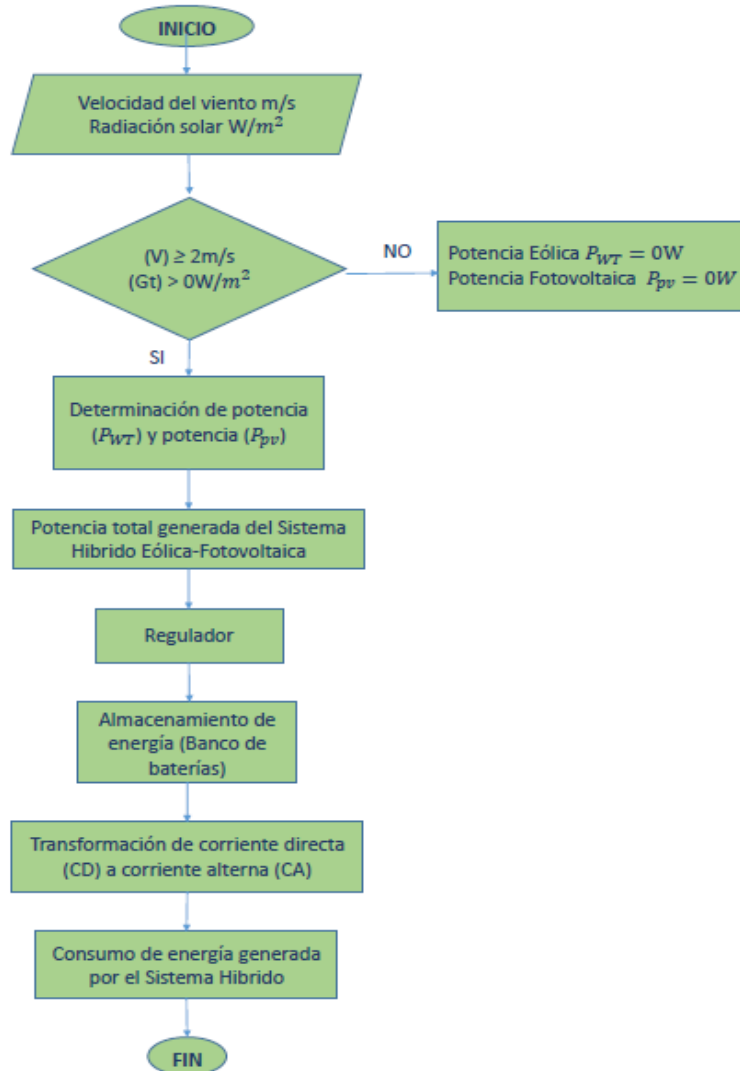
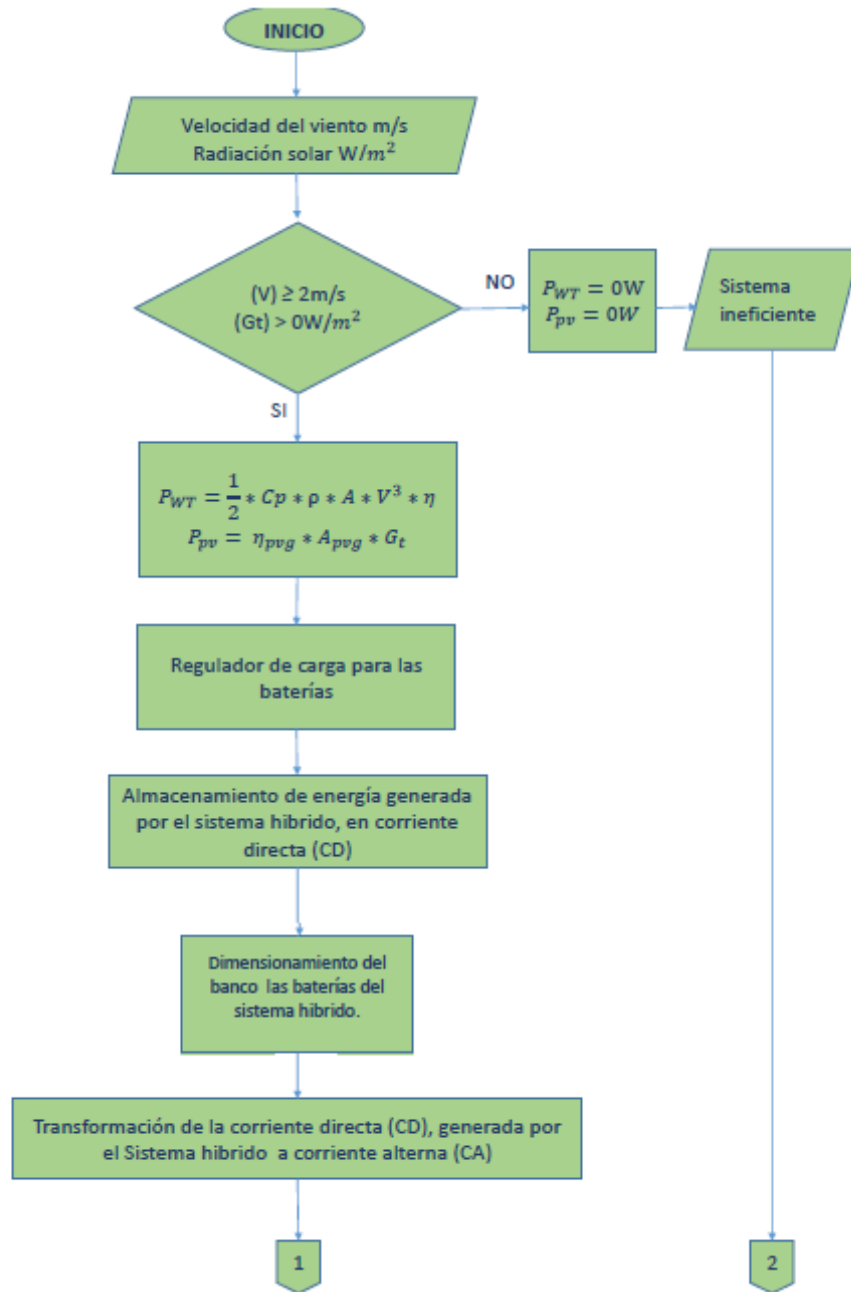


Figura 68. Diagrama de flujo general sistema híbrido eólico-fotovoltaico.
Fuente: Christian Castro Samaniego. Autor

4.1.1.2 Diagrama de flujo específico.

El diagrama de flujo específico de la Figura 70 explica el sistema híbrido con algunos valores ya conocidos.



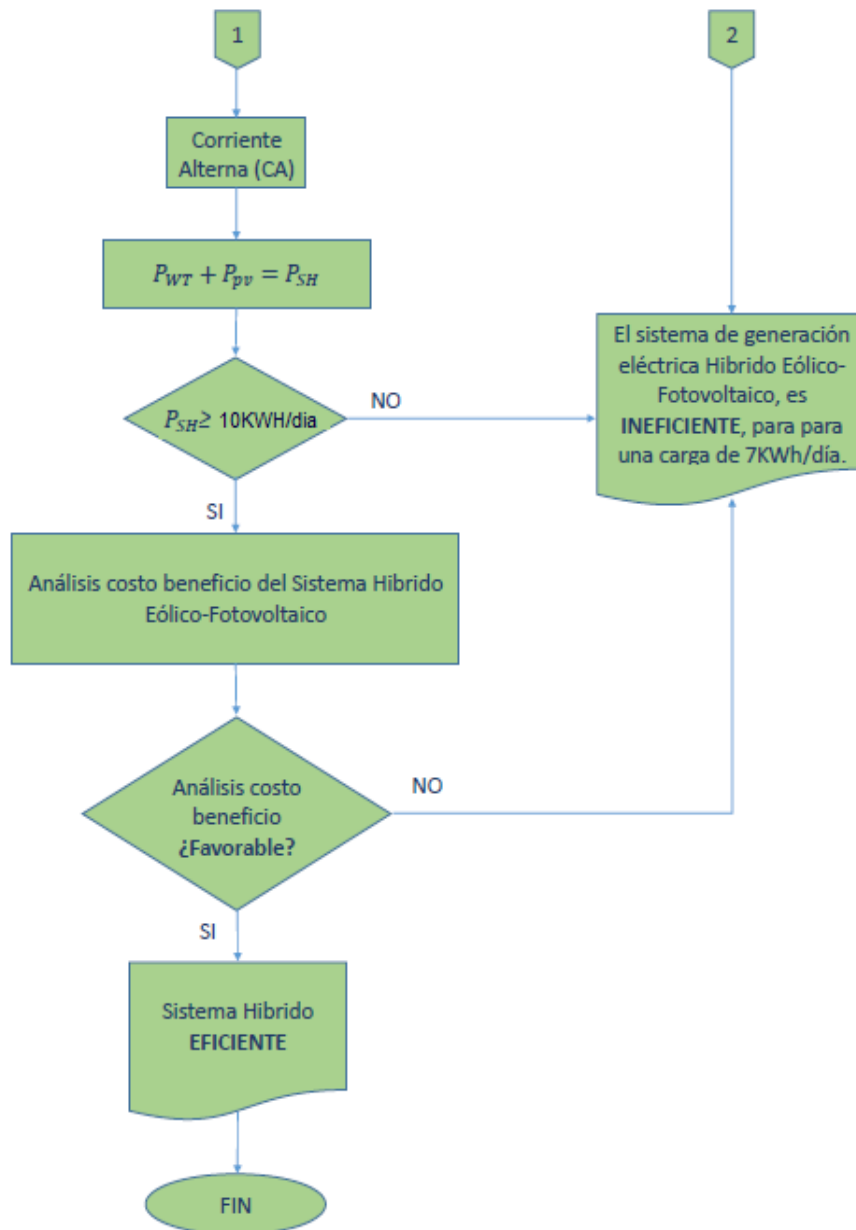


Figura 69. Diagrama de flujo específico sistema híbrido eólico-fotovoltaico.
Fuente: Christian Castro Samaniego. Autor

4.1.2 Proceso de dimensionamiento de equipos para el Sistema Eólico-Fotovoltaico.

Para el dimensionamiento del sistema se considera 257.71KWH/mes carga actual.

4.1.2.1 Ubicación del aerogenerador.

Anteriormente se presentó las características del aerogenerador a utilizar en el análisis, se consideró el aerogenerador WINDSSPOT 3.5KW debido que la potencia del

lugar es baja, la dirección de vientos que predomina en el lugar es 133.8645°, por lo cual se establece la ubicación del aerogenerador como se muestra en la figura 71. (Neira G & Velencia Z, 2014)

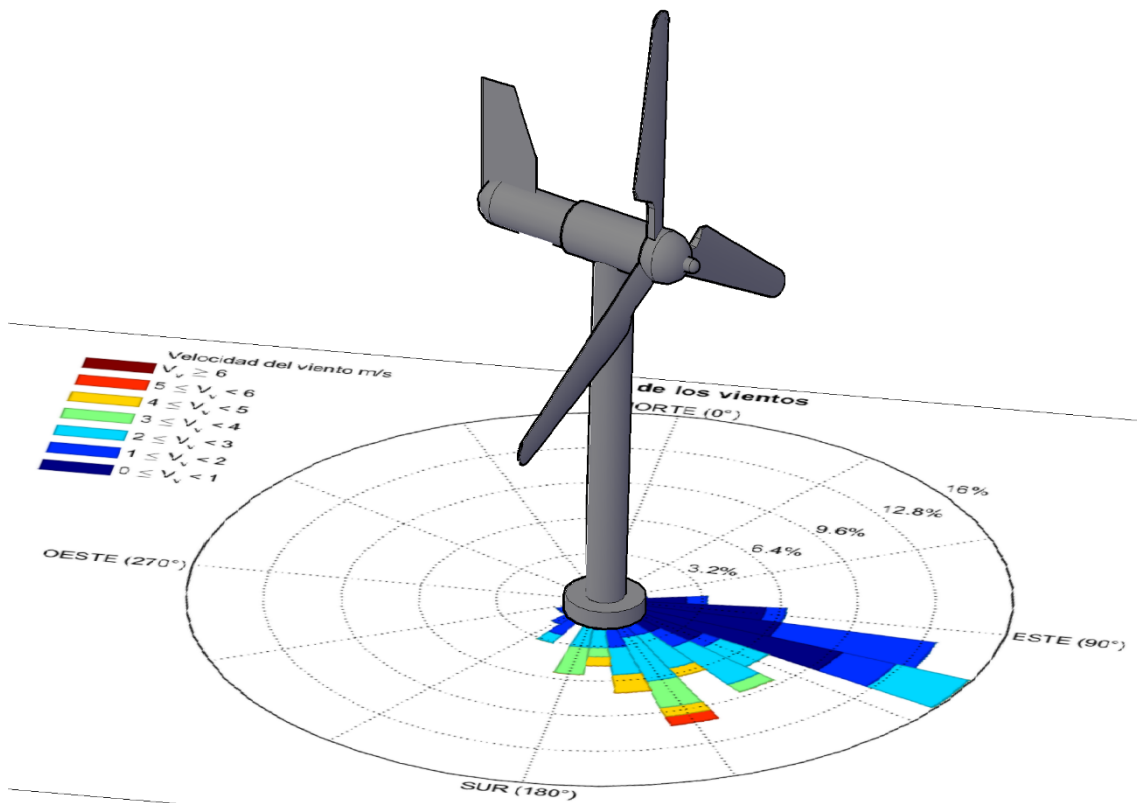


Figura 70. Ubicación del aerogenerador.
Fuente: Christian Castro Samaniego. Autor

4.1.2.2 Numero de módulos solares.

Un sistema real consiste en la cantidad de módulos fotovoltaicos conectado en serie y paralelo. La potencia total de salida para una matriz con células conectadas de la serie N_s y células conectadas en paralelo N_p con P_M el poder de cada módulo será:

$$P_{SFV} = N_{se} N_p P_M \quad (36)$$

- P_{SFV} : Potencia del sistema fotovoltaico
- N_{se} Módulos conectados en serie
- N_p Módulos conectados en paralelo
- P_M Potencia de cada modulo

De acuerdo a la carga actual el número de módulos solares A-260P GS, se determinó 15 módulos solares 5 en serie y 3 en paralelo logrando una potencia nominal de 3.899KW (Sanchez Miño, 2003).



Figura 71. Diagrama módulos solares A-260P GS, cinco conectados en serie y tres conectados en paralelo.

Fuente: Christian Castro Samaniego. Autor

Las siguientes graficas representan las curvas características del sistema fotovoltaico el cual está formado por 15 módulos solares.

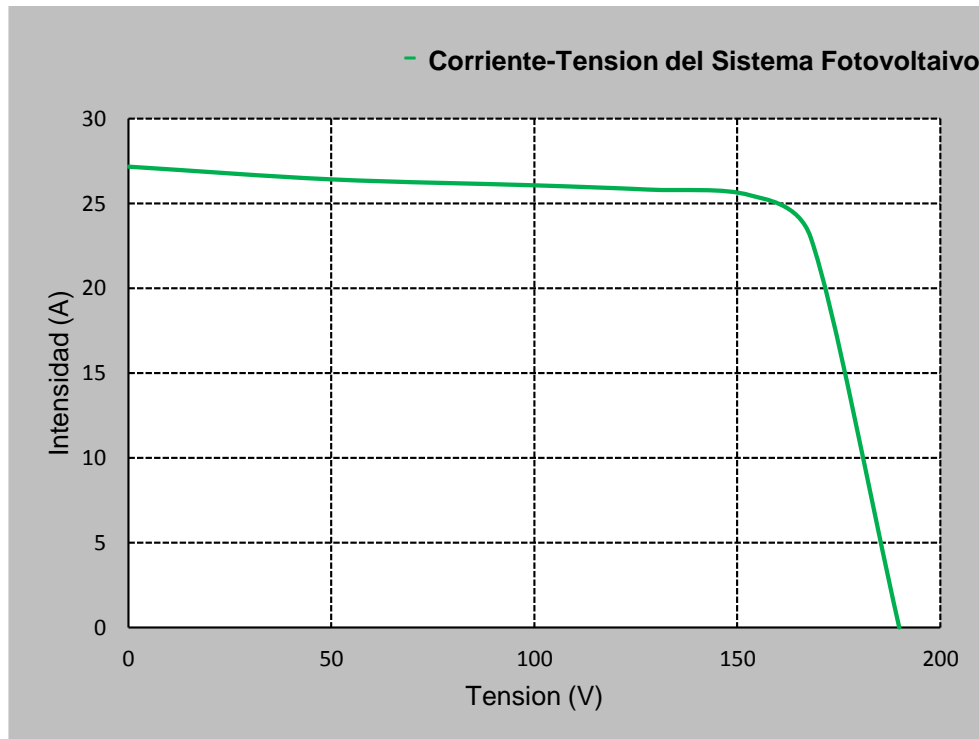


Figura 72. Curva Intensidad- Tensión del sistema Fotovoltaico.

Fuente: Christian Castro Samaniego. Autor

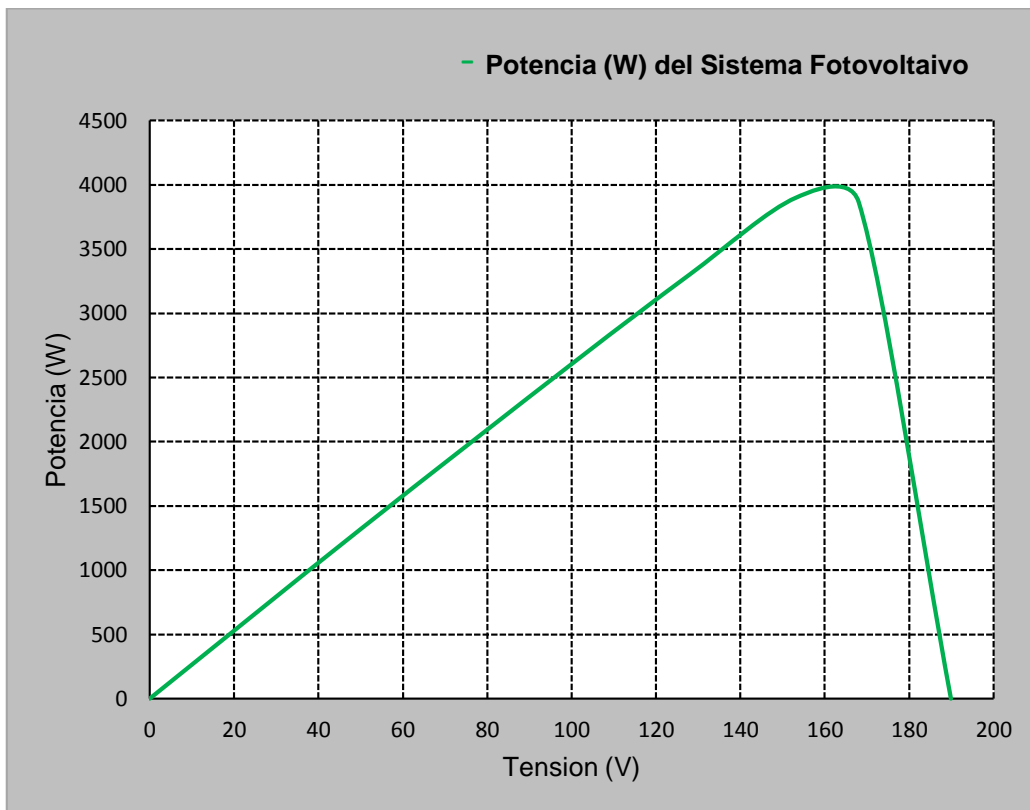


Figura 73. Curva Potencia-Tensión del sistema Fotovoltaico.
Fuente: Christian Castro Samaniego. Autor

4.1.2.3 Banco de baterías.

De acuerdo al cálculo se determina una batería de 300Ah, por lo cual se requiere de 10 baterías para la carga establecida.

La siguiente tabla muestra las características de la batería de gel 12 V 300Ah (HTL12-300) (Sanchez Miño, 2003).

Tabla 12. Características de la batería de gel 12 V 300Ah (HTL12-300).
Fuente: (Alibaba, 2015)

Batería de gel 12 V 300ah (HTL12-300)	
Voltaje nominal	12V
Capacidad nominal	300Ah
Resistencia interna	6m(ohm)
Máxima corriente de descarga	1880A
Auto-descarga por mes	3%

4.1.2.4 Controlador de carga.

Para el sistema se requiere un controlador de carga de 135.75A corriente nominal por valores comerciales se utiliza un controlador de capacidad de 140A (Sanchez Miño, 2003).

Tabla 13. Características del controlador de carga SNC-15110.

Fuente:(SNAT, 2015)

Controlador de carga SNC-15110	
Potencia nominal	15kW
Corriente de carga nominal	140A
Tensión DC	110V
Tensión nominal	153V

4.1.2.5 Inversor.

Para determinar la potencia del inversor es indispensable conocer el valor de la carga instalada en CA. (Sanchez Miño, 2003)

Tabla 14. Características del inversor del sistema híbrido FRONIUS-IG-PLUS-10.0-1UNI/600VDC-208VAC.

Fuente: (LLC, 2016)

FRONIUS-IG-PLUS-10.0-1UNI/600VDC-208VAC	
Potencia máxima DC	11.4KW
Voltaje máximo DC	600V
Rango voltaje	230-500V
Corriente de entrada máxima	46.7A
Potencia nominal AC	9995W
Potencia máxima AC	9995W
Voltaje nominal	208V
Rango de voltaje AC	183-229v
Eficiencia	95%

4.1.3 Dimensionamiento del sistema híbrido eólico-fotovoltaico para satisfacer la demanda de energía eléctrica del centro turístico la tranca.

4.1.3.1 Dimensionamiento del sistema híbrido eólico-fotovoltaico para satisfacer la demanda de energía eléctrica actual.

El sistema híbrido diseñado para cubrir una carga de 257.71KWh/mes.

Requiere:

Cantidad

- **Aerogenerador 3.5KW** **1**
- **Modulo solar (260W)** **15**
- Paneles por arreglo 15
- Módulos en serie 5
- Módulos en paralelo 3
- **Baterías (300Ah)** **10**
- **Controlador de carga (140A)** **1**
- **Inversor (1.4KW)** **1**

La energía obtenida por los 15 módulos solares y el aerogenerador se muestra en la siguiente tabla 15.

Tabla 15. Energía eléctrica generada por el sistema híbrido para cubrir la carga actual.
Fuente: Christian Castro Samaniego. Autor

ENERGIA ELECTRICA GENERADA POR EL SISTEMA HÍBRIDO, PARA LA CARGA ACTUAL			
Sistema eólico		58,07	KWh/mes 18,73%
sistema fotovoltaico		251,85	KWh/mes 81,29%
Sistema híbrido		309,92	KWh/mes
Energía requerida	257,71	KWh/mes	
Energía generada	309,92	KWh/mes	

De acuerdo con lo planteado se determinó una energía generada promedio de 309.92KWH/mes por el sistema híbrido eólico-fotovoltaico, es decir se generó 51.92KWH/mes más energía de lo que se requiere. (Neira G & Velencia Z, 2014)

4.1.3.2 Dimensionamiento del sistema híbrido eólico-fotovoltaico para satisfacer la demanda de energía eléctrica proyectada 2018.

El sistema híbrido diseñado para cubrir una carga de 480,90KWh/mes.

Requiere:

- | | Cantidad |
|------------------------------|-----------|
| - Aerogenerador 3.5KW | 1 |
| - Modulo solar (260W) | 25 |
| - Paneles por arreglo | 25 |
| - Módulos en serie | 5 |

- Módulos en paralelo 5
- **Baterías (300Ah) 12**
- **Controlador de carga (180A) 1**
- **Inversor (1.4KW) 1**

La energía obtenida por los 25 módulos solares y el aerogenerador se muestra en la siguiente Tabla 16.

Tabla 16. Energía eléctrica generada por el sistema híbrido para cubrir la carga proyectada para 2018.

Fuente: Christian Castro Samaniego. Autor

ENERGIA ELECTRICA GENERADA POR EL SISTEMA HÍBRIDO, PARA LA CARGA ACTUAL			
Sistema eólico		58,07	KWh/mes 12,15 %
sistema fotovoltaico		419,5	KWh/mes 87,84 %
Sistema híbrido		477,57	KWh/mes
Energía requerida	470,114	KWh/mes	
Energía generada	477,57	KWh/mes	

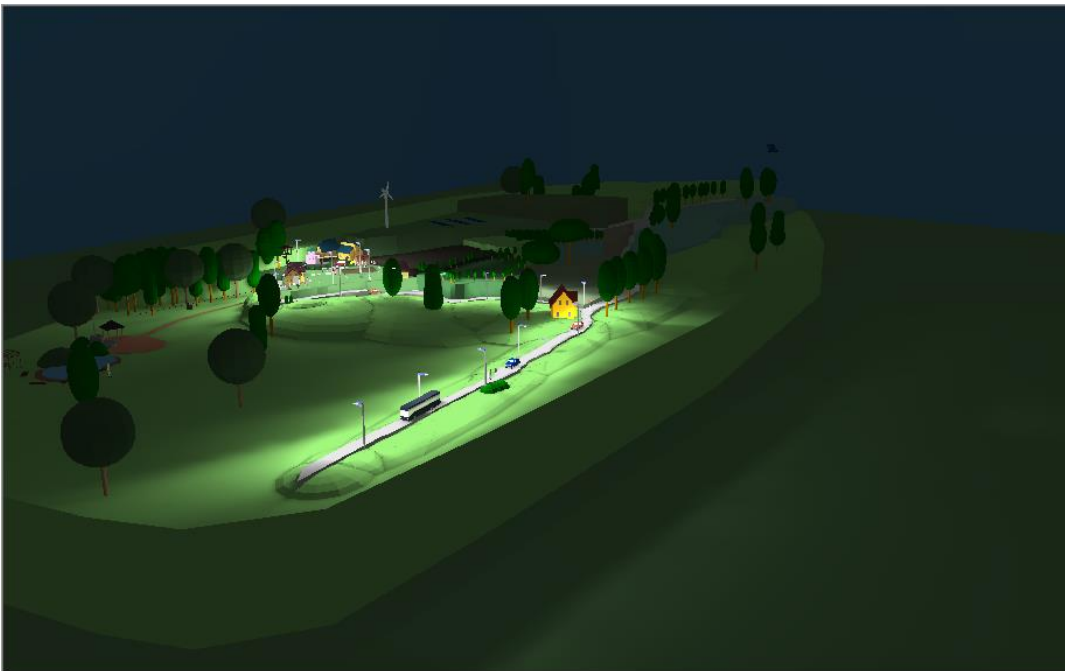
De acuerdo con lo planteado se conseguido una energía generada promedio de 470.114KWH/mes por el sistema híbrido eólico-fotovoltaico, es decir se generó 7.456KWH/mes más energía de lo que se requiere. (Neira G & Velencia Z, 2014)

4.1.4 Proyección grafica del sistema híbrido para el centro turístico la tranca.

Las siguientes imágenes muestran la proyección del aerogenerador y los módulos solares en el centro turístico, el lugar instalación del sistema para potenciar su eficiencia debe ser plano, la casa de máquinas debe ser construida en la parte baja de la colina para evitar que esta provoque sombras y altere la velocidad del viento.



a)



b)

Figura 74. Representación gráfica del sistema híbrido en el centro turístico La Tranca DIALux 4.12. a) Representación gráfica por el día, b) representación gráfica por la noche.

Fuente: Christian Castro Samaniego. Autor

4.2 ANÁLISIS COMPARATIVO DEL SISTEMA HÍBRIDO.

4.2.1 Comparación de curvas teóricas y experimentales.

En capítulos anteriores se presentó el modelo matemático del módulo solar MODELO A-260P GS, las gráficas se determinó con valores reales recopilados en el sitio esta gráficas se le denominó curva experimental. La curva teórica hace referencia a la curva de los datos característicos del módulo solar.

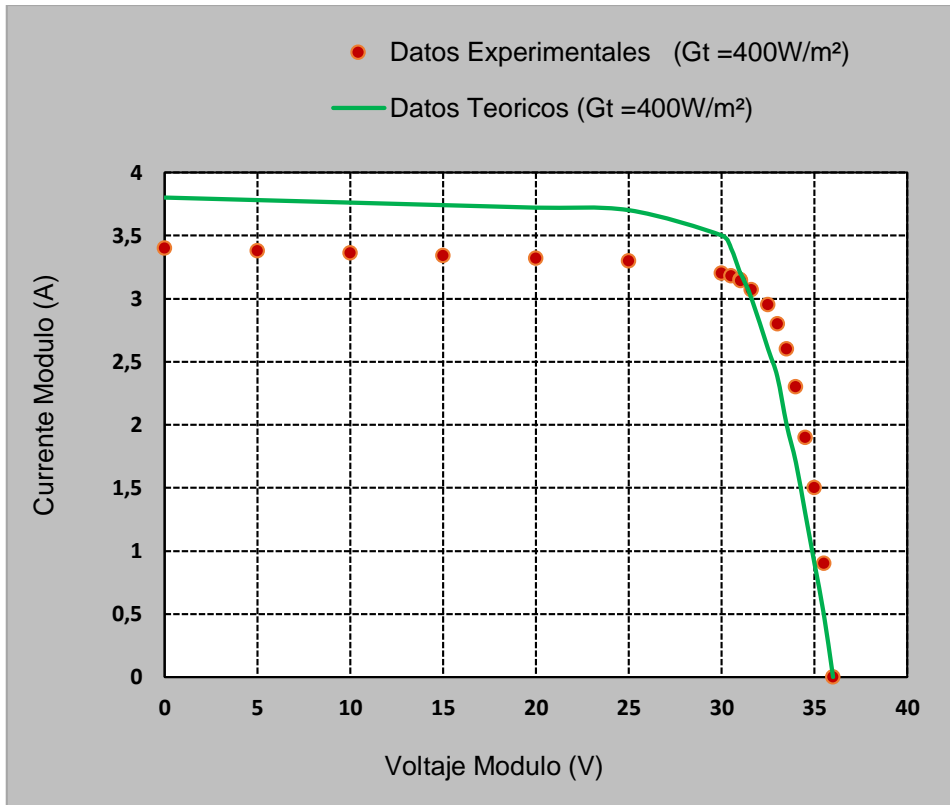


Figura 75. Comparación de graficas teóricas vs graficas experimental (Intensidad-Tensión) del módulo solar.

Fuente: Christian Castro Samaniego. Autor

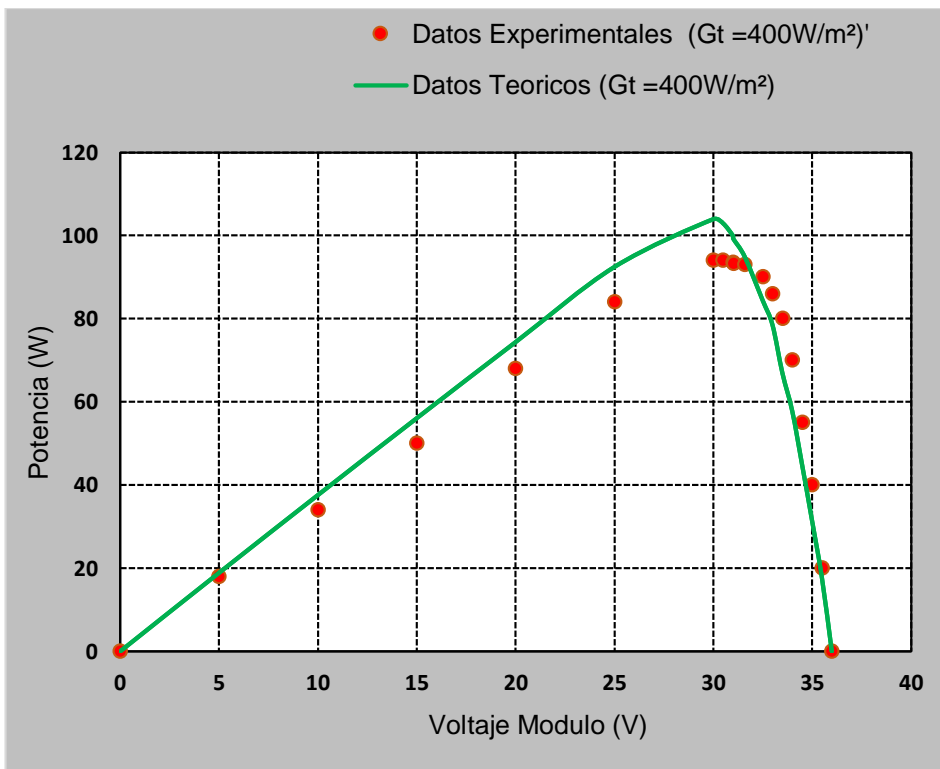


Figura 76. Comparación de graficas teóricas vs graficas experimental (Potencia-Tensión) del módulo solar.

Fuente: Christian Castro Samaniego. Autor

La grafica comparativa del para el sistema eólico se lo realizo con datos del aerogenerador WINDSSPOT 3.5KW especificado anteriormente, la siguiente grafica muestra la curva Potencia del Viento vs Velocidad del viento con datos teóricos y experimentales.

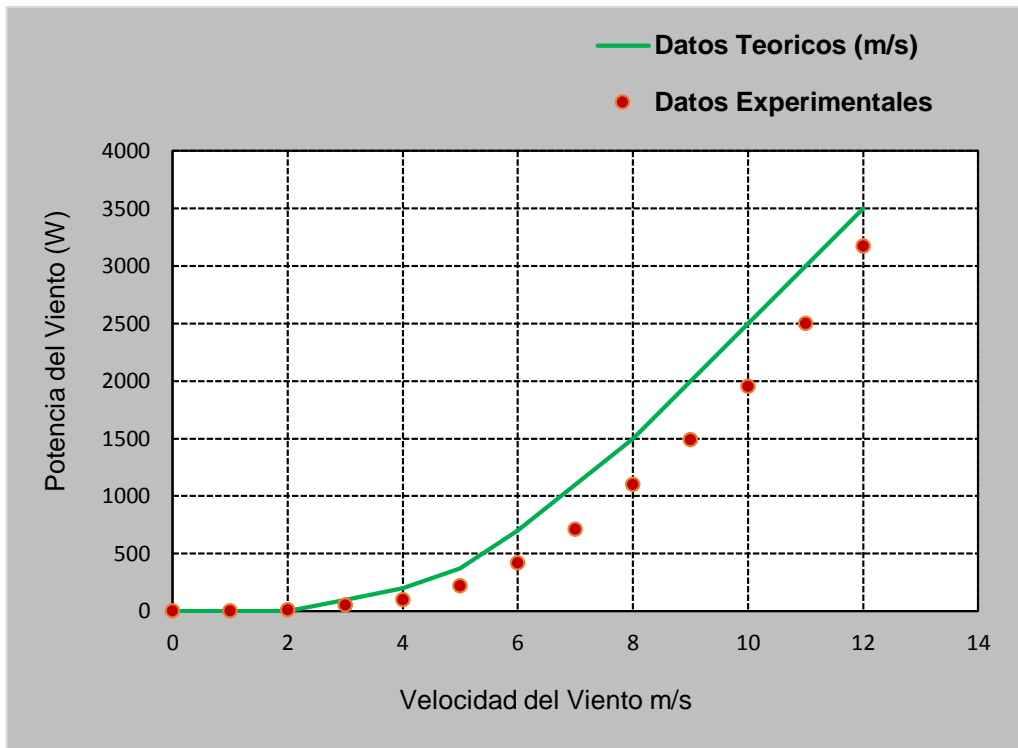


Figura 77. Comparación de graficas teóricas vs graficas experimental (Potencia del Viento vs Velocidad del Viento) del sistema eólico.

Fuente: Christian Castro Samaniego. Autor

4.2.2 Análisis económico del sistema de generación híbrido eólico-fotovoltaico.

Para conocer el costo del sistema híbrido eólico-fotovoltaico en el Centro Turístico La Tranca se considera los diversos costos como inversión inicial en equipos del sistema, obra civil, personal, energía eléctrica, investigación y mantenimiento de dicho sistema.

El análisis de costos del sistema híbrido se realiza con precios de los equipos necesarios correspondiente al mercado ecuatoriano, la tabla 17 muestra el valor económico de los elementos y demás gastos operacionales y administrativos para conocer el valor inicial del sistema.


Tabla 17. Costo de inversión del sistema híbrido eólico-fotovoltaico.
Fuente: Christian Castro Samaniego. Autor

ANÁLISIS ECONÓMICO DEL SISTEMA DE GENERACIÓN HÍBRIDO EÓLICO-FOTOVOLTAICO			
Especificación	Cantidad	Costo por Unidad (USD)	Total (USD)
MAQUINAS			
Aerogenerador 3.5KW	1	14000,00	14000,00
Modulo solar 260W	15	206,00	3090,00
Controlador de carga	1	1500,00	1500,00
Batería	10	240,00	2400,00
Inversor	1	3100,00	3100,00
TOTAL	28	19046,00	24090,00
OTROS			
Obra civil	1	4000,00	4000,00
Instalación eléctrica	1	2500,00	2500,00
Investigación	1	1000,00	1000,00
TOTAL	3	7500,00	7500,00
COSRO TOTAL	31	26546,00	31590,00

En la tabla 17 se presentó el costo de inversión en el sistema híbrido, en máquinas se invertirá una cantidad de 24090 USD dólares, en gastos administrativos y operacionales de 7500USD. Lo cual implica una cantidad de inversión total del sistema es 31590USD. (Neira G & Velencia Z, 2014)

4.2.3 Especificación económica de la demanda eléctrica mensual (Centro Turístico La Tranca).

Los datos de consumo de energía eléctrica del Centro Turístico La Tranca se obtuvieron de la página de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur.



Consulta de Planillas

Consulta por Contrato: 200003994379

CONSULTAR DATOS

Sel	PDF	Rev	Nombres Completos	Dirección	Cuenta Contrato	Código Cliente	Total Deuda	Nro Pen
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	NILO ARIOLFO CASTRO	CAS: DELEGSOL	200003994379	0504484739	15,96	1

Figura 78. Consultar panilla, Empresa Regional Centro Sur.

Fuente: (CENTROSUR, 2017)

Los datos de planilla se presentan en la siguiente tabla 18.

Tabla 18. Facturación y demanda eléctrica de centro turístico La Tranca.
Fuente: (CENTROSUR, 2017)

CONSUMO Y COSTO DE ENERGIA ELECTRICA (LA TRANCA)				
MES	POTENCIA ACTIVA	POTENCIA REACTIVA	COSTO DE ENERGIA ACTIVA (USD)	COSTO DE ENERGIA ACTIVA + RUBROS (USD)
	<i>KWH</i>	<i>KVR</i>	<i>\$</i>	<i>TOTAL SE Y AP</i>
Enero	162	56	14,9	18,75
Febrero	154	51	14,17	17,97
Marzo	118	45	10,86	14,11
Abril	104	30	9,57	12,67
Mayo	101	29	9,29	12,31
Junio	104	32	9,57	12,63
Julio	123	49	11,32	14,66
Agosto	101	28	9,29	12,33

La figura 80 muestra la energía eléctrica consumida en KWH durante un mes, en el Centro Turístico La Tranca.

El consumo promedio del centro turístico La Tranca considerando las estadísticas consultado en la página web de le Empresa Regional Centro Sur es de 120kWH al mes.

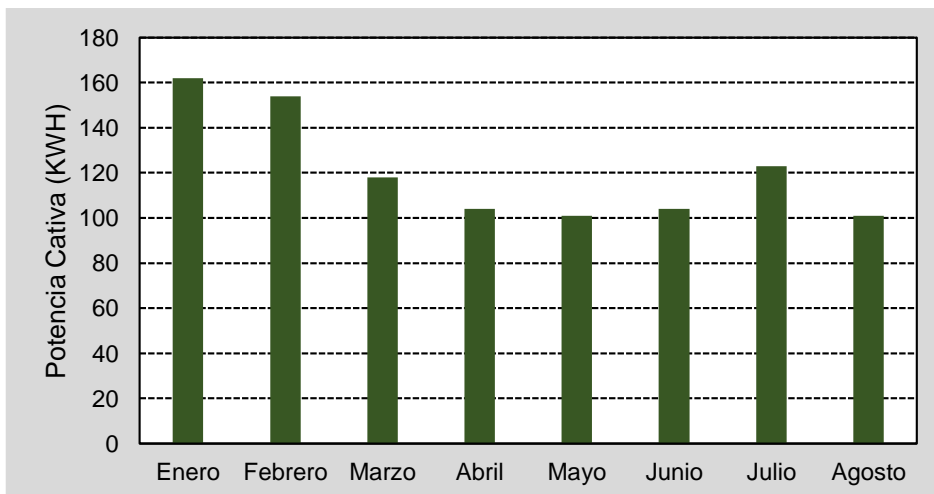


Figura 79. Demanda eléctrica (KWH) mensual del centro Turístico La Tranca.
Fuente: (CENTROSUR, 2017)

El valor económico por KWH consumido en USD es el eje (Y) de la figura 81 representa los dólares por KWH consumido por el Centro Turístico, de acuerdo al consumo registrado en el mes.

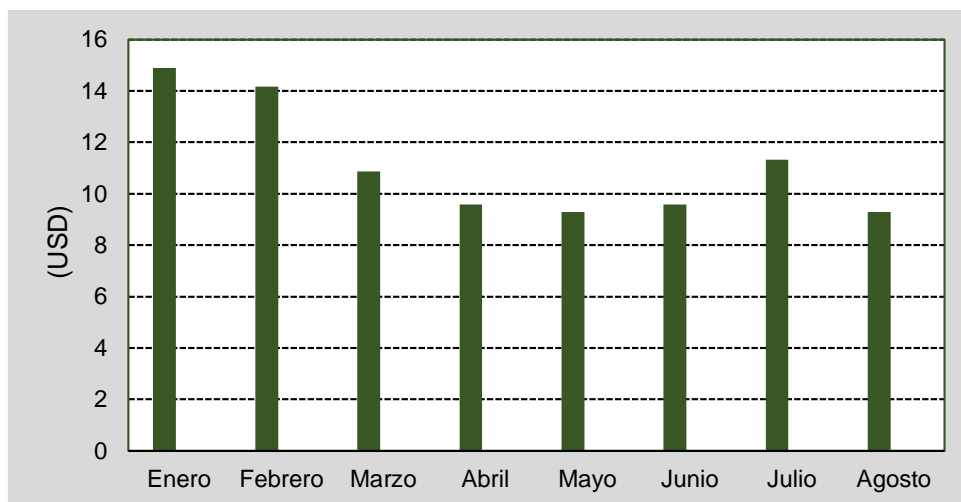


Figura 80. Facturación de energía eléctrica centro turístico La Tranca.
Fuente: (CENTROSUR, 2017)

La figura 82 presenta el costo total del Servicio Eléctrico y Alumbrado Público del Centro Turístico La Tranca.

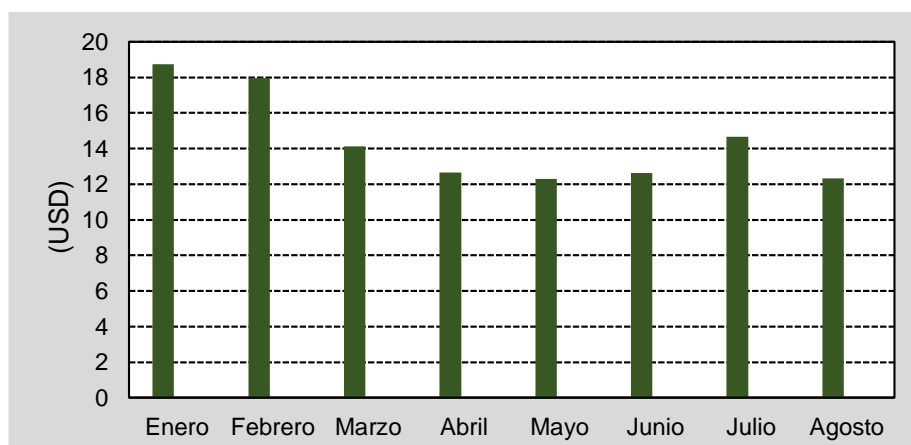


Figura 81. Facturación total del servicio eléctrico y alumbrado público del centro Turístico La Tranca.
Fuente: (CENTROSUR, 2017)

4.2.4 Efecto turístico en el CTLT, cuya fuente de energía eléctrica es un sistema híbrido eólico-fotovoltaico.

Un sistema de energía cuya fuente es renovable y favorable con el medio ambiente en este caso la radiación solar y la velocidad del viento, está relacionada con energía del presente y energía del futuro en el país. Una fuente de energía renovable en un centro turístico presentara el interés de personas que se relacionan con la materia, es

decir visitas al centro turístico con fines académicos, lo que representa un valor agregado al mismo.

En la actualidad el número de visitantes promedio por mes es 140, lo que representa aproximadamente 500.00USD de rentabilidad. Entonces considerando el costo de inversión aproximado de 31600.00USD del sistema híbrido eólico-fotovoltaico para una demanda eléctrica requerida por mes de 257KWh, el tiempo estimado para restituir la invertido es de aproximadamente 6 años.

La rentabilidad con el valor agregado antes mencionado incrementara considerando que el número de visitantes será mayor.

4.2.5 Análisis costo beneficio del sistema híbrido eólico-fotovoltaico de demanda eléctrica mensual del Centro Turístico La Tranca.

Para determinar la factibilidad económica del sistema híbrido es necesario conocer la demanda eléctrica por mes del centro turístico la cual se presenta en la tabla 18. Anteriormente en la tabla 17 se presenta el costo de inversión del sistema híbrido el cual es elevado considerando la demanda eléctrica requerida, por lo cual se relaciona con la garantía de las máquinas de acuerdo al distribuidor es de 5 años. El sistema a lo largo plazo va a requerir de mantenimiento y repuestos lo cual implica un gasto mayor. Considerando todos los aspectos el sistema híbrido eólico-fotovoltaico es excesivamente costoso para demanda eléctrica requerida.

CONCLUSIONES

La recopilación de datos climáticos se obtuvo mediante la estación meteorológica profesional con transmisor solar WH2310, los datos se registraron durante cinco meses.

Como se recalco en el contenido de tesis, el potencial eólico y solar está dentro de los factores fundamentales para determinar la factibilidad del sistema híbrido, considerando el potencial eólico de acuerdo con los datos registrados por la estación, la velocidad del viento promedio mensual es 1.90m/s a una altura de 2.50m del suelo, la velocidad máxima y mínima registrada fue 16.2m/s y 0m/s respectivamente, la dirección del viento predominante es 138°SE, Un aerogenerador puede generar energía a partir de una cierta velocidad del viento, dependerá de las características de funcionamiento del aerogenerador. Las horas donde se presenta una velocidad de viento mayor es 10:00 am hasta 20:00 pm, horas donde el sistema eólico presentara mejor eficiencia.

Considerando el potencial solar los datos registrados de radiación solar promedio mensual es 143,83 W/m², la radiación máxima registrada fue de 1433.23 W/m² y una radiación solar mínima de 0 W/m², el valor de radiación mínima se presenta durante horas de la noche. Las horas donde se presenta una radiación solar mayor es 10:00 am hasta 15:00 pm. La temperatura tiene una relación con la potencia de salida, mientras más cerca este la temperatura a los 25°C mayor será la potencia nominal de salida, la temperatura promedio registrada es de 12,14°C.

El centro turístico La Tranca se caracteriza por su hermosa vista de paisajes naturales y servicios que atraen a los visitantes, por lo que es importante mitigar el consumo de energía convencional no renovable y sustituirla por energía renovable que contribuye con la conservación del medio ambiente.

El dimensionamiento de los equipos del sistema está en función de la demanda eléctrica y condiciones de las fuentes renovables, dicho sistema pretende aprovechar al máximo la radiación solar y viento existente en el sitio, el sistema está sobredimensionado en un 20% para la demanda eléctrica requerida para garantizar su eficiencia, el sistema eólico cubre el 18.73% mientras que el sistema fotovoltaico el 81.29% de la energía requerida.

De acuerdo al análisis los valores de velocidad del viento es baja para garantizar la eficiencia de un sistema eólico, de igual forma el valor económico del aerogenerador es

elevado, Entonces en este estudio se determinó que el sistema más eficiente es el sistema solar fotovoltaico, por la radiación solar registrada, costo económico de los módulos solares es alto pero más rentable en comparación al aerogenerador en el sistema eólico, mediante conexiones en paralelo, en serie o conexión mixta los módulos solares forman un sistema con una potencia nominal que se requiera, lo que significa que la potencia nominal del sistema varía de acuerdo al número de módulos conectados.

El análisis comparativo de este sistema se realizó para el sector económico, sector turístico y sector técnico del sistema híbrido mediante representadas en curvas. En conclusión el sistema híbrido puede definirse también como un valor agregado en el ámbito turístico, lo que podría incrementar el número de visitantes, pero en el sector técnico los valores de velocidad del viento y radiación solar no son suficientemente viables, lo que implica un incremento de aerogeneradores o módulos solares para cubrir la demanda requerida, entonces el costo de inversión en equipos será mayor.

Para finalizar es muy importante reemplazar la energía eléctrica convencional por energía de fuente renovable. Pero es relevante el análisis de costo beneficio del sistema híbrido, en nuestro caso el costo de inversión es elevado para la poca energía eléctrica que llegaría a generar nuestro sistema híbrido. Entonces el sistema híbrido eólico-fotovoltaico no es factible para la demanda eléctrica del Centro Turístico La Tranca considerando que representara un beneficio para el mismo.

RECOMENDACIONES

Los sistemas de generación de energía eléctrica por medio de un sistema híbrido eólico-fotovoltaico son sistemas de generación amigables con el medio ambiente, por lo que se recomienda socializar con el gobierno ecuatoriano sobre las ventajas y características importantes que presentan estos sistemas de generación. Para obtener un aporte investigativo y económico por parte del mismo. De esta forma considerar la implementación de este tipo de sistemas de generación para áreas de tamaño más grandes como barrios y parroquias rurales que se encuentren en zonas rurales, cercanas a zonas verdes protegidas por razones ecológicas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ministerio de Cultura y Patrimonio. (2014). *Proyecto Emblemático de Ciudades Patrimoniales del Ecuador*. Ministerio de Cultura y Patrimonio, Quito-Ecuador.
- Alibaba. (1 de Agosto de 2015). (CSPOWERFactory) Recuperado el 6 de Agosto de 2017, de <https://spanish.alibaba.com/product-detail/12v-300ah-rechargeable-gel-battery-with-3-guarantee-letter-60679273157.html?spm=a2700.8699010.29.10.1b30457duWdjZe&s=p>
- Alonso Abella, M. (2011). *Sistemas Fotovoltaicos*. Centro de Investigacion Energetica, Mediambientales y Tecnologicas, MADRID.
- Alvarez, W. F., & Martinez, L. A. (2013). *Aplicacion de la Ecuacion de Weibull*. Universidad Santo Tomas, Talca.
- ARCONEL . (2016). *Estadística Anual y Mutianual del Sector Electrico Ecuatoriano 2016*. Agencia de Regulacion y Control de Electricidad, Quito.
- Baillarie R, P. (2007). *Diseño de Aerogeneradores con Imanes*. Universidad de Chile.
- Binayak, B., Shiva, R., Kyung'Tae, L., & Sung-Hoon, A. (2014). Mathematical Modeling of Hybrid Renewable Energy System: A Review on Small Hydro-Solar-Wind Power Generation. *international journal of precision engineering and manufacturing-green technology*, 1(2), págs. 157-173.
- Cata, S. J., & Rodriguez , S. F. (2015). *Analisis Matematico de un Panel Solar Fotovoltaivo Silicio*. Universidad Politecnica Saieciana Sede Guayaquil, Guayaquil-Ecuador.
- CENTROSUR. (Agosto de 2017). <http://www.centrosur.gob.ec>. (Empresa Electrica Regional Centrp Sur.) Recuperado el Agosto de 2017, de <http://www.centrosur.gob.ec/?q=consulta-planillas>
- Cochancela, J., & Astudillo, P. (2014). Universidad de Cuenca, Cuenca.
- Departamento de Energía E.E.U.U. (2011). *Sistemas eólicos pequeños para generación de electricidad*. Departamento de Energía,, Estados Unidos.
- Diego C. (26 de Febrero de 2011). *diegoc89*. Obtenido de WORDPRESS.COM: <https://diegoc89.wordpress.com/>
- Enriquez Harper, G. (2014). *El ABC de las Energias Renovables en los Sisemas Electricos*. Mexico: LIMUSA.
- Ernandez J, Escobar I, & Castilla N. (s.f.). *La Radiacion en Invernaderos Mediterraneo*. Universidad Almeria, Granada.
- Google. (20 de Abril de 2017). *Google Earth*. Obtenido de Google Earth: <https://earth.google.com/web/@0,0,-24018.82718741a,36750128.22569847d,35y,0h,0t,0r>
- IES. (2010). *Energías renovables: Eólica*. IES. "Cristóbal de Monroy", Dpto. de Tecnología.
- Junta, d., & Leon. (2011). *Principales Componentes de un Aerogenerador*. EREN.

- Leal, B. M., Duran, A. A., Dominguez, M. A., Barrio, A., & Leon, R. A. (2012). *Diseño de Aerogeneradores*.
- LLC, F. U. (2016). *www3.fronius.com*. (Fronius USA llc) Recuperado el Agosto de 2017, de https://www3.fronius.com/cps/rde/xchg/SID-18F4B437-7701B990/fronius_usa/hs.xsl/2714_10617.htm#.WevDxGjWzIV
- M.E.E.R. (2013). Presentacion del Atlas Eolico del Ecuador. *Quito - Ecuador*. Subsecretaria de Energia Renovable y Eficiencia Energetica.
- Maggi Silva, S. A. (2013). *Modelamiento Termico de un Panel Fotovoltaico con Disipador de Calor Operando en el Norte de Chile*. Universidad de Chile Facultad de Ciencias Fisicas y Matematicas Departamento de Ingenieria Mecanica, Santiago de Chile.
- Mattio, H. F., & Tilca, F. (2009). *Recomendaciones Para Mediciones de Velocidad y Direccion del Viento con Fines de Generacion Electrica, Medicion de Potencia Electrica Generada por Aerogeneradores*. C.R.E.E. Argentina.
- mi.sol. (2015). *amazon.com*. (amazon) Recuperado el 2 de Febrero de 2017, de <https://www.amazon.com/Excelvan-Professional-Wireless-Internet-Temperature/dp/B01E36FXJ4>
- Neira G, R. H., & Velencia Z, M. V. (2014). *Estudio de la Factibilidad de Generacion Electrica Mediante Energia Eolica y Energia Solar Fotovoltaica Para El Sector La Garazhi de la Parroquia Quingeo Perteneciente a la Ciudad de Cuenca*. Universidad Politecnica Salesiana Sede Cuenca, CUENCA.
- Offset Electronics . (7 de Agosto de 2016). <http://www.foshk.com>. (Fine Offset) Recuperado el 1 de Enero de 2017, de http://www.foshk.com/weather_professional/wh2310.html
- Pintos Vergara , W. B. (2015). *Analisis y Parametrizacion de un Aerogenerador Micro-Eolico Aislado Para la Universidad Politecnica Salesiana Sede Cuenca*. Universidad Politecnica Salesiana Sede Cuenca, CUENCA.
- Prieto Moreno, R. (7 de Agosto de 2012). *DIRCOM*. Recuperado el 27 de Abril de 2017, de <http://energias-renovables-y-limpias.blogspot.com/2012/08/como-generar-energia-electrica-con-energia-eolica.html>
- Retallack B , J. (1973). *Compendio de apuntes para la formación del personal*. Organización Meteorológica Mundial OMM, Ginebra, Suiza.
- Ruiz R, J. J., Peña A, J. G., & Fernandez R, A. E. (2013). *Reinstalacion del Gnerador Eolico Y Evaluacion Tecnica del Sistema híbrido para Produccion de Energia Electrica en el Laboratorio de Fuentes Renovables de Energia-ESPOL*. Facultad de Ingenieria en Mecanica y Ciencias de la Produccion, Guayaquil.
- Rural, G. A. (14 de Abril de 2011). *Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural*. Obtenido de Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural: <http://delegsol.gob.ec/azuay/?p=98>
- Sami, S, & Icaza. (2015). Modeling and Simulation of Hybrid Solar Photovoltaic, Wind turbine and HydraulicPower System. *International Journal of Engineering Science and Technology*, 7(9), pág. 304.

- Sami, S., & Icaza. (2015). Numerical Modeling, Simulation and Validation of Hybrid Solar Photovoltaic, Wind Turbine and Fuel Cell Power System. *Journal of Technology Innovations in Renewable Energy* 4(3), págs. 96-112.
- Sanchez Miño, S. J. (2003). *Energías Renovables: Conceptos y Aplicación*. Quito-Ecuador: Irma Larrea Oña.
- SENPLADES. (2014). *Ficha de Cifras Generales Canton Chordeleg*. Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo, Chordeleg.
- SL, A. (20 de Febrero de 2017). *Catalogo Modulo Solar A-xxxP GS*. Recuperado el 25 de Mayo de 2017
- SNAT. (25 de Noviembre de 2015). *Made-in-China.com*. (SNAT) Recuperado el 16 de Agosto de 2017, de http://es.made-in-china.com/category1_Electrical-Electronics/Electrical-Electronics_uhsssssss.html
- SYSTEMS, I. (14 de Abril de 2011). *Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural*. Obtenido de Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural: <http://delegsol.gob.ec/azuay/?p=98>
- Vera Garcia, A. (2010). *Resumen Proyecto Caja Multiplicadora de un Aerogenerador Marino*.
- Windspot. (2016). *Ficha Tecnica WINDSPOT3.5KW*. Sonkyo Energy.

ANEXOS

Anexo 1

VALORES DE TEMPERATURA REGISTRADOS EN LOS MESES DE ABRIL, MAYO, JUNIO Y JULIO

TEMPERATURA EXTERNA(°C) MES DE ABRIL																															
DIAS HORA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	PROMEDIO
0	9,1	9,4	8,6	10,6	9,9	11,3	10,3	10	10,6	10,4	11	11,4	10,2	10,2	10,3	9,9	8,8	10,2	9,3	9,9	9,8	9,3	11	10	11,1	11,2	10,4	11,3	8,8	10,4	10,2
1	9,1	9,2	8,7	10,5	10,2	10,4	10,2	9,9	10,5	10,2	11,1	11	11	10	9,8	9,4	9,3	10,2	9,2	9,5	10,2	8,4	10,3	10	11	11,1	10,4	10,8	8,8	10,2	10
2	8,7	8,3	8,8	10,4	9,3	10,2	10,2	9,2	11	10,2	11	10,7	10,3	9,8	9,9	9,3	9,7	10,2	8,6	9,7	10,2	8,4	10,4	9,7	10,6	11	10	10,9	9,2	10,2	9,87
3	8,7	8,8	8,8	10	8,8	10,3	10,2	9,6	10,6	9,7	10,9	10,5	10	9,8	10	9,2	8,8	10	8,8	9,9	10,2	8,3	10,4	9,4	10,3	11,1	9,9	10,6	9,2	10	9,76
4	8,6	9,2	9,1	10,2	8,8	10,1	10,2	9,6	10,4	9,3	10,5	10,3	9,8	9,8	9,7	9,3	9,7	9,9	9,3	9,7	10	8,3	10,4	9,6	11	10,8	9,8	10,5	9,3	9,7	9,76
5	8,6	6,9	8,4	10	8,8	9,8	10	9,6	10,6	8,7	10,4	10,3	9,7	9,6	9,8	9,5	8,8	10	8,8	9,4	10,4	7,9	10,6	10,4	9,6	10,6	10	10,4	9,3	9,7	9,55
6	8,4	6,8	8,7	9,9	9,2	10,2	10,2	9,8	10,6	9,6	10,2	10,4	10	9,6	9,6	9,5	9,2	9,8	9,2	9,9	10,2	7,6	10,6	9,3	9,7	10,5	9,9	10,4	9,3	9,7	9,6
7	8,6	8,3	10,5	11,1	10,4	10,6	11,5	10,9	11,1	11	11,8	10,6	10,2	10,2	10,2	10,6	10,4	11,4	10,9	10,6	10,6	7,7	11,6	11,4	17,4	11,1	13,7	10,9	10,4	10,4	10,9
8	10,1	10,7	14,2	11,3	10,5	11,2	11,4	12,4	14,5	12,3	13,3	11	10,6	11,4	11,3	11	11,3	12,9	12,2	11,6	12,4	9,2	11,4	12,3	13,4	11,6	14,1	12,4	12,7	11,2	11,9
9	11,1	9,6	15,7	14,7	11,9	11,2	13,2	12,6	13,7	15,5	15	14,3	11,1	15,1	12	13,2	12,5	13	13,3	14,1	14,7	11	14	14,2	14	13,4	18,1	12,3	12,4	12,4	13,3
10	12	11,1	16,2	14,7	12	11,5	13,5	14,9	15,1	15,1	15,3	14,5	12,9	15,5	12,7	16,1	13	14,7	14,2	16,2	16,1	15,1	14,2	14,3	16,7	15,5	14,8	14,2	14,7	14,1	14,4
11	14,2	13,4	10,5	14,3	14,5	13,2	14,8	17	15,9	16,1	16,1	15,4	13,4	14,6	13,2	14,6	14,5	15,7	14,7	16,1	17,8	16,2	17,7	16,7	16,1	16,1	18,1	14,3	15,2	14,1	15,2
12	15,6	14,5	14,2	15,3	14	12,5	16,6	18,5	16,8	19	16,1	19,7	13,8	16,7	15,3	15,6	14,4	16,1	16,2	17,6	18,6	18	16,7	16,2	18,7	17,6	16,2	13,6	14,9	14,4	16,1
13	15,3	13,8	15,7	13,5	15,3	13,7	16,9	17	16,8	16,7	18,6	17,1	17,1	14,9	14,5	15,8	16	18,7	13,7	17,1	18,9	16,9	16,7	16,7	20,2	17	16,9	13,3	14,2	14,7	16,1
14	14,7	14,6	16,2	14,6	14,6	12,7	15,4	18	15,9	16,2	17,2	17	15,8	17,6	15,2	16,8	15	15,9	13,7	16,2	19,1	17,5	18,1	17,1	19,2	18,3	17	13,2	16,2	13,4	16,1
15	15	14,2	16,2	14,7	15,1	13,4	14,6	14,9	12,3	15,1	15,6	16,2	13,8	14,4	14,9	12,7	16,1	15	18	16	10,7	17,1	16,1	19,6	15,4	16,2	15,9	13	16	14,7	15,1
16	14,6	13,9	16,2	19,4	15,6	14,3	17,5	16,7	12,4	15	17,4	16,2	13,7	15	14,3	12,1	16,2	13,9	14,8	14,9	10,8	15,3	15,1	21,3	15,3	14,9	15,5	11,1	14,1	13,3	15
17	13,6	13,8	15	18,9	13,9	14,3	15,9	15,9	11,9	13,5	15,1	13,6	12,1	14,3	14,9	12,7	17,6	14	15,5	12,9	10	15,3	14,3	18,8	14,4	14	14,5	12,1	13,4	10,9	14,2
18	12,5	12,3	14	13,5	13	12,6	13	12,9	11,5	12,7	13,8	12,7	11,1	12,5	11,6	11,6	12,7	12,3	12,7	12	11	13,5	13,7	14	13	12,6	12,4	11,2	11,9	10,4	12,5
19	11,4	11,9	12,6	12,5	12,7	11,4	12,4	12,7	11,3	11,9	13	12,7	10,8	11,8	11,4	10,6	12,4	11,6	11,5	10,8	10,7	13,3	12,7	13	13	12	11,8	11,3	11,6	10,3	11,9
20	10,6	10,7	11,5	12,3	13	10,6	12,3	12,2	10,8	11,6	12,3	12	10,5	12	11,5	10,3	11,6	11,6	11,2	10,5	10,2	12	12	12,5	12,3	11,4	11,3	11,2	10,9	10,3	11,4
21	11,3	10,9	11,1	10,8	12,8	10,8	11,6	11,9	10,8	11,6	12,1	11,4	10,1	11,3	11,4	9,6	12,3	11,1	10,4	10,6	10,8	11,5	11,6	11,9	12,1	11,2	11,6	11,1	10,8	10	11,2
22	11,2	10,2	12	10,9	12,1	11,2	11,3	11,2	10,7	11,3	12,4	10,8	11	11,3	10,8	9,6	11	10,6	10,3	9,9	10,9	11,1	10,8	11,2	11,9	12	12	10,4	10,5	9,9	11
23	10,3	9,7	12	11	11,4	10,4	10,6	11,1	10,4	11,5	11,4	11,1	10,2	10,8	10,2	8,9	10,6	10	10,2	10,4	9,7	11,1	10,8	11,2	--	10,8	11,9	10,9	10,5	9,7	10,6
PROMEDIO	11,4	10,9	12,3	12,7	12	11,6	12,7	12,9	12,3	12,7	13,4	13	11,6	12,4	11,9	11,6	12,2	12,5	11,9	12,3	12,3	12,1	13	13,4	13,8	13	13,2	11,7	11,8	11,4	

TEMPERATURA EXTERNA(°C) MES DE MAYO																																
DIAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	PROMEDIO
HORA																																
0	9,8	9,6	9,8	10,5	9,6	10,2	10,3	10,5	10,3	11	10,6	10,7	11	11,4	10,4	9,5	10,8	10,2	10,9	10,7	10,6	11	10,1	10,5	11,5	10,4	9,9	10,5	8,6	8,8	9,5	10
1	9,6	9,7	--,-	10	9,7	10,2	10,3	10,5	10,4	11	10,5	10,8	10,8	11,4	--,-	8,9	10,9	9,8	10,6	10,5	10,6	10,7	9,9	10,4	11,7	10,3	9,1	9,3	8,6	8,7	9,1	10
2	9,6	9,3	9,7	9,6	9,1	--,-	10,3	10,4	10,2	11,1	10,4	10,5	10,8	11,4	9,8	9,3	11,1	9,2	10,3	10,7	9,8	10,4	9,2	10	10,7	10,3	11,2	9,9	7,6	8,7	9,2	10
3	9,2	9,3	9,5	9,4	8,1	10	10,2	10	9,7	10	10,2	10,4	10,6	10,9	9,9	8,9	10,8	8,4	11,1	10,5	9,6	10,3	8,6	9,8	10,2	--,-	10,9	8,1	7,8	9,1	8,6	9,7
4	9,3	9,3	9,5	9,7	8,6	10	10,2	10	10	9,7	10,2	10,3	10,6	10,7	9,6	8,9	10,7	--,-	10	10,2	9	10,2	--,-	9,7	10,2	10,2	10	8,4	7,9	9,5	9,1	9,7
5	9,5	9,1	9,2	9,5	8,6	10	10,2	10,4	10,2	9,9	9,8	--,-	10,5	10,5	9,8	8,8	10,7	7,9	9,1	9,9	9	10,2	--,-	9,5	10,3	10,2	10,4	8,2	6,9	8,6	9,2	9,5
6	9,3	9,2	9,5	9,7	8,6	10,3	10,5	10,2	10	9,7	9,9	10,5	10,8	10	9,6	8,9	10,8	7,9	9,7	9,7	--,-	10,3	--,-	9,7	10,7	10	10,6	8,4	7,3	8,3	9,1	9,6
7	10	10,4	10,3	--,-	10	11,5	11	10,6	11,1	10,6	11,1	11,3	13,3	10	10,7	10,3	12,5	9	10,2	12,8	9,7	11	10,3	11,4	11,5	11	11,4	8,9	11,4	11	10	11
8	10,7	12,1	12,1	11,1	10,9	11,4	12,5	13,5	13,3	11,6	11,8	12,4	14,6	9,6	11,6	11,3	13,4	10,4	13	13,5	10,9	11,6	13,5	11,6	11,9	11,6	12,4	10,4	13,8	13,5	11	12
9	11,1	11,6	12,4	12,1	12,4	11,8	15,3	15,8	14,1	13,2	12,6	14,4	15,9	8,9	13,2	14,3	15,3	12,2	14,1	13,1	12,9	14,9	13,3	12,6	12,3	12,8	12,5	13,7	12,4	12	--,-	13
10	13,1	13,4	13,2	13,5	14,8	14,3	14,7	16,7	12,9	13,9	13,5	14,3	16,5	--,-	15,5	16,4	15,5	15,4	14,7	15,1	12,6	14,1	16,4	14,7	12,9	14,4	13	12,2	14,9	12,8	13	14
11	13,3	15,5	14,3	14,2	15,5	16,6	17,1	19,1	14,4	12,9	14,5	15,9	15,8	9,5	16,3	18,5	16,7	17,5	15,9	14,7	15	15,2	16,4	14,5	13,7	15,5	13,6	12,6	15,5	12,9	14,9	15
12	15,8	15,9	16,6	14,6	14,6	18,2	17,7	18,4	15,6	14,1	15,2	17,6	15	10,9	18,5	18,3	17,3	18,4	16,4	15,6	16,5	15,6	15,9	15,6	14,6	15,6	14,1	14,6	15,5	12,9	14,9	16
13	15,3	15,6	15,8	15,7	14,8	16,9	16,6	17,7	15,4	14,9	16,5	18	19,7	12,9	17,1	18,5	16,8	19,1	16,4	16,5	15,6	15,3	15,1	14,9	13,8	14,5	14,6	14,9	16,2	13,9	15	16
14	16,1	17	16	16	15,3	14,1	19,1	19	15,3	14,7	15,5	17,2	19,6	14,5	15,1	17,5	17,9	20	15,9	15,6	15,9	14,5	14,6	15,9	14,6	14,4	14,8	14,6	17,1	13,1	14,2	16
15	16	16,6	21	15,3	15,5	15,8	15,1	15,8	16	15,8	15,7	13,9	15,1	13,6	12,4	13,2	19,8	18,8	17,4	16,6	14,5	14,8	15,9	15,9	15,1	15,9	15,9	12,9	15,9	16	13,7	16
16	18,8	14,7	16,2	16,6	16,6	15,7	15,8	14,2	19,6	20,2	14,6	14,3	15,1	12,8	10,6	13,4	11,6	15,1	18,9	15,7	13	15,9	15,4	12,8	14	14,5	16,6	12,7	14,3	13,8	12,9	15
17	13,8	15,1	14,4	13,5	13,9	12	17,8	12,4	16	17,6	12,9	13,5	15,2	11,9	11,1	13,9	12,3	14,7	15,8	15	12,7	14,2	13,8	13,1	12,7	13,6	14,5	13,1	13	13,3	12,3	14
18	12,4	12,4	13	12,9	11,6	11,2	12,7	10,9	13,6	13,2	12,4	12,6	13,8	11,2	10,7	12,4	12,3	13,3	13,9	13	12,5	13	12	11,8	11,2	12,5	11,5	11	11,5	11,8	11,5	12
19	12,2	12,5	12,7	11,9	11,3	11	12,4	10,9	13,5	12,4	12,1	12,2	13,4	11,6	10,4	13,2	11,8	12,9	12,7	12,4	12,3	12,6	11,4	11,4	10,7	11,6	11	10,2	11,5	11,2	11,1	12
20	12,1	11,5	12,5	11,4	10,9	10,8	11,7	10,9	12	11,9	11,8	12,1	12,8	11	10,4	12,1	11,8	12,2	12,6	12,2	12,4	11,7	11,5	11,3	10,5	11,7	10,4	9,7	9,9	11,3	10,5	11
21	10,4	10,8	11,7	10,6	10,8	10,7	11,2	10,8	11,3	11,5	11,6	--,-	12,2	10,8	10	11,6	11	11,6	11,8	11	11,5	11,5	11,2	11,1	10,5	11,5	9,8	9,3	10,2	10,5	10,2	11
22	9,8	10,5	10,5	10,3	10,7	10,7	10,7	10,7	11	11,2	11,5	11,6	11,8	10,6	9,7	11,3	10,9	11,2	11,3	10,3	11,9	11,3	10,9	11,8	10,4	11,5	10,2	9,1	8,8	10,2	10	11
23	9,7	--,-	10,4	10	10,4	10,6	10,5	9,9	10,8	10,7	11,5	11,4	12	10,6	10,3	10,9	10,5	10,7	11,4	10,5	11	10,9	10,9	11,5	10,3	11,4	10,8	8,6	8,7	9,1	9,9	11
PROMEDIO	12	12,2	12,6	12,1	11,8	12,3	13,1	12,9	12,8	12,6	12,4	13	13,6	11,2	11,9	12,5	13,1	12,9	13,1	12,7	12,2	12,6	12,7	12,1	11,9	12,4	12,1	10,9	11,5	11,3	11,3	

TEMPERATURA EXTERNA(°C) MES DE JUNIO

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

TEMPERATURA EXTERNA(°C) MES DE JULIO																																
DIAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	PROMEDIO
HORA																																
0	10,5	8,9	10	9,8	7,9	8,9	10	9,8	10,5	8,8	9,6	7,9	7,3	7,3	7,4	8,6	9,2	9,6	--	7,9	6	8,5	9	9,9	9,5	10,2	7,3	9,4	7,4	7,5	8,3	8,763333
1	10,1	8,9	10,1	9,9	7,8	8,9	10,1	9,9	10,1	8,9	9,5	7,3	6,4	7,2	7,5	9,2	9,1	10	--	6,4	6,1	9,7	8,9	9,9	8,2	10,1	8,3	9,5	7,7	7,3	8,9	8,73
2	9,7	8,8	9,7	9,6	7,7	8,8	9,7	9,6	9,7	8,7	9,3	7,1	7,5	6,9	7	9,1	9,1	9,1	--	6,5	5,7	9,5	9	10,1	7,1	10,2	8,3	8,9	7,3	6,8	8,2	8,49
3	8	8,3	9	8,3	7,7	8,3	9	8,3	8	8,1	9	7,3	6,4	5,8	6,2	8,1	9	9,1	8,4	5,6	5,1	9,5	9,3	10,3	7,3	9,5	7,4	9,1	7	6,5	8,3	7,974194
4	7,8	8,3	8,8	8,1	7,8	8,3	8,8	8,1	7,8	7,5	8,8	6,1	6,2	5,4	6,1	7,6	9	8,9	8,4	5	4,7	9,5	8,9	10,3	8,3	10,1	7,1	8,9	7	7	7,6	7,812903
5	7,8	8,3	9,2	8,2	7,6	8,3	9,2	8,2	7,8	7,8	8,9	6,2	5,7	4,4	5,6	8,2	9	8,9	8,4	4,5	4,9	9,2	8,8	10,1	8,3	9,1	7,3	7	6,8	7,4	7	7,680645
6	9,1	8,3	9,3	8,2	7,5	8,3	9,3	8,2	9,1	8,1	9,1	6,9	5,7	4,4	3,8	7,1	8,9	--	8,4	5,1	4,6	9,1	9,2	10,2	8,8	9,9	7,4	8,7	8	6,8	7,4	7,83
7	8,9	9,2	9,5	8,7	8,1	9,2	9,5	8,7	8,9	7,7	10,1	6,4	6,6	6,7	6,4	8,3	9,5	9,1	8,9	5,2	5,2	10,1	10	9,9	8,8	9,5	7,9	8,7	7,9	8,1	8,7	8,4
8	9,9	11,6	10,2	10	8,8	11,6	10,2	10	9,9	11,3	10,3	8	10,7	16	9,8	9	10,6	9,9	9,6	6,3	6,3	10	12,8	10,2	9,5	10,2	8,7	9,5	9,1	9,4	10,5	9,996774
9	9,3	12,7	10,7	10,8	10,6	12,7	10,7	10,8	9,3	13,2	13,1	10,2	12,2	11,3	12,5	11,5	10,6	11,8	10	7,6	8,4	9,9	11,6	9,7	9,3	10,2	8,7	10,2	11,1	10,1	10,7	10,69355
10	11,2	13,3	11,5	13,1	12	13,3	11,5	13,1	11,2	13,6	12,9	10,6	13,5	12	15,1	13,1	14,1	14,4	9,7	11	12	10,2	11,5	10,3	10,9	10,5	10	10,3	10	11,3	12,5	11,92581
11	11,1	13,7	11,8	12,6	14	13,7	11,8	12,6	11,1	13	14,2	14,6	14,1	15,1	16	16	14,5	11,3	11,7	13,5	14,8	11,3	11,6	11,7	11	10,4	10,1	12,2	10,9	11,1	12,1	12,69677
12	11	14,1	11,1	11,4	13,7	14,1	11,1	11,4	11	13,4	12,3	14,7	14,7	16,6	17,5	15,9	14,1	13	12	16	17,7	13,3	11,9	10,9	11,1	9,7	10,1	11,6	9,7	10,3	12,3	12,82903
13	11,7	12,6	11,6	13,1	13,5	12,6	11,6	13,1	11,7	13,9	11,2	13,9	14,6	17,8	19	15,2	13,4	11,4	11,2	14,7	17,3	11,5	14,4	11	11,1	10,1	11	11,4	9,7	10,9	12,8	12,87097
14	11,4	13,4	11,8	13	14,6	13,4	11,8	13	11,4	13,8	10,8	13,8	14,4	17,4	20,9	15,6	14,2	12,3	10,9	15,3	15,3	11,2	13,3	9,9	11,2	10	9,5	12,4	8,9	11,5	13,4	12,89677
15	11,8	12,4	11,5	12,4	14	12,4	11,5	12,4	11,8	11,9	12,3	12,2	13,9	17,5	18,4	15,2	15,1	11,8	10,6	14,4	14,3	10,3	12,1	10	11,5	10,5	10,7	11,3	9,8	10,1	14,6	12,53871
16	11,2	14,8	12,1	12,2	14,6	14,8	12,1	12,2	11,2	11,7	11,8	14,9	13,3	15,5	18,9	16,6	15,5	12,8	11,8	14,1	15,2	9,8	12,5	9,7	10,1	10,3	10	11,6	11,1	12,5	14,2	12,87419
17	11,3	14,9	12,6	11,5	12	14,9	12,6	11,5	11,3	10,7	11	13,4	12,4	13,9	17,5	16	13,1	10,7	10,8	13,4	14,5	10,2	11,2	10,1	10,6	9,3	10,8	10,7	9,6	10,8	12,8	12,13226
18	10,3	11	10,9	10,7	10,8	11	10,9	10,7	10,3	9,9	9	9,7	9,8	11,6	13,8	12,7	11,5	9,8	9,8	10,6	11,6	9,1	10,5	10,3	10	9,4	9,5	9,3	9,4	9,2	9,8	10,41613
19	9,9	10,9	10,6	10,3	10,5	10,9	10,6	10,3	9,9	9,8	8,2	8,5	9,1	9,9	12,4	11,8	10,7	9,4	8,9	8,6	10,4	8,8	10,3	10,3	9,4	9,4	9,1	8,1	9,2	8,7	8,3	9,780645
20	9,9	10,1	10	10,1	10	10,1	10	10,1	9,9	9,3	8,2	8,5	8,6	10,2	11	11,3	10,5	8,9	8,4	8,6	10	9,4	10,2	10,5	9,9	9,6	9,2	7,9	8,9	8,3	8	9,535484
21	9,2	9,4	10,1	10,3	9,4	9,4	10,1	10,3	9,2	9,4	8,8	8,5	7,9	10	10,2	11,2	10,4	9	8,3	7,4	10,1	9	10,4	10,3	9,7	9,6	8,9	7,7	8,3	8,3	7,8	9,309677
22	8,9	9,1	9,6	10,2	9,2	9,1	9,6	10,2	8,9	9,6	9	7,3	8,2	8,6	9,6	10,7	9,5	8,9	8,4	6,8	9,7	9,3	10,3	10,1	9,1	8,9	8,9	7,9	7,8	8,7	7,4	9,016129
23	8,3	8,9	9,9	10,1	8,9	8,9	9,9	10,1	8,3	9,5	8,8	7,5	7	7,7	9,2	10	9,5	--	6,8	6,4	8,6	8,9	10,1	9,4	9,7	7,8	9,2	7,4	7,5	8,3	6,5	8,636667
PROMEDIO	9,93	10,9	10,5	10,5	10,4	10,9	10,5	10,5	9,93	10,4	10,3	9,65	9,84	10,8	11,7	11,6	11,3	10,5	9,59	9,2	9,94	9,89	10,7	10,2	9,6	9,77	8,98	9,57	8,75	9,04	9,92	

Anexo 2

VALORES DE RADIACIÓN SOLAR REGISTRADOS EN LOS MESES DE ABRIL, MAYO, JUNIO Y JULIO

LUZ(W-m2) MES DE ABRIL																																	
DIAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	PROMEDIO		
HORA																																	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	3,9	18,6	5,61	18,4	16,3	3,49	2,85	4,92	0,52	36	16,7	2,79	4,66	7,65	9,74	7,23	20,5	11	33	23,4	3,84	5,4	18,3	16,2	20,2	1,8	22	11,4	7,07	3,61	12		
7	35,5	115	142	87,3	53,3	28	146	72	102	96,9	202	24,6	37,7	130	79,2	112	56,8	73,4	96,6	78,5	83,8	59,4	105	126	331	56	234	44,8	109	80,9	100		
8	159	158	635	98	105	79,2	111	153	359	174	315	89,6	76,2	105	120	205	152	428	243	203	253	187	32	220	516	121	550	152	457	169	221		
9	184	107	962	316	306	76,4	190	210	128	470	307	265	165	535	210	283	225	149	275	409	308	229	232	653	193	248	895	156	181	565	314		
10	99,1	90,7	336	141	195	151	223	311	295	149	398	495	677	507	323	1028	237	335	430	1050	300	443	337	327	858	685	235	496	1146	438	425		
11	411	474	350	264	290	147	218	345	270	333	1187	227	529	308	301	869	455	506	277	520	1099	1063	531	452	232	614	556	389	744	352	477		
12	401	252	905	291	358	175	335	204	204	699	221	1317	239	228	397	997	272	425	1131	813	714	292	385	1269	947	1300	493	830	345	417	562		
13	454	232	1081	287	222	337	410	1102	127	236	1242	956	487	272	476	840	730	435	243	267	990	272	210	1084	965	232	1026	469	276	210	539		
14	377	226	172	292	279	99,3	295	311	79,1	158	137	128	276	1027	594	433	134	316	768	301	192	166	288	360	122	181	888	239	279	215	311		
15	196	151	187	160	197	140	204	136	41,1	108	72,5	599	166	242	262	280	262	121	671	153	1,28	168	116	398	60,6	55,4	154	69,2	239	182	193		
16	186	120	106	386	68,2	126	268	174	47,5	124	226	225	157	123	181	106	269	140	70,1	44,3	2,04	95,7	134	391	77,3	73,2	104	19,3	124	75,1	141		
17	57,9	52,8	23,5	187	44,6	37,2	165	196	25,8	30,5	51	25	38,8	24,2	220	43	172	71,2	213	0	4,66	40,8	43,1	165	30,7	10,5	38,2	64	71,4	10	72		
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
PROMEDIO	107	83,2	204	105	88,8	58,3	107	134	69,9	109	182	181	119	146	132	217	124	125	185	161	165	126	101	227	181	149	216	123	166	113			

LUZ(W-m2) MES DE MAYO																																						
DIAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	PROMEDIO						
HORA																																						
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	4,98	19,7	17,6	26,9	32,8	10,1	8,38	33,7	4,45	1,69	7,07	22	21,8	0	24,9	15,8	19,2	8,12	26,8	17,4	8,43	5,97	29,7	2,91	16	12,6	7,23	11,1	16,8	20,5	6,5					14,87903		
7	39,8	112	75	37,2	69,8	90,2	91,4	181	77,1	91,6	74,1	143	300	0	105	75,3	115	88,7	86,5	134	107	50,3	109	63,6	49,6	120	92,5	79,2	308	151	67					102,6729		
8	113	178	253	128	97,2	91,9	230	295	211	165	136	159	279	8,8	137	116	182	177	713	198	149	235	164	107	157	89,4	213	220	530	214	149					196,6429		
9	222	171	282	175	176	184	687	266	274	291	220	634	804	19,3	196	658	330	302	224	205	204	303	228	246	163	322	218	829	734	220	189					321,7574		
10	163	682	372	456	340	520	319	284	195	281	256	289	298	37,3	467	1050	376	966	272	314	245	323	646	404	269	529	219	370	869	123	315					395,1848		
11	305	299	291	256	891	1166	1182	998	917	97,1	382	584	159	128	302	1093	372	1161	236	172	331	527	263	464	325	666	314	476	538	645	349					512,5719		
12	614	521	394	325	99,2	416	302	858	384	232	164	273	343	292	1251	1095	363	270	364	344	565	415	330	678	596	442	336	452	836	265	325					456,2813		
13	317	483	412	316	328	458	758	294	366	287	427	359	996	367	102	177	172	972	217	206	294	379	314	212	343	319	336	959	1069	358	367					418,2742		
14	259	392	485	347	178	243	440	261	221	88,3	133	337	998	401	143	195	988	540	284	214	220	246	173	582	267	324	744	227	245	306	470					353,2261		
15	246	567	640	132	273	240	127	183	121	161	223	81,9	79,8	155	66,8	61,1	679	148	544	260	87,8	175	195	368	266	571	617	306	535	528	234					286,2016		
16	330	61	94,3	151	380	195	113	25	367	465	129	78,2	97,9	150	22,3	44,6	21,4	39,4	184	152	134	313	156	146	118	86,1	281	81,6	140	216	163					159,1906		
17	40,4	40,2	31,9	40,2	30,2	4,54	182	0	35	183	3,43	25,2	23,5	20,3	27,4	26,6	35,6	30,6	60,3	49,5	31,3	36,4	33,1	65,5	9,64	38,3	146	35,9	29,1	52	36,5					45,27065		
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PROMEDIO	111	147	140	99,5	121	151	185	153	132	97,6	89,8	124	183	65,8	119	192	152	196	134	94,4	99	125	110	139	107	147	147	169	244	129	111							

LUZ(W-m2) MES DE JULIO

DIAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	PROMEDIO	
HORA																																	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,28	0	0	0	0,17	0,23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	23,3	71,6	42,2	41,3	72,7	71,6	42,2	41,3	23,3	56,6	103	54,5	114	173	172	129	69,6	50,1	80,1	82,7	56,5	50,5	90,3	56,6	30,1	44,8	29	28,3	40	78,9	125		
8	90	214	168	146	93,2	214	168	146	90	456	171	107	491	451	298	163	49,6	111	76,1	181	148	81,5	239	171	68,3	91,1	106	94,4	502	130	165		
9	122	322	271	219	169	322	271	219	122	680	755	212	653	647	683	675	115	402	136	174	280	128	285	84,6	161	124	167	172	113	243	194		
10	306	389	314	857	703	389	314	857	306	828	631	275	826	202	845	1031	397	997	139	974	827	209	267	188	232	166	177	707	203	235	501		
11	322	1053	268	268	633	1053	268	268	322	965	722	987	906	1055	979	331	1114	329	236	1054	854	334	238	314	237	242	182	566	169	313	245		
12	378	1069	418	353	890	1069	418	353	378	693	565	941	938	683	1009	544	383	390	354	1245	1019	356	230	434	303	265	117	845	101	60,4	438		
13	233	304	417	221	499	304	417	221	233	383	376	1037	887	189	606	264	336	421	1112	983	965	145	1095	155	281	262	190	389	205	203	1249		
14	185	376	323	184	587	376	323	184	185	490	936	804	754	839	934	268	301	341	268	817	791	277	346	72,7	339	253	159	208	79,8	337	450		
15	197	203	187	287	384	203	187	287	197	176	278	469	635	676	141	216	210	228	79,1	657	657	79,1	156	113	443	230	374	181	167	82,4	325		
16	141	357	171	248	487	357	171	248	141	157	157	497	332	333	344	359	211	234	180	337	367	53,1	202	66,4	170	52,2	90,5	180	138	382	444		
17	69,3	198	127	162	41,3	198	127	162	69,3	48,7	53,5	253	187	192	198	98,1	52,7	78,3	47,3	199	224	18,5	64,5	27,2	40,8	33,2	90	117	25,2	212	232		
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
PROMEDIO	86,1	190	113	124	190	190	113	124	86,1	206	198	235	280	227	259	170	135	149	113	279	258	72,2	134	70	96,1	73,5	70	145	72,6	94,9	182		

Anexo 3

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL MÓDULO FOTOVOLTAICO A-265P GS (260W)

Características eléctricas	A-255P GS	A-260P GS	A-265P GS	A-270P GS
Potencia Máxima (P _{max})	255 W	260 W	265 W	270 W
Tensión Máxima Potencia (V _{mp})	30.29 V	30.63 V	30.96 V	31.22 V
Corriente Máxima Potencia (I _{mp})	8.42 A	8.49 A	8.56 A	8.65 A
Tensión de Circuito Abierto (V _{oc})	37.83 V	37.97 V	38.13 V	38.23 V
Corriente en Cortocircuito (I _{sc})	8.97 A	9.05 A	9.10 A	9.13 A
Eficiencia del Módulo (%)	15.68	15.99	16.29	16.60
Tolerancia de Potencia (W)	0/+5			
Máxima Serie de Fusibles (A)	15			
Máxima Tensión del Sistema (TUV/UL)	DC 1000 V			
Temperatura de Funcionamiento Normal de la Célula (°C)	45±2			

Especificaciones mecánicas	
Dimensiones	1640x992x35 mm
Peso	17.6 kg
Máx. carga estática, frontal (nieve y viento)	5400 Pa
Máx. carga estática, posterior (viento)	2400 Pa
Máx. impacto granizo (diámetro/velocidad)	25 mm / 23 m/s

Materiales de construcción	
Cubierta frontal (material/tipo/espesor)	Cristal templado alta transmisión/bajo nivel hierro/3.2 mm
Células (cantidad/tipo/dimensiones)	60 células (6x10)/policristalina /156 x 156 mm
Marco (material/color)	Aleación de aluminio anodizado /plata
Caja de conexiones (grado de protección)	IP65
Cable (longitud/sección) / Conector	900 mm./4 mm ² /Compatible MC4

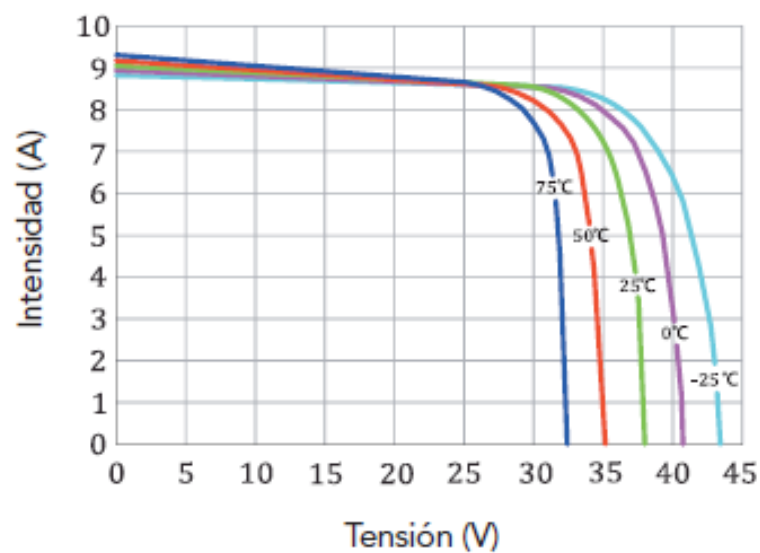
Características de temperatura

Coef. Temp. de Isc (TK Isc)	0.06% /°C
Coef. Temp. de Voc (TK Voc)	-0.30% /°C
Coef. Temp. de Pmax (TK Pmax)	-0.40% /°C
Temperatura de Funcionamiento	-40 to +85 °C
Temperatura de Almacenamiento	-20 to +40 °C

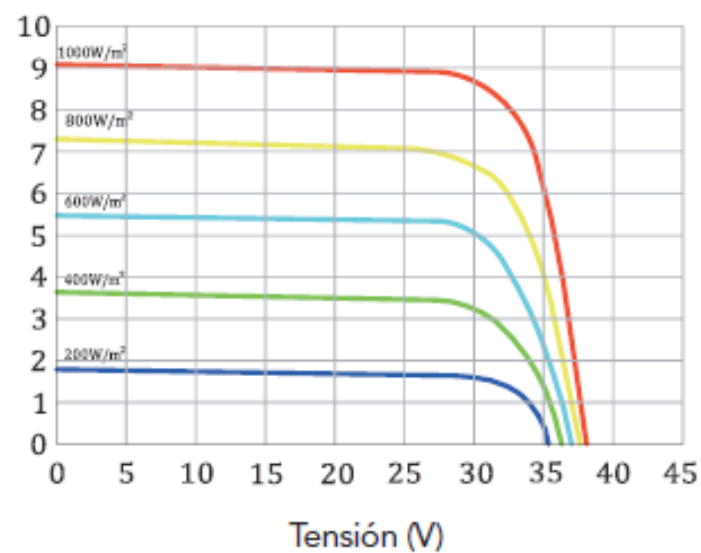
Embalaje

Módulos/palé	66 pzas
Palés/contenedor 40' HQ	14 palés
Módulos/contenedor 40' HQ	924 pzas

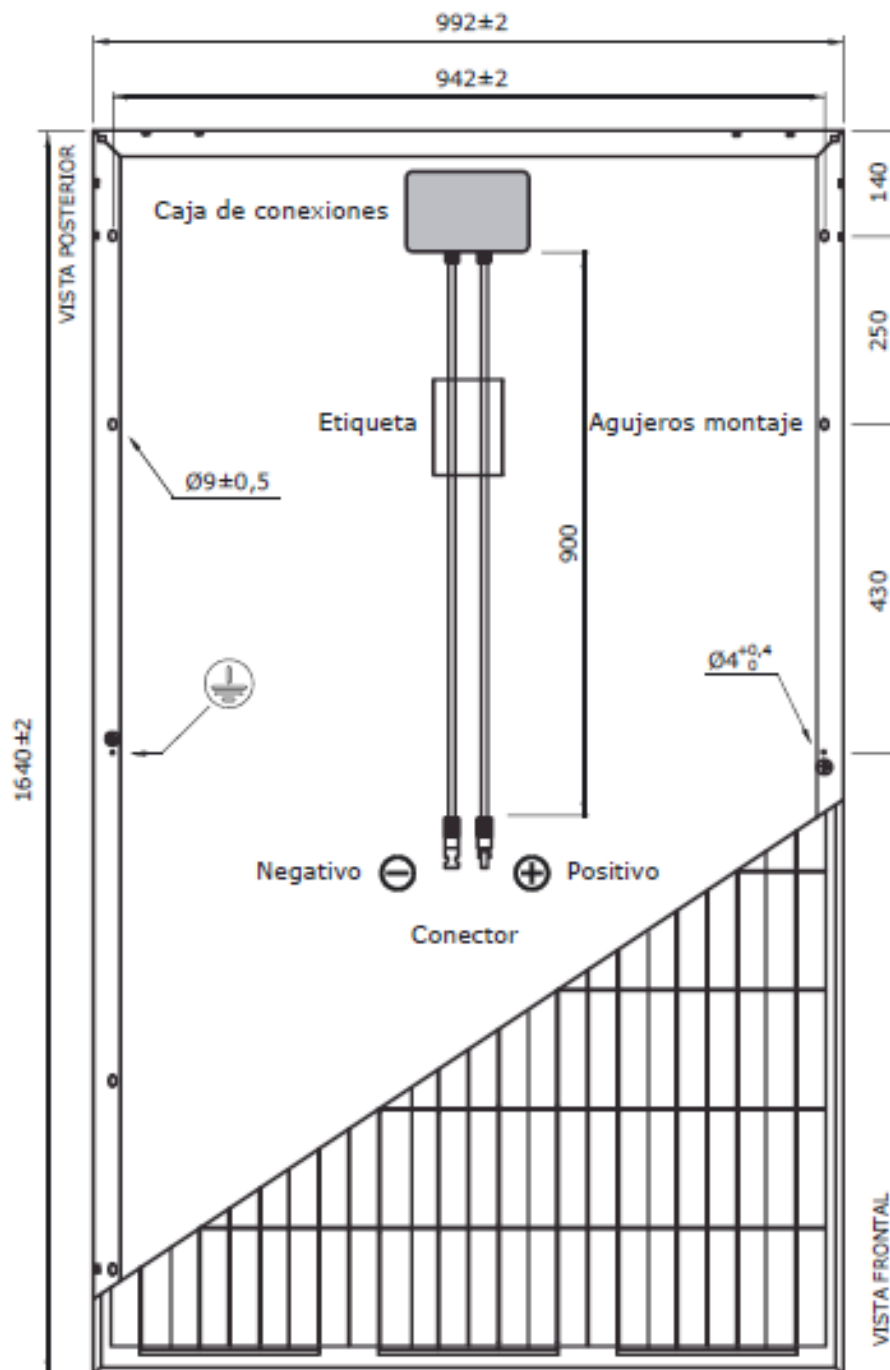
Temperatura Varia (A-260P GS)



Irradiación Varia (A-260P GS)



Vista genérica construcción módulo



Anexo 4

VALORES DE VELOCIDAD DEL VIENTO REGISTRADOS EN LOS MESES DE ABRIL, MAYO, JUNIO Y JULIO

VELOCIDAD DEL VIENTO(m/s) MES DE ABRIL																															
DIAS HORA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	PROMEDIO
0	0,7	0,3	0,3	0,7	1,3	0,7	1	0,3	0	1	0	0,3	0,7	0,7	1	0	0,7	2	0	0	0,7	0,3	0,3	2	0	1	0	0	0,7	0,7	0,58
1	1	0,3	0,3	0	1	0	0	0	1	2,3	1	0,7	4	0,3	0,3	0,3	0,3	0	1,3	0,7	2	0,3	0,7	0,7	1	1,3	1	0,3	1	1	0,8033
2	1	0,3	0,3	0,3	1	0,3	0	0,3	1,4	1	0	0	2,6	0,7	0,3	0,3	0	2	0,3	1,3	2	2	1,3	0,7	2,6	1	2	1,3	1	2	0,9767
3	0,7	1	1	0	1	2	0	0	0,7	0,3	0	0	0	1	0,7	0,3	0	0	0	0	2,3	0,3	0,3	0	3	0,3	2	1	0	1	0,63
4	0	0,3	0,3	0	0	1,7	0	1	1	1,3	0	0	0,3	0	0	0,3	1,3	0,7	0,3	1	2	0	1	0,3	1	1,3	1,3	1,7	0,7	2,6	0,7133
5	0,7	0,3	0,3	0	1,7	0,7	0	0,7	0,3	0	0,7	0,3	0	1	0	0	0	1,3	0	0	1,3	2	0,7	0,7	1	0,3	1,3	1,3	0,3	2	0,63
6	0	0	0	1	0,3	1,7	0	0,3	1,3	0	1,3	0,7	0	0	0,7	0,7	0,3	1,3	1	1	1	0,7	0	0,3	0,3	0,7	1,3	0	1	0,7	0,5867
7	0,7	0,7	0,7	0	0,7	0,7	0	1	0	0,3	1,7	0,7	1	0,7	1,3	1,3	1,3	0	0,3	0,7	0,3	1,7	0,3	0,7	0,3	0	0,7	0,3	0,3	0,3	0,6233
8	0,7	0,7	0,7	1	0,7	0	1	0,3	0,7	0	0,7	0,7	0,3	1	1,3	1	0,7	1,7	0,3	0,3	1,3	0	1,7	0,7	1	1	0,7	0,7	0,3	0,7	0,73
9	0,7	0,7	0,7	1,3	1	0	1	1,3	1,3	1,7	0,7	1,3	1	2	0,7	1,3	1,3	0,3	0,7	1	1,7	1	1	1	0,7	1	1,7	0,3	1,7	2	1,07
10	1,3	1	1	0,3	0,7	0,3	2,3	0,7	0	1,3	2	1	1	3	5,6	1,3	0,7	1,3	1	2,6	0,7	2,6	5,3	1	1,7	1	5,6	1,3	3	1,3	1,73
11	0,7	1,3	1,3	1,3	4,6	1,7	1,7	1,3	1,3	1,3	3	2	2	3	5	5,3	1	2,3	1	1,3	1,3	1,3	2	0,7	2	2,3	3	7,9	2	1,3	2,2067
12	2,3	1,7	1,7	2,3	4,3	0,7	3	0	2	2,6	1,7	2	1,7	1,7	5	2	2	2,3	3	2,6	1,3	0,3	1	2	0,7	5,9	4,6	5,3	3	6,3	2,5
13	5,3	3	3	3,3	3,6	2,3	2,3	1,7	1,3	1	2	1,3	0,7	1,3	7,3	4	3,3	1	1,3	3	1,7	1,3	0,7	5	2	3	3	8,9	1	4,3	2,7633
14	5,6	2,6	2,6	5	2	0,3	5,3	5,3	2,6	2,3	1,7	0,7	4,6	3,6	7,6	4,3	1,7	4,6	1,3	2,6	4	1,7	2	1,7	1,7	3,3	4,6	4	1,3	5,3	3,1967
15	1,7	1,7	1,7	1	0,7	1,3	4,3	2,6	0,3	1,7	2	5,3	1	3,6	1	6,3	1,7	6,3	0,7	0,7	6,6	4	2,3	1,7	4	2,3	5,6	4	1,3	0,7	2,6033
16	4,3	5	5	1,7	1,3	1	0,7	0,7	1	1,3	0,3	7,6	1,3	1,7	2	3,6	2,6	0,3	0	0	4,3	6,3	5,6	2	1,3	0,7	3,3	4,3	1,7	1	2,3967
17	1	2,3	2,3	2	1,7	0	1,7	0,7	0,3	0,7	4,3	5	0,7	2	4,3	0	3,3	1	1	1,7	0,7	4,6	7,3	4	4,6	2,3	1	2	2	0,7	2,1733
18	2,3	3,6	3,6	2,6	1,3	2,6	1	1,7	1,3	0	3,3	1,7	1	4,6	1	2,3	6,3	0,7	1	1	3,3	5,3	1	0,7	0,3	1,3	2	2,6	1,3	0	2,0233
19	0,7	0,3	0,3	4	1	2,3	3,6	0,7	0,7	0,3	2,3	1,7	0,7	1	1,3	2	1,3	0,7	0	0	0,7	1	1,3	1,3	1,3	1,3	0	3,3	0,7	0,7	1,2167
20	1	2	2	1,7	1,3	0,3	2,3	0,3	1	0,7	2	1,3	1	2,6	2	1,7	2,3	1,3	0	1,3	1	1	1	0	1,3	0,3	0,7	3,3	0,7	0	1,2467
21	2,3	1	1	2	4	0,7	0,3	0	0	0,7	1	1	1,3	2,3	1	1,3	2	0,7	2	1,3	2,3	1,7	5	1	0	1	0,7	2,6	0,3	0,3	1,36
22	2	1,3	1,3	1,7	1	0,3	1	1,3	0,3	0	0,7	0,3	2,7	3,3	1,7	0,3	0,3	2	3	1,3	3	1	1,3	0,3	0	1	0,7	1	0	0,7	1,16
23	2,3	1,7	1,7	2	0	0,7	0	1	2	0,7	0	1,7	0,3	1,3	1	0,3	0	0	0	0,7	0,7	2,3	0	0,7	3	0	1	0,3	0,3	0	0,8567
PROMEDIO	1,6	1,4	1,4	1,5	1,5	0,9	1,4	1	0,9	0,9	1,4	1,6	1,2	1,8	2,2	1,7	1,4	1,4	0,8	1,1	1,9	1,8	1,8	1,2	1,5	1,4	2	2,4	1,1	1,5	

VELOCIDAD DEL VIENTO(m/s) MES DE MAYO																																
DIAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	PROMEDIO
HORA																																
0	0	0	1	2	0,7	0,7	0,3	1,7	0,7	2,6	0,3	0,7	0,7	0,3	0	0	0	2,3	1,3	1,3	0,3	1	0,3	1	2,3	0	0,3	3,3	0,7	0	0	0,83226
1	0	0	1	1,3	1,3	0,7	0	1	0,7	3	0,3	0,7	0	1	1	1,3	0,7	0,3	1	0,3	1,3	0	1,7	1,3	4,3	0	0	2,6	1,7	0,3	1,3	0,97097
2	0	0,7	1	0,7	0,3	1	0	1,7	1	0,3	0	0,7	0	1	0	0	1	0,7	1,7	0,7	1	0,3	0,3	1,3	0,3	0	2,6	2,3	1	1	1	0,76129
3	0,3	1,3	1	1	0,7	0	0	1	0	0,7	0	0,3	2,3	0,3	0,3	0,7	0,3	1	1,7	1,7	1	0,7	0	0,7	0	0	4,3	1	3	0,3	0	0,82581
4	0,3	1,3	0,7	0,7	0,7	0,7	0	0	0	0,7	0	0,3	0	0	0,3	0,3	1,7	2	0	0,7	1	0	1	0	0	0	2	1	2,3	0	0,7	0,59355
5	0	0	0	0	0,3	0,3	0	0	0,7	0	0,7	1	1	3	0,7	1,7	0	3	0,7	1,3	1,7	0	1	0,3	0,3	0,3	1,7	1	1	1	0	0,73226
6	0,7	0,3	0,3	0,7	0	0	0	3	1	0	0	0	1,7	1,7	0	0,7	0,3	1,3	0,7	0,7	2	0	2	0,7	0,3	0	0,3	1	1,3	0	0	0,66774
7	0	0,7	0,3	1	0	0,7	0,3	0,3	0,7	0,7	0,3	0	0,3	2	1	0	0,3	0,7	1,7	0,7	1	0,3	0	0,7	1,7	0	4,6	0,3	0,3	0,7	0	0,6871
8	0,7	1,3	0,7	1,3	1	0,3	0,7	1	0,3	1,3	0,7	1	1,3	0,3	0,7	0,3	0,3	0,3	0,3	1	1,3	0,3	1,3	0	5	0,3	3,6	0,3	1,7	1,3	0,7	0,9871
9	1,3	1,3	2,3	1	0,7	1	1,3	0,3	1	1	1	1,3	1,7	1	0,3	1	1,3	1,7	1,3	1,3	1	0,7	0,7	1,3	3,3	0,7	6,9	6,9	2,3	5,3	1	1,71613
10	1	2	3,6	1,3	1,3	1	1,3	1,3	2	1,3	0,7	0	0,3	2	0,7	2	2	2,3	0,7	2	2,3	2,3	1	5,9	5	1	4,6	7,6	2	4,6	1,3	2,14194
11	1,3	1,3	2,6	2	1,3	2	2,6	3,3	2	0,3	1	1	0,3	0	1	2	1,3	1,7	1	0,7	2	1,3	2,6	3,6	7,6	4	8,3	6,3	1,3	5,3	0,7	2,3129
12	3	2,3	2	4,3	1,7	2	1,3	1	3	1,3	1,7	1	2,3	1	1	1,7	1,3	2	3,6	0,3	1,7	7,3	3,6	2	4	6,9	8,3	5	5,6	5,3	1	2,85484
13	2	4,6	4,6	1,7	1	2,6	2	1,3	0,7	1,7	1	0,7	1	0,7	3	0,7	1,3	2,3	2,6	1	1	6,6	5,3	2,3	5	4	5,9	6,6	5	6,9	2	2,80968
14	0,3	4,6	4	1,7	1,7	0,3	2	0	2,6	1,3	1,3	2,3	0,7	0,3	0,7	3	2	2,3	4	1,3	3,3	6,9	2,3	4	6,6	6,3	7,3	2	1,7	4,6	2	2,69032
15	5,3	4,6	1,3	2	2	2,3	4,3	2,6	2,3	0,3	1,3	2,6	3,3	0,7	1	3,3	2	1,7	3,6	3,6	0,3	4	0,3	2,3	4,3	2,6	2	4,3	5,6	0,3	2	2,51935
16	2	3,6	4	2,3	3,6	3	2	3,3	0,7	1,7	1	1,3	1,7	1	0,3	2,3	2	2,3	2,3	2,3	4,3	3	0,3	5,6	6,9	1	3,3	6,3	2,3	4	1,7	2,62581
17	3,6	5	5	1,3	0,3	1	1,3	1,3	0,3	1,3	0,7	1,3	0,7	0	0,7	1,7	1	1,7	1,3	4,3	1,7	2,3	2,6	2,6	3	2	2	2,3	2,6	1,3	1,7	1,86774
18	2	3,3	3	4,3	0,7	0,3	2,3	1,7	4	0	1	1,7	1,7	0	1	1	2	3,6	2	1,3	0	1,7	0,7	3,6	0,7	2,6	2	2,6	3	2	0,3	1,80968
19	2,3	1,3	2,3	3	0,3	2,3	1,3	0,7	5	0,3	0,7	0,7	0,3	1,7	0	1	1,7	1,7	1,3	1,7	1	4	3,3	2	2,3	2,3	2,6	1,7	2,3	1,7	2,6	1,7871
20	4,3	2,6	1,7	1,3	2,6	0,7	0	0,7	1	1,7	0,7	0	1,3	1	0,7	2,6	0,7	1	1,3	2,3	2,6	1,3	2	1,3	0,7	2,3	1,7	2,3	1,3	1,7	0	1,46452
21	0,7	0,3	0,7	1	0,3	1	0,3	0	1,3	0,7	0,7	0	1,3	0	0,3	0	1,3	0,3	2	0	1,7	0,7	1,7	1	0,3	1,7	0	2,3	0,3	1	0,3	0,74839
22	0	0,3	1	0,7	0	0,3	0	1,3	0,3	0,7	0,3	0	0,7	0,3	2	0,7	0	1,7	1	1	1,7	2,6	0,7	1	0,7	3	3,3	1,7	1,3	1	2	1,00968
23	0	1	0,7	0	0	0,7	0,3	0,7	2,6	0	0,7	0	1,3	0,3	1	0	1	0,7	1,3	0,7	0,3	0	0,3	0,3	0	0,3	3,3	2	0	0	0,3	0,63871
PROMEDIO	1,3	1,82	1,87	1,53	0,94	1,04	0,98	1,22	1,41	0,95	0,67	0,78	1,08	0,82	0,74	1,17	1,06	1,61	1,6	1,34	1,48	1,97	1,46	1,87	2,69	1,72	3,37	3,03	2,07	2,07	0,94	

VELOCIDAD DEL VIENTO(m/s) MES DE JUNIO																															
DIAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	PROMEDIO
HORA																															
0	0,7	0	0,7	0,7	0	1	1,3	0,7	0,7	0,7	0,3	0	1,7	0,3	0,7	0,7	0,7	1	0	0,7	0,3	1	1,7	0,3	0,3	1,3	0,7	0	0,7	0,65333	
1	1	1,3	0	0	0,3	1	1,7	1	0,3	3	0,3	0,7	0,7	0	1,3	0,7	0,7	0	1,3	0,7	0,3	0	1,3	2	1	0	1,7	0	0,7	0,3	0,77667
2	0,3	0,7	1	0	2	2	0,3	0,7	0,7	0,7	0,3	0,7	0,7	0	0,3	2	0,7	0,7	0	0,3	1	0,3	2,3	1	1	0,3	0,3	1	0,7	1	0,76667
3	0	0,3	1,7	0	2,3	2	0	1	0	1,3	0,7	1	0,3	0	0	1	0,3	1	0,7	0	0	0	0	0,7	1,2	0	0	1,7	1	0	0,60667
4	0	2,3	1	0,3	0,3	2,6	1	0,7	0,3	1,7	0	0,7	1	1,3	0	0,3	0,7	0,3	0,7	0,7	0,3	1,3	0,7	0,3	1,3	1,3	1	1	0,7	0,3	0,80333
5	0	1,3	0,7	0,7	0,7	3	2	0,7	0,3	0,7	1,7	0	1	0,7	0,7	0,3	1,3	0	0,7	0	0,3	2,3	3,3	1	0,3	2,3	2	0,7	0	0,3	0,96667
6	0,3	1	0	2	1,3	2,6	0,7	0,3	1	0,3	1,3	0,3	0,7	0	0,3	0	1	0,7	1	0	0	0,7	2,3	0,3	0,7	0,7	0,7	0	0,3	0	0,68333
7	0,3	0,7	0,7	0,3	1,3	1,3	0,7	0,7	0	0,3	0,3	0,3	0,7	0	0,3	1	0	0	0,3	0	0,7	0,7	0	0,3	0	0,7	0,7	0,7	0,3	0,7	0,46667
8	0,7	1,3	2	1	4	1	0	1,3	1,3	0,7	1,3	0,7	0,7	2,6	1	1,3	0,7	0,7	1	1	1,7	0,7	1,3	1	0,7	0,7	0	2	0,7	1,7	1,16
9	1,7	1,7	0,7	5,3	3,3	5,3	1,3	1	1,3	1,7	0,7	1	1	0,3	1	1,7	1,7	0,3	1,7	1,7	1	5	1,7	1,7	0,7	5	1,3	0,7	1	1	1,78333
10	1,3	5,3	1,3	2	1,3	7,3	1	1,3	1	1	1,7	0,3	1	1,3	0,7	1,3	1,3	1,3	1	1	1,7	3,6	1	2	1,3	3,6	1	1,3	0,3	1,7	1,70667
11	3	4	2	3,6	3,3	6,6	2,3	1	1	1,7	0,3	0	0,7	0,7	4	1	2	2	1,7	1	1,3	3	1,7	2	1,7	3	2,3	2	0	1,3	2,00667
12	5,6	2,3	2,3	3,3	5,6	5,9	1,7	1	0,3	1,3	1,7	1,7	1,3	1,7	2	1,7	1,7	2,3	0	1	4,6	5	6,3	4,6	3,3	5	1,7	2,3	1,7	4,6	2,78333
13	4,6	5	1,7	2,3	10,6	7,6	3,3	1,7	1,3	4,6	2	2,6	1,7	1,3	2,3	2,3	3,3	1	1	4,3	3	4,3	3,3	6,3	8,6	4,3	3,3	1,7	2,6	3	3,49667
14	5,6	4	4,6	9,2	4,6	5	0,7	0,7	0	5	1	2	2	5,6	1	1	7,3	2,3	1	1,7	1,7	4,6	2,6	6,9	1,3	4,6	0,7	4,6	2	1,7	3,16667
15	5,3	3,6	2,3	5,9	7,9	2	2,6	2,6	1,3	3,6	1,7	1,7	1	2,6	1,7	2,3	4	2	2,6	0,3	2,6	3,6	4,6	7,6	2,3	3,6	2,6	2,3	1,7	2,6	3,01667
16	6,3	6,3	3	4,3	5,6	1,3	4	1	1,3	2,3	3,6	1,3	1	1,3	1,3	3	8,6	1,3	4,3	1	1,7	5,9	4,3	4	3	5,9	4	3	1,3	1,7	3,23
17	2,6	2,6	1,7	4,3	1	1	3,6	0,3	5	0,3	1,7	1,3	0,7	0,3	1	4,6	5,6	3,6	7,9	1	1,3	4,3	4	3,6	4,6	4,3	3,6	1,7	1,3	1,3	2,67
18	3	1,3	2	2	0,7	3,6	0,3	2	2,3	1	2,6	1,3	1,7	2,3	1,7	3,6	4	3,6	0,3	0,7	2	6,9	4,6	3	3,6	6,9	0,3	2	1,3	2	2,42
19	1,7	1,7	0,3	4	1,7	5,3	1,3	1	1,7	4	1,3	0,7	4,6	3,6	0,3	5,3	4	4,6	1	0,3	0,7	2,3	3	1,7	5,3	2,3	1,3	0,3	0,7	0,7	2,22333
20	2	1	3	4	7,3	2,3	0	1	2	2	0,3	1,7	1,7	1,3	0,7	0	1,7	1,3	1	0,3	0,3	3	2,6	1,7	0	3	0	3	1,7	0,3	1,67333
21	2	2,3	1,7	1,3	1,7	4	0,7	1	0,7	0,3	1,7	0,7	2	0	1	1	1,3	0	1	1	0	1,3	2	2,3	1	1,3	0,7	1,7	0,7	0	1,21333
22	0,3	0,3	1	3,6	1,7	0,3	0	1,3	2	0	0,7	1	1,7	0	0	0,7	0,3	0,3	0	0,3	0	1,7	0,7	1,3	0,7	1,7	0	1	1	0	0,78667
23	1,3	0,7	0,3	0	0,3	2,3	1	1,3	1	0,7	1	0,3	1,7	0,7	1	0	2	1	0	0	0	2,6	2,6	0,3	0	2,6	1	0,3	0,3	0	0,87667
PROMEDIO	2,07	2,13	1,49	2,5	2,87	3,18	1,31	1,05	1,12	1,62	1,18	0,92	1,3	1,16	1,01	1,53	2,29	1,29	1,3	0,76	1,12	2,64	2,38	2,39	1,83	2,64	1,31	1,49	0,92	1,12	

VELOCIDAD DEL VIENTO(m/s) MES DE JULIO																																
DIAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	PROMEDIO
HORA																																
0	4,3	0	3,3	3,3	0	0	3,3	3,3	4,3	4	4,3	1,3	2,3	1,3	1,3	2	0,7	1,7	0,9	1,7	1,3	2	2,6	4,6	4	10,9	1	4,6	1,3	1,7	4	2,6
1	3,3	0,3	1,3	3	0	0,3	1,3	3	3,3	4	5	2	1,3	3,6	0,7	0,7	2	3,6	0,5	0,7	1,3	4,3	3,6	6,3	1	3,3	5	2,6	0	0,3	0,7	2,2
2	3,3	0,3	3,6	4	0	0,3	3,6	4	3,3	2,6	1,7	1	2,3	3	0,7	0,7	0	0,7	0,4	1,3	0	1,3	3,6	4,6	0,7	1,3	8,9	2,6	0,7	1	1	2
3	0,7	0	2	1,7	0,3	0	2	1,7	0,7	2,3	4	2,6	3	0,7	0,7	3,3	0	0	0,3	1	0	1	2,6	6,9	1	7,9	6,6	2	0	0,3	1,7	1,8
4	0	0,7	5	0,3	0,7	0,7	5	0,3	0	3,6	0,3	1	0,7	0	1	1,3	0,7	0	0	0,7	1,3	1	1	6,3	4,3	5	5	3,3	0	2,3	0	1,7
5	0	0	2,3	0,3	0	0	2,3	0,3	0	3	1,7	2,3	0	0	0	0,7	0,7	0,3	0,7	1,7	0,3	2,6	2	4	4,6	1,3	7,9	0,3	0	0,3	0	1,3
6	7,6	1	2	1,3	1	1	2	1,3	7,6	4,6	3	2,3	0,7	0	0	0	1,3	0,5	0,7	0	0	1	1	5,3	5,9	1,3	2,6	6,6	1	1,3	0	2,1
7	1,7	0,3	4	0,7	0,7	0,3	4	0,7	1,7	0,7	2,6	0,7	0,3	0,7	0,3	0,3	0,7	0,7	0,7	0	0,3	2,6	4,3	5,6	7,9	5,9	6,6	2,6	1	1,3	0	1,9
8	5,6	0,3	4,3	0,7	1,3	0,3	4,3	0,7	5,6	0,7	3,3	1,7	0,7	0,3	0,3	0,7	1	0	0,7	0,7	0	1	3	5,6	4	8,6	5,3	5,3	0	0,7	0,3	2,2
9	1	1,3	6,3	0,7	1	1,3	6,3	0,7	1	3,6	1,7	1	2	1,3	1	1	0,3	0	1,7	0,7	0,3	1	5,9	6,3	1	7,3	7,3	2	5,6	1,3	1,3	2,4
10	1	3,3	5,3	1	1,3	3,3	5,3	1	1	3,6	5,6	1,7	1,3	0,7	1,3	1,3	1,3	1,7	1,7	2	1,7	1,7	7,9	11,6	0	6,6	1,3	1,3	5	1,7	1,3	2,7
11	8,3	5	5	6,6	3,3	5	5	6,6	8,3	3	5	5	8,3	3	1,7	2,3	5,9	8,6	1	2,3	2,3	6,3	6,3	8,3	4,3	3,3	2,6	1,3	1,3	4,3	1,3	4,5
12	7,6	6,3	5,3	3,3	5,9	6,3	5,3	3,3	7,6	5,3	4	3,6	8,6	1,3	3	4	6,9	1,3	0,7	3	2,3	5,9	5	6,9	7,9	5,3	8,6	6,6	2,3	5,3	2,3	4,9
13	4,6	5,3	8,9	1,7	6,3	5,3	8,9	1,7	4,6	5	6,6	4	2,6	2,6	3,3	5,6	2,6	3,3	8,6	2,3	3,6	5,3	5,9	10,6	4,3	5,3	2,6	4,3	1,3	9,6	4,6	4,9
14	5,3	6,9	5,3	4,6	9,6	6,9	5,3	4,6	5,3	1	5,3	4,3	5,3	3,3	2,6	5,6	0,7	1,7	4,3	4,6	5	4,6	4,6	4,3	9,9	7,3	8,9	1,3	4,6	6,6	4	5
15	5,9	5	10,2	6,9	4,3	5	10,2	6,9	5,9	5,6	3,3	5,6	4,3	4,3	3,3	3	0,3	2	1	7,9	8,3	5,6	3,6	8,3	6,9	5,6	4	5,9	2,6	2	5,9	5,1
16	5,3	4	5	4,6	5	4	5	4,6	5,3	5,9	3,3	2	5,9	5,3	2	2	0,7	3,6	0,7	6,6	4,3	5,3	4,3	3,6	8,6	5,9	4,6	1,3	2,3	3	7,9	4,3
17	2,3	0,7	6,3	4,3	3,6	0,7	6,3	4,3	2,3	5,6	2	3,3	5,9	5,3	4,6	5	1	3,6	1	5	3,3	4	3	9,2	4,6	2,6	1,7	1,3	1,7	4,6	2,6	3,6
18	4,3	5	4,3	4	1	5	4,3	4	4,3	5,3	2	4	5	6,3	3,3	7,6	4,3	0,7	1	1,3	3,3	2,6	2,3	1,7	9,9	5,6	2,6	0,3	2	5,3	4	3,8
19	2,3	3,3	6,6	3	1	3,3	6,6	3	2,3	5	1,7	3,3	6,9	1,7	2,3	2,6	1	1,3	0,7	0,3	2,6	3,6	4,6	2,3	2,3	6,3	1,3	2,6	5,9	5	2,6	3,1
20	4,3	0,7	1,7	4,3	1,3	0,7	1,7	4,3	4,3	1	0,7	3,3	4,3	2,6	1,7	1,3	0	0,3	1,7	1,3	3,6	4	5	4	5,3	4,6	3,6	1,7	0,7	3,3	2,3	2,6
21	4	0,7	2	3	0,7	0,7	2	3	4	5,3	1,7	1,3	3	3	2	1,7	0,3	0	0	0,3	4	3	6,9	3,6	1,3	2,3	2,6	1	2	3,3	2,6	2,3
22	4	0,7	7,6	3	1	0,7	7,6	3	4	5	4	1,3	2,3	2	1,3	0,3	2,3	1	2,3	1	1	8,3	9,2	1,7	0,7	2	4	2	0,7	5,3	3,6	3
23	3,3	0,3	5,3	6,9	0,7	0,3	5,3	6,9	3,3	2,3	3	1,7	3,6	0,3	2	0,7	1	1	0	0,3	1	5	6,9	3,3	5,9	0,7	2	1,3	0,7	1,3	2	2,5
PROMEDIO	3,75	2,14	4,7	3,05	2,08	2,14	4,7	3,05	3,75	3,67	3,16	2,51	3,36	2,19	1,68	2,24	1,49	1,57	1,3	1,95	2,13	3,46	4,38	5,62	4,43	4,84	4,44	2,67	1,78	2,96	2,33	

Anexo 5

VALORES DE DIRECCIÓN DEL VIENTO REGISTRADOS EN LOS MESES DE ABRIL, MAYO, JUNIO Y JULIO

DIRECCION DEL VIENTO MES DE ABRIL																															
DIAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	PROMEDIO
HORA																															
0	45	90	135	45	135	315	0	45	90	45	135	180	0	0	113	135	135	135	135	180	135	90	90	---	90	135	45	90	45	0	97
1	90	45	135	135	45	45	45	135	135	135	135	180	200	0	45	270	90	45	0	158	135	135	68	135	135	135	45	90	135	0	102,7
2	113	135	0	0	45	135	90	135	135	90	0	315	135	0	0	0	0	---	135	135	---	---	90	45	135	135	---	135	90	0	85,6923
3	90	135	45	45	45	135	0	0	135	45	45	135	0	270	248	135	45	45	90	45	135	135	180	135	135	---	90	135	0	97	
4	45	225	0	135	0	150	135	90	135	135	45	90	90	135	90	90	68	45	225	135	135	0	45	180	45	135	90	90	135	180	103,267
5	45	45	45	90	158	180	225	45	135	135	45	135	90	23	0	135	135	135	90	135	113	135	0	90	90	0	135	135	90	225	101,3
6	135	135	0	90	135	135	225	45	135	135	135	135	0	0	45	0	90	135	45	135	135	135	270	90	180	135	135	135	135	338	119,267
7	158	315	315	270	0	90	315	45	135	45	180	0	0	315	0	23	0	180	0	0	90	135	270	315	315	180	0	270	45	315	144,033
8	315	0	270	0	315	0	315	0	0	293	315	270	315	270	0	0	315	0	315	270	315	135	315	315	0	270	0	0	180	315	180,767
9	0	315	0	248	0	315	315	270	270	315	315	315	0	315	315	0	315	0	315	0	315	315	225	0	315	338	315	270	0	90	204,033
10	0	0	135	68	0	270	270	338	135	315	0	0	0	180	135	0	0	315	0	315	0	315	135	338	315	0	135	315	135	270	147,8
11	270	0	315	135	158	315	0	270	315	180	0	23	315	315	158	135	180	0	0	315	315	0	0	45	0	135	90	135	158	0	142,567
12	90	0	270	180	135	135	338	135	0	270	0	270	225	270	135	225	45	0	315	315	315	180	270	135	270	158	180	158	135	180	177,8
13	135	90	0	135	158	315	158	225	315	90	0	180	315	180	180	135	315	225	270	0	315	45	0	180	293	180	225	135	90	135	167,3
14	135	90	135	135	135	0	135	158	338	158	315	315	180	135	135	158	0	225	315	270	180	203	270	158	0	315	135	135	225	180	175,6
15	180	90	90	225	0	270	135	180	315	0	315	135	270	90	270	225	315	180	0	270	135	135	113	0	135	0	135	135	135	225	156,767
16	135	135	90	270	315	270	90	225	135	45	0	180	0	225	225	180	180	0	270	90	135	135	90	315	135	0	90	135	135	90	144
17	135	90	135	315	113	270	0	315	203	45	135	135	0	135	180	225	135	90	315	135	135	113	135	45	135	338	90	90	203	0	146,333
18	135	135	113	135	180	135	0	90	180	225	158	158	315	180	270	135	113	0	270	45	135	113	90	315	45	90	45	135	225	45	140,333
19	45	0	90	90	135	90	135	90	135	315	135	90	315	45	135	135	90	90	270	180	45	0	135	90	90	90	45	135	315	45	120
20	90	135	0	45	90	0	135	0	135	45	90	90	315	135	135	68	135	90	315	90	135	180	0	45	135	0	180	135	45	45	101,267
21	135	45	68	45	135	45	45	0	45	90	135	135	45	158	90	113	135	90	45	113	135	45	135	90	45	113	45	135	0	90	84,8333
22	135	158	135	90	135	45	135	45	45	0	0	180	---	158	90	90	180	135	135	68	135	45	180	90	315	45	90	0	0	135	103,241
23	135	180	135	135	315	135	0	90	135	135	45	0	315	90	90	45	0	90	90	90	180	135	45	90	---	225	180	270	45	0	117,931
PROMEDIO	116	108	111	128	120	158	135	124	156	137	112	152	150	151	129	111	126	97,8	165	145	165	124	131	141	146	137	110	140	118	121	

DIRECCION DEL VIENTO MES DE MAYO																																
DIAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	PROME DIO
HORA																																
0	0	45	90	338	90	90	45	135	135	135	90	90	45	135	180	135	135	135	45	45	180	90	45	135	180	135	0	180	45	45	135	106,71
1	45	270	---	45	135	45	45	135	180	135	315	90	45	90	---	135	0	90	135	90	45	0	135	23	135	135	135	135	45	135	45	103,207
2	45	0	45	225	45	---	90	135	135	0	135	45	90	45	45	90	90	90	135	113	45	180	135	135	90	315	135	135	45	45	158	100,533
3	45	45	135	135	45	45	90	135	180	180	45	270	135	0	180	135	90	45	135	135	90	45	135	135	135	---	135	45	90	90	0	103,5
4	90	0	270	270	45	90	45	45	135	45	90	0	0	0	180	90	135	---	90	225	68	135	---	90	0	0	135	45	135	0	90	87,6897
5	225	90	90	90	225	90	45	135	158	45	135	---	135	135	45	135	45	135	135	135	45	135	---	45	135	180	135	90	90	180	135	117,172
6	45	45	135	113	45	90	225	135	135	45	135	135	158	90	90	45	0	135	90	90	---	180	---	180	45	270	180	0	45	180	68	107,897
7	0	315	270	---	225	270	338	45	0	270	270	23	135	90	135	225	135	225	45	90	0	270	0	270	180	0	135	270	135	0	180	151,533
8	0	315	0	0	0	0	45	315	270	270	0	315	0	45	225	225	270	225	0	315	180	0	0	45	135	0	135	225	270	315	315	143,71
9	0	0	180	315	270	315	0	225	315	0	0	0	315	135	225	270	0	293	0	338	0	0	225	315	135	0	135	180	270	135	---	153,033
10	0	45	158	270	0	315	0	315	0	0	315	45	180	---	315	315	225	315	315	315	0	45	270	135	135	315	135	90	135	90	0	159,767
11	315	90	203	180	315	0	293	135	0	0	270	45	270	180	315	0	315	270	23	135	248	270	135	135	135	135	158	180	225	135	315	175
12	135	135	225	135	315	270	0	315	315	315	270	270	135	315	270	338	0	315	158	270	248	158	180	135	135	135	135	90	203	158	0	196,065
13	180	135	135	180	0	0	180	0	270	270	270	0	270	315	135	45	45	315	45	315	180	180	135	180	135	135	135	180	225	135	0	152,419
14	315	135	135	90	315	180	135	45	0	0	0	270	0	225	180	45	23	315	180	90	135	90	113	158	180	135	180	270	135	135	315	145,935
15	135	135	225	180	225	135	135	135	315	315	0	68	90	180	248	135	0	270	135	158	315	135	225	225	180	225	135	135	90	225	0	164,806
16	225	135	135	180	135	180	0	158	315	0	0	135	90	315	338	45	203	135	315	180	135	203	270	135	90	45	180	135	158	135	315	161,935
17	180	180	158	90	90	68	315	135	315	315	315	135	180	180	135	90	0	135	135	135	113	135	90	135	90	135	180	180	135	113	180	153,935
18	113	135	90	135	90	315	135	90	158	270	90	45	90	0	90	90	90	90	135	135	0	135	135	135	23	135	135	135	135	135	68	114,742
19	135	90	135	135	90	23	135	45	158	0	0	90	135	135	135	0	135	90	270	90	90	135	135	135	45	90	90	135	90	203	105,29	
20	135	135	135	90	135	90	45	90	45	45	45	315	90	45	135	135	90	135	113	90	225	135	90	90	90	90	90	90	90	45	105,258	
21	90	45	0	90	135	90	45	270	90	45	0	---	45	135	90	45	90	90	135	90	180	135	90	45	135	135	135	90	45	0	90	90
22	0	135	0	90	135	135	90	135	90	45	0	315	0	45	135	45	45	90	45	68	135	135	45	90	135	135	135	135	90	180	135	96,5484
23	45	---	45	135	113	45	135	135	135	45	45	45	90	45	113	90	135	90	45	45	90	135	45	45	45	113	90	135	135	90	90	86,3
PROME DIO	104,1	115,4	130,2	152,7	134,1	125,3	108,8	143,5	160,4	116,3	118,1	124,8	113,5	125,2	171,3	95,67	175,1	119,1	153,8	119,4	127,5	125,4	131,3	113,5	130,1	132,2	136,9	127,5	118,2	125,3		

DIRECCION DEL VIENTO MES DE JUNIO

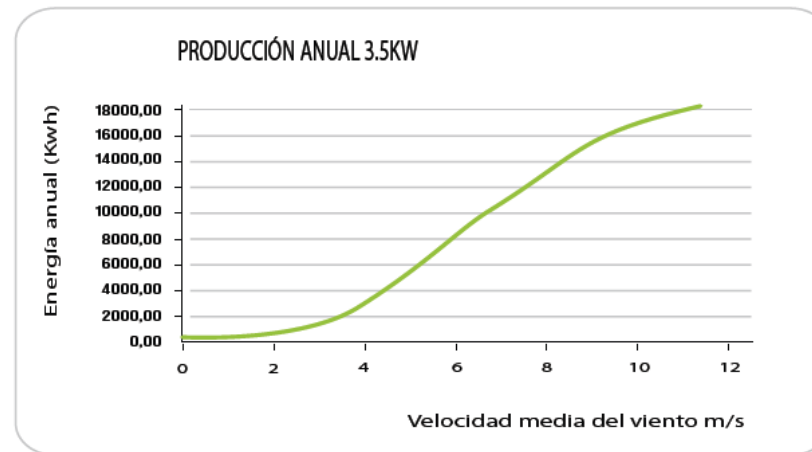
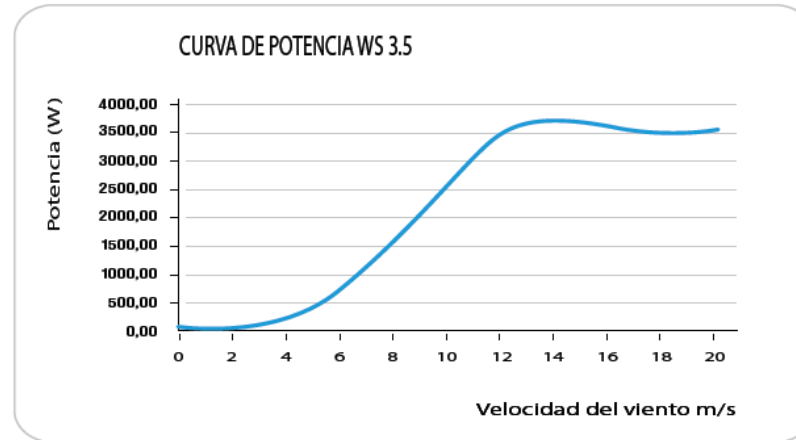
DIAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	PROMEDIO
HORA																															
0	45	180	135	90	270	90	45	0	135	180	23	45	135	293	45	158	23	45	90	135	180	180	90	68	0	180	45	135	45	180	108,833
1	90	135	45	45	135	90	135	45	135	135	45	135	0	---	45	45	90	45	90	180	90	180	90	135	180	180	135	45	135	90	100,862
2	0	90	0	45	68	135	45	90	180	315	113	45	90	180	90	90	90	315	135	158	135	315	158	45	---	315	45	0	45	135	119,552
3	0	90	135	45	0	113	135	90	135	90	270	135	180	270	135	135	135	135	---	90	135	90	45	135	---	90	135	135	135	135	119,75
4	135	135	135	90	270	113	45	90	90	23	90	135	225	135	45	180	90	135	135	90	180	45	135	45	0	45	45	135	135	180	111,033
5	90	45	45	90	0	90	135	45	90	45	135	90	---	225	90	45	135	225	45	45	0	135	135	45	180	135	135	45	90	0	90
6	0	90	90	0	135	90	203	90	90	0	45	45	225	270	135	45	90	0	0	45	0	225	135	135	225	225	203	90	45	0	99,0333
7	0	0	45	0	135	135	315	45	135	0	0	45	---	45	0	0	135	270	180	45	0	315	68	135	180	315	315	45	45	0	101,655
8	0	0	225	0	225	315	180	0	0	270	315	225	135	90	315	0	45	270	315	0	315	270	315	315	270	270	180	225	225	315	187,5
9	248	225	270	135	135	135	315	0	270	315	315	0	270	45	0	315	315	315	315	0	315	158	315	0	270	158	315	270	0	315	201,8
10	0	180	315	180	270	180	270	315	293	270	0	293	315	293	45	315	0	315	315	0	0	135	315	0	315	135	270	315	293	0	198,067
11	23	135	135	135	135	135	0	23	315	270	45	270	315	225	45	0	315	0	270	0	0	135	315	135	315	135	0	135	270	0	141,033
12	203	158	135	135	135	180	315	0	45	0	0	270	338	0	180	0	45	45	0	0	158	135	135	135	135	135	315	135	270	158	129,833
13	135	135	180	113	180	135	338	45	315	135	315	315	0	0	180	203	180	0	203	180	135	180	225	158	135	180	338	180	315	135	175,6
14	135	135	135	180	135	180	270	315	135	135	0	270	270	135	225	225	135	315	0	0	135	180	135	135	158	180	270	135	270	135	168,767
15	135	135	270	135	180	180	180	315	0	225	315	225	0	90	315	180	180	315	180	0	225	180	135	135	180	180	180	270	225	225	183
16	135	158	135	158	135	135	180	338	180	0	135	0	315	0	315	135	135	315	135	0	225	135	158	135	135	135	180	135	0	225	150,067
17	135	180	135	203	90	0	135	45	135	270	0	0	338	45	45	135	135	135	135	270	135	90	180	135	135	90	135	135	0	135	124,533
18	158	90	135	135	45	135	135	45	180	90	135	0	90	135	158	158	135	135	90	0	135	135	203	135	135	135	135	135	0	135	115,567
19	135	135	135	135	90	135	45	45	135	135	90	45	135	135	90	135	135	135	90	0	180	90	135	135	135	90	45	135	45	180	109,5
20	135	135	135	135	135	135	45	135	90	90	90	90	113	90	45	135	90	158	135	90	135	113	135	135	90	113	45	135	90	135	111,067
21	135	135	135	135	45	45	0	270	45	0	90	135	135	270	90	113	90	90	0	45	315	135	135	135	90	135	0	135	135	315	117,767
22	135	45	90	90	90	135	45	225	90	45	90	135	135	45	180	90	45	135	90	0	45	135	135	90	45	135	45	90	135	45	94,5
23	135	113	90	45	135	158	90	135	113	135	135	90	135	135	0	45	135	90	135	45	135	135	135	135	135	135	90	90	90	135	110,3
PROMEDIO	97,6	119	137	102	132	132	150	114	139	132	116	127	177	137	117	120	121	164	134	59,1	138	159	165	116	157	159	150	137	127	138	

DIRECCION DEL VIENTO MES DE JULIO

DIAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	PROMEDIO
HORA																																
0	135	45	135	135	45	45	135	135	135	135	135	135	113	135	90	135	90	180	---	135	90	135	113	203	135	180	270	135	45	135	180	128
1	180	45	135	90	180	45	135	90	180	135	158	90	180	135	90	45	113	135	---	90	90	90	113	180	45	180	135	180	225	0	203	123
2	135	225	113	135	225	225	113	135	135	135	225	90	90	135	135	113	135	225	---	45	23	135	135	158	23	135	225	180	45	158	135	137
3	0	0	225	135	45	0	225	135	0	90	180	45	135	90	270	135	0	225	0	135	0	158	135	180	135	135	135	180	45	135	113	110
4	0	0	135	90	315	0	135	90	0	135	180	113	0	270	135	45	135	0	45	68	135	45	135	135	180	158	180	135	0	135	45	102
5	270	45	135	0	45	45	135	0	270	135	135	113	90	90	45	45	45	0	45	45	0	135	90	135	180	135	180	225	135	45	135	101
6	158	45	180	45	158	45	180	45	158	158	135	158	68	45	135	135	90	---	0	135	90	180	180	135	113	135	135	135	0	90	0	109
7	135	0	158	315	0	0	158	315	135	225	158	45	248	225	90	315	0	0	315	0	0	135	135	180	158	180	135	225	225	68	0	138
8	135	270	180	315	270	270	180	315	135	0	135	270	270	315	0	0	0	315	315	0	45	180	158	180	180	158	135	135	180	315	315	183
9	225	225	135	270	315	225	135	270	225	180	180	225	270	0	270	315	270	270	180	0	225	135	135	135	0	158	180	225	135	315	45	189
10	180	180	180	45	45	180	180	45	180	135	180	23	315	0	315	0	0	0	203	315	315	158	135	135	225	158	135	0	180	315	0	144
11	135	180	113	135	135	180	113	135	135	135	180	180	135	270	270	225	135	135	180	315	315	135	135	180	158	135	225	315	0	135	180	172
12	158	135	158	180	135	135	158	180	158	135	180	180	180	45	0	180	135	225	45	270	0	180	135	158	180	135	135	180	135	135	135	145
13	180	135	158	135	158	135	158	135	180	180	180	180	180	180	0	180	225	135	180	225	135	180	135	180	158	135	180	135	0	180	203	156
14	135	180	180	135	135	180	180	135	135	225	135	225	135	180	315	135	180	0	180	135	180	135	90	135	135	135	135	203	180	135	248	160
15	135	225	135	135	90	225	135	135	135	158	135	180	135	135	180	180	270	0	135	135	135	135	203	180	158	135	135	135	158	135	90	148
16	135	113	135	180	135	113	135	180	135	225	180	180	135	180	135	180	270	180	0	135	180	158	135	135	135	180	135	90	203	180	135	152
17	180	45	180	158	135	45	180	158	180	225	135	113	180	113	135	225	225	135	180	180	135	113	203	135	135	135	135	180	135	135	135	151
18	158	135	135	135	315	135	135	135	158	180	135	135	90	135	135	180	135	68	90	90	90	135	135	135	135	180	180	315	180	135	135	147
19	135	135	203	135	135	135	203	135	135	180	90	135	135	90	135	0	23	45	90	135	113	113	135	270	225	135	90	180	135	135	135	131
20	90	203	180	135	45	203	180	135	90	135	180	113	135	0	90	90	225	0	135	135	135	158	135	135	158	135	158	135	135	135	135	131
21	135	45	135	135	45	45	135	135	135	158	180	90	135	135	90	68	0	0	0	90	180	135	158	135	180	135	203	90	90	135	135	112
22	135	0	135	113	45	0	135	113	135	135	315	135	135	135	90	135	135	0	158	90	180	135	135	90	270	90	135	180	338	158	135	133
23	90	180	158	135	90	180	158	135	90	180	225	135	135	45	90	45	45	---	135	90	90	135	180	113	180	90	180	0	90	158	135	123
PROMEDIO	140	116	155	143	135	116	155	143	140	155	169	137	151	128	135	129	120	103	124	125	120	139	141	156	149	144	161	162	125	150	129	

Anexo 6

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL AEROGENERADOR WINDSPOT 3.5KW



POTENCIA		3.5 Kw @ 250 rpm
DIÁMETRO DEL ROTOR	4.05 m	
VELOCIDAD DE ARRANQUE	3 m/s	
VELOCIDAD NOMINAL	12 m/s	
PESO	185 kg	
LONGITUD	3.2 m	
PRODUCCIÓN ANUAL ESTIMADA	5550-11300 Kwh	
EMISIONES DE CO₂ AHORRADAS	3610-7350 kg	
TIPO	Rotor horizontal a barlovento	
GENERADOR	Síncrono de imanes permanentes; 3 fases, 24-48-110-220 V a 50/60 Hz	
ORIENTACIÓN	Sistema pasivo: Timón de orientación	
CONTROL DE POTENCIA	Sistema de Paso Variable pasivo, centrífugo y amortiguado (diseño patentado)	
TRANSMISIÓN	Directa	
FRENO	Eléctrico	
CONTROLADOR	Opción de conexión a red y para carga de baterías	
INVERSOR	Eficiencia ≈ 95% ; Algoritmo MPPT	
RUIDO	37 dB(A) a 60 m de distancia y viento de 8 m/s (según estándares BWEA)	
PROTECCIÓN ANTI-CORROSIÓN	Diseño totalmente sellado + cataforesis + anodizado + pintura resistente a UV	
TORRE	12, 14 y 18 m; con sistema hidráulico o mecánico de abatimiento	
DISEÑO	Según norma IEC61400-2	

Anexo 7

FOTOGRAFÍAS DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA EN EL SITIO







