

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN
ENERGÍA



EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL
SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO FOTOVOLTAICO INSTALADO EN
LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERÍA EN ENERGÍA

AUTOR:

Bach. Anapaula Marianella Solis Alberca

Bach. Ronny Jhonatan Saenz Gutierrez

ASESOR:

Dr. Denis Javier Aranguri Cayetano

Nuevo Chimbote – Perú 2021

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍA



CARTA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR

La presente Tesis ha sido revisada y desarrollada en cumplimiento del objetivo propuesto y reúne las condiciones formales y metodológicas, estando encuadrado dentro de las áreas y líneas de investigación conforme al reglamento general para obtener el título profesional en la Universidad Nacional del Santa (RD: N° 471-2002-CU-R-UNS) de acuerdo a la denominación siguiente:

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN ENERGIA

**TÍTULO: “EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL SISTEMA
HÍBRIDO EÓLICO FOTOVOLTAICO INSTALADO EN LA UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA”**

TESISTAS:

Bachiller. SOLIS ALBERCA, Anapaula Marianella

Bachiller. SAENZ GUTIERREZ, Ronny Jhonatan



Dr. Denis Javier Aranguri Cayetano

ASESOR

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍA



HOJA DE CONFORMIDAD DEL JURADO

El presente proyecto de investigación de Tesis titulado:

**“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL SISTEMA HÍBRIDO
EÓLICO FOTOVOLTAICO INSTALADO EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL SANTA”**

Elaborado por los Tesistas:

Bachiller. SOLIS ALBERCA, Anapaula Marianella

Bachiller. SAENZ GUTIERREZ, Ronny Jhonatan

Revisado y aprobado por el siguiente jurado evaluador:

Mg. Gilmer Juan Luján Guevara

Presidente

Mg. Robert Fabián Guevara Chinchayán

Secretario

Dr. Denis Javier Aranguri Cayetano

Integrante



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA
Dirección E.P. de Ingeniería en Energía

“Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia”

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

A los veintidós días del mes de noviembre del año dos mil veintiuno, siendo las siete horas de la noche, se reunieron en forma virtual a través de la aplicación zoom, el Jurado Evaluador designado mediante **Resolución N°426-2021-UNS-CFI**, integrado por los siguientes docentes:

- **Mg. GILMER JUAN LUJÁN GUEVARA** : PRESIDENTE
- **Mg. ROBERT FABIAN GUEVARA CHINCHAYAN** : SECRETARIO
- **Dr. DENIS JAVIER ARANGURI CAYETANO** : INTEGRANTE

Para dar inicio a la sustentación y evaluación de la Tesis titulada: “**EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL SISTEMA HIBRIDO EOLICO FOTOVOLTAICO INSTALADO EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**”, elaborada por el Bachiller de Ingeniería en Energía: **ANAPAUOLA MARIANELLA SOLIS ALBERCA**, con código de matrícula N° 0201411028, teniendo como asesor al docente Dr. Denis Javier Aranguri Cayetano designado mediante Resolución Decanal N° 384-2020-UNS-FI de fecha 11.11.2020.

Terminada la sustentación el estudiante, respondió las preguntas formuladas por los miembros del jurado y el público presente.

El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo y con las sugerencias pertinentes, en concordancia con el artículo 103° del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Nacional del Santa, declara:

BACHILLER	PROMEDIO	PONDERACIÓN
ANAPAUOLA MARIANELLA SOLIS ALBERCA	Diecisiete (17)	Muy Bueno

Siendo las ocho horas de la noche, se da por terminado el acto de sustentación, firmando los integrantes del jurado en señal de conformidad.


Mg. Gilmer J. Luján Guevara
PRESIDENTE


Mg. Robert F. Guevara Chinchayán
SECRETARIO


Dr. Denis J. Aranguri Cayetano
INTEGRANTE



"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

A los veintidós días del mes de noviembre del año dos mil veintiuno, siendo las siete horas de la noche, se reunieron en forma virtual a través de la aplicación zoom, el Jurado Evaluador designado mediante **Resolución N°426-2021-UNS-CFI**, integrado por los siguientes docentes:

- **Mg. GILMER JUAN LUJÁN GUEVARA** : PRESIDENTE
- **Mg. ROBERT FABIAN GUEVARA CHINCHAYAN** : SECRETARIO
- **Dr. DENIS JAVIER ARANGURI CAYETANO** : INTEGRANTE

Para dar inicio a la sustentación y evaluación de la Tesis titulada: "**EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL SISTEMA HIBRIDO EOLICO FOTOVOLTAICO INSTALADO EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**", elaborada por el Bachiller de Ingeniería en Energía: **RONNY JHONATAN SAENZ GUTIERREZ**, con código de matrícula N° 0201411053, teniendo como asesor al docente Dr. Denis Javier Aranguri Cayetano designado mediante Resolución Decanal N° 384-2020-UNS-FI de fecha 11.11.2020.

Terminada la sustentación el estudiante, respondió las preguntas formuladas por los miembros del jurado y el público presente.

El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo y con las sugerencias pertinentes, en concordancia con el artículo 103° del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Nacional del Santa, declara:

BACHILLER	PROMEDIO	PONDERACIÓN
RONNY JHONATAN SAENZ GUTIERREZ	Diecisiete (17)	Muy Bueno

Siendo las ocho horas de la noche, se da por terminado el acto de sustentación, firmando los integrantes del jurado en señal de conformidad.


Mg. Gilmer J. Luján Guevara
PRESIDENTE


Mg. Robert F. Guevara Chinchayán
SECRETARIO


Dr. Denis J. Aranguri Cayetano
INTEGRANTE

DEDICATORIA

A Dios por siempre haber iluminado mi camino, llenándome de fuerza y esperanza para continuar a lo largo de mi vida.

A mis padres, Ronald Solis y Azucena Alberca, por ser los pilares fundamentales en mi desarrollo como persona y profesional. Por siempre creer en mí, dándome fuerzas para continuar día tras día y apoyo incondicional cuando más lo necesité. Por su amor y sacrificio que me inspiraron a ser siempre la mejor versión de mí y estar siempre a mi lado.

A mi hermana, Claudia Solis, por ser mi modelo a seguir en cada paso que daba demostrándome que con esfuerzo y dedicación todas las metas pueden ser alcanzables.

A todos mis familiares, por sus consejos, confianza y cariño ayudándome a realizar como la persona que ahora soy.

Atentamente

Anapaula Marianella Solis Alberca

DEDICATORIA

A mis padres LUIS SAENZ y LIBIA GUTIERREZ, por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad, muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este. Por su amor incondicional, comprensión, consejos y apoyo constante para poder cumplir mis metas.

A todos mis familiares, por depositar su confianza en mí y ayudarme a realizarme como la persona que ahora soy.

Y para mi novia JHOSELIN CHARUN ACOSTA

Por su apoyo y gran amor.

Atentamente

Ronny Jhonatan Saenz Gutierrez

AGRADECIMIENTO

Agradecimiento al Dr. Denis Javier Aranguri Cayetano, por la asesoría, recomendaciones y sugerencias brindadas para la realización del presente informe de tesis.

A todos los profesores de la EAP. Ingeniería en Energía, por involucrarse en nuestro desarrollo académico y profesional mediante sus pertinentes conocimientos y apoyo necesario a lo largo de nuestra formación ética profesional durante nuestra vida universitaria.

Y a todas aquellas personas que, de alguna manera, colaboraron o participaron en la realización de este informe, hacemos extensivo nuestro más sincero agradecimiento.

Atentamente

Los autores

ÍNDICE

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE.....	IV
RESUMEN	VIII
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Formulación del problema.....	4
1.3. Objetivos	5
1.3.1. Objetivo general.....	5
1.3.2. Objetivos específicos	5
1.4. Formulación de la hipótesis.....	5
1.5. Justificación.....	5
1.6. Limitaciones del trabajo	6
CAPÍTULO II: MARCO TEORICO	7
2.1. La energía eólica	7
2.1.1. El viento	7
2.1.2. Potencia disponible del viento.....	8
2.1.3. Turbinas eólicas	9
2.1.4. Torque de una turbina eólica	12
2.1.5. Límite de lanchester betz-joukowsky	14
2.2. Sistema de generación eléctrica mediante energía eólica	17
2.2.1. Aerogenerador	18
2.3. La energía solar fotovoltaica	23
2.3.1. Radiación solar	24
2.3.2. El efecto fotovoltaico	27
2.3.3. Tecnologías de fabricación de celdas fotovoltaicas.....	29
2.4. Sistema de generación eléctrica por energía fotovoltaica	30
2.5. Sistema híbrido eólico fotovoltaico	37
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS	42
3.1. Materiales	42

3.1.1. Equipos.....	42
3.1.2. Instrumentos	47
3.2. Metodología de estudio	48
3.2.1. Método de investigación	48
3.2.2. Diseño de investigación	48
3.2.3. Población y muestra.....	48
3.2.4. Técnica e instrumentos de recopilación de datos	48
3.2.5. Procedimiento para la recolección de datos	49
3.2.6. Técnica de procedimiento y análisis de los resultados	49
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	50
4.1. Análisis del rendimiento del aerogenerador.....	50
4.2. Análisis del rendimiento de los módulos fotovoltaicos	61
4.3. Análisis de la eficiencia del sistema híbrido eólico fotovoltaico	74
4.4. Discusión de resultados.....	80
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	83
5.1. Conclusiones.....	83
5.2. Recomendaciones	84
CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y VIRTUALES.....	86
6.1. Tesis	86
6.2. Textos.....	87
6.3. Artículos científicos	88
6.4. Linkografía	89
CAPÍTULO VII: ANEXOS	90

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Promedios diarios de los Parámetros del Recurso Solar en el Perú	26
Tabla 2. Eficiencia fotovoltaica de distintas tecnologías de celda	30
Tabla 3. Materiales empleados en la investigación	42
Tabla 4. Especificaciones de los módulos fotovoltaicos.....	43
Tabla 5. Especificaciones del aerogenerador	43
Tabla 6. Especificaciones del inversor solar	44
Tabla 7. Especificaciones del inversor eólico	44
Tabla 8. Especificaciones del inversor de batería.....	45
Tabla 9. Especificaciones del anemómetro	47
Tabla 10. Especificaciones del piranómetro.....	47
Tabla 11. Resumen de los modelos estimados	52
Tabla 12. Potencia estimada y MAPE por modelo indicador.....	52
Tabla 13. Resumen de cálculo de los parámetros del aerogenerador	60
Tabla 14. Resumen de cálculo de los parámetros de los generadores fotovoltaicos	73
Tabla 15. Resumen del cálculo de los parámetros del sistema híbrido eólico solar	75

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Potencia de viento por metro cuadrado de sección transversal, a 15°C y 1 atm	9
Figura 2. Rotores de eje horizontal	11
Figura 3. Rotores de eje vertical	11
Figura 4. Coeficiente de potencia en función al TSR	12
Figura 5. Relación entre el coeficiente par y el TSR	14
Figura 6. Extracción de energía de viento por una turbina eólica	15
Figura 7. Gráfica del coeficiente de potencia	17
Figura 8. Sistema eólico de generación.....	18
Figura 9. Componentes de un sistema de generación de energía eólica	20
Figura 10. Curva de potencia de un aerogenerador	22
Figura 11. Porcentaje de pérdidas en un aerogenerador.....	23
Figura 12. Reservas energéticas finitas y renovables del planeta.....	23
Figura 13. Espectro electromagnético de la radiación solar	24
Figura 14. Tipos de radiación sobre una superficie	25
Figura 15. Absorción y emisión de luz en materiales semiconductores	27
Figura 16. Unión P-N.....	28
Figura 17. Sistema fotovoltaico de generación.....	31
Figura 18. Conexión de las celdas en un panel fotovoltaico.....	31
Figura 19. (a) Corriente de Iluminación y Corriente de Oscuridad, (b) Célula Solar en Circuito Abierto y (c) en Corto Circuito	32
Figura 20. Factor de Forma	34
Figura 21. Límite de eficiencia Shockley-Queisser	35
Figura 22. Interfaz de la pantalla táctil.....	45
Figura 23. Diagrama Unifilar de los elementos que conforman sistema híbrido eólico fotovoltaico. Inversor fotovoltaico Sunny Boy (rojos), Inversores Sunny Island (amarillos), inversor eólico (celeste).....	46

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Datos iniciales de velocidad y potencia medida.....	50
Gráfica 2. Datos iniciales de RPM y la potencia medida.....	51
Gráfica 3. Curva de potencia medida y estimado del aerogenerador.....	54
Gráfica 4. Curvas de potencias del aerogenerador.....	55
Gráfica 5. Coeficiente de potencia en función a la velocidad de viento	57
Gráfica 6. Relación entre el coeficiente de torque y TSR.....	59
Gráfica 7. Potencia horaria de los módulos fotovoltaicos (19 de Setiembre, 2019).....	61
Gráfica 8. Relación entre la potencia disponible recibida y la potencia aprovechada por el sistema fotovoltaico (19 de Setiembre, 2019).	62
Gráfica 9. Eficiencia de los módulos fotovoltaico (19 de Setiembre, 2019).....	63
Gráfica 10. Irradiancia solar y temperatura ambiente. (19 de Setiembre, 2019).....	64
Gráfica 11. Potencia horaria de los módulos fotovoltaicos (17 de Febrero, 2020)	65
Gráfica 12. Eficiencia de los módulos fotovoltaico (17 de Febrero, 2020)	66
Gráfica 13. Irradiancia solar y temperatura ambiente (17 de Febrero, 2020)	66
Gráfica 14. Comportamiento de la potencia eléctrica promedio por cada grupo de módulo fotovoltaico.....	67
Gráfica 15. Relación entre la potencia promedio disponible y aprovechada por el sistema fotovoltaico.....	69
Gráfica 16. Comportamiento promedio de la irradiancia solar y la temperatura ambiente	70
Gráfica 17. Comportamiento promedio de la eficiencia de los módulos fotovoltaicos	72
Gráfica 18. Relación entre la potencia diaria recibida por el sistema híbrido eólico fotovoltaico y la potencia de generación eléctrica del sistema.....	76
Gráfica 19. Proporcionalidad en función al orden de aportación de potencia de los módulos fotovoltaicos y el aerogenerador al sistema híbrido.....	78
Gráfica 20. Eficiencia de conversión de energía del sistema híbrido eólico fotovoltaico	79

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Ubicación del sistema híbrido en estudio.....	90
Anexo 2. Irradiación Global Horizontal que alcanza la superficie del Perú	91
Anexo 3. Mapa de velocidad media del viento para el Perú	91
Anexo 4. Cuadro de eficiencias de las diferentes células en investigación	91
Anexo 5. Ficha técnica de los generadores fotovoltaicos policristalinos.....	91
Anexo 6. Ficha técnica de los generadores fotovoltaicos de película delgada.....	91
Anexo 7. Aplicaciones conectadas a red y en sistemas aislados	91
Anexo 8. Ficha técnica del generador eólico – Antaris.....	91
Anexo 9. Ficha técnica del inversor fotovoltaico – Sunny Boy	91
Anexo 10. Ficha técnica del inversor eólico – Smart Power Electronics	91
Anexo 11. Ficha técnica del inversor de baterías – Sunny Island	91
Anexo 12. Ficha técnica de los acumuladores – BAE (1).....	91
Anexo 13. Ficha técnica de los acumuladores – BAE (2).....	91
Anexo 14. Recopilación de data a tiempo real	91

RESUMEN

La diversificación de la matriz energética es un ámbito fundamental para el desarrollo del Perú lo cual conlleva al desarrollo de energía sustentable y renovable y, que a su vez, reduzcan al mínimo los potenciales impactos negativos ambientales, siendo las opciones más viables los recursos eólico y solar en función de nuestra situación geográfica. Es así, que el presente informe presenta el estudio de tecnología híbrida autosustentable, mediante la presentación de datos a tiempo real obtenidos en el Módulo Solar-Eólico Energy Cube instalado en la Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbote – Ancash, con una potencia nominal de 6200 W, el cual corresponde una potencia nominal de 3500 W al sistema eólico y 2700 W al sistema fotovoltaico. Se ha realizado una evaluación de la eficiencia energética del sistema híbrido por la disposición del recurso eólico-solar en función de la potencia generada tanto por los módulos fotovoltaicos, así como por el aerogenerador, siendo caracterizado como un sistema conjunto. Para esto se toma en cuenta datos recolectados de irradiancia solar, velocidad de viento y potencia entregada por el sistema a tiempo real de los días evaluados desde Setiembre del 2019 hasta Febrero del 2020. En función al periodo de funcionamiento evaluado, los resultados obtenidos indican que la eficiencia energética del sistema híbrido eólico fotovoltaico asciende a valores máximos de 14.69% al cual le corresponde a una potencia promedio generada de 1187 W y bajo las circunstancias de trabajo analizadas se puede llegar obtener una eficiencia mínima que va en un rango entre 9.91 - 10.81% con una potencia promedio generada de 1140 y 970 W respectivamente.

PALABRAS CLAVE: Energía fotovoltaica, Energía Eólica, Sistema Híbrido, Energy Cube, Off grid.

ABSTRACT

The diversification of the energy matrix is a fundamental area for the development of Peru, which leads to the development of sustainable and renewable energy and, which in turn, reduces the potential negative environmental impacts to a minimum, wind and solar resources being the most viable options depending on our geographical location. Therefore, the current report presents the study of self-sustaining hybrid technology by presenting real-time data obtained in the Solar-Wind Energy Cube Module installed at the Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbote – Ancash, with a nominal power of 6200 W, which corresponds to a nominal power of 3500 W for the wind system and 2700 W for the photovoltaic system. An evaluation of the energy efficiency of the hybrid system has been carried out by the arrangement of the wind-solar resource based on the power generated by both the photovoltaic modules, as well as by the wind turbine, being characterized as a joint system. For this, data collected on solar irradiance, wind speed and power delivered by the system in real time are taken into account from the days evaluated from September 2019 to February 2020. Depending on the period of operation evaluated, the results obtained indicate that the energy efficiency of the hybrid photovoltaic wind power system amounts to maximum values of 14.69%, which corresponds to an average power generated of 1187 W and under the working circumstances analyzed it can be obtained a minimum efficiency that goes in a range between 9.91 - 10.81% with an average power generated of 1140 and 970 W respectively.

KEYWORDS: Photovoltaic Energy, Wind Power, Hybrid System, Energy Cube, Off-grid.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

- Santa Cruz, K. (2018) mediante su tesis “*Diseño de un Sistema Híbrido Eólico Fotovoltaico para el Suministro de Energía Eléctrica del Centro Poblado Nueva Esperanza ubicado en el distrito de Catache – Santa Cruz – Cajamarca*” pone en evidencia la situación actual de las limitaciones de nuestro sistema nacional de distribución de energía eléctrica dejando sin servicio al centro poblado en cuestión (encontrándose las redes de media tensión de 10 kV más cercanas a 20 km de distancia) para lo cual hace un dimensionamiento para un sistema híbrido aislado con datos obtenidos de la NASA y centros meteorológicos cercano al lugar de estudio, obteniendo valores de radiación de 4.47 y 4.75 kWh/m²/día, respectivamente, confirmando el nivel de proximidad en los datos y dándoles el nivel de confiabilidad para finalmente calcular las máximas demandas requeridas así como la viabilidad de los recursos eólico y solar. La demanda ascendió a 12640 kWh/día pudiendo ser cubierta eficazmente por 18 paneles fotovoltaicos de 190 Wp y un generador eólico de 5kW instalado a 18 m sobre el nivel del suelo.
- Marčiukaitis et al. (2017) por medio de su artículo científico titulado “*Modelo de regresión no lineal para la curva de potencia de un aerogenerador*” se propuso un modelo de regresión no lineal para la aproximación de la curva de potencia de la turbina eólica que se destaca por comprender varias ventajas como el ajuste de las propiedades físicas de la turbina eólica, menor número de parámetros a estimar y dependencia de un solo factor (velocidad de viento). Como factor adicional, a modo de prueba, se adicionó la dirección de viento en el modelamiento de curva resultando en una mejora de precisión relativamente insignificante y por lo tanto despreciable, ya que tenía una variación promedio del valor MAPE de 0.23%, aunque este valor se ve afectado si existe una dirección de viento predominante, por ello, este modelo fue propuesto con el objetivo de evitar el proceso de eliminación de valores atípicos, así como el impacto de la concentración de datos semejantes. En las secuencias de valores, se utilizó el método de “validación cruzada” (método para certificar si el modelo de curva de potencia desarrollado es apropiado para la predicción de la energía eólica) donde se precisó el 20% de la muestra resultando en un valor de

MAPE del 8.75% y para el complementario 80% se obtuvo un valor del 9.58%. Luego de 148 iteraciones, se obtuvo un valor de MAPE promedio del 8.4% (mientras que en el peor de los casos el valor no llegaba ni al 10%) lo que evidenció alta precisión. Así se demostró que es un modelo confiable sin depender directamente de los valores iniciales y contribuir así a métodos de predicción más precisos.

- Polo, A. y De la gala, A. (2017) por medio de su artículo científico titulado “*Evaluación del funcionamiento de un sistema fotovoltaico de 3.3 kW interconectado a la red eléctrica del CERT-UNJBG, Tacna: Octubre 2016 – Octubre 2017*” presentaron los resultados de mediciones obtenidos en un sistema solar fotovoltaico de 3.3 KW cuyo funcionamiento se evaluó integralmente bajo las condiciones meteorológicas ambientales de la región en cuestión, mostrando como la eficiencia nominal del 16.43% se ve disminuida por factores de pérdida tales como la temperatura de los módulos, que en los meses de verano alcanzó valores de 53 °C mientras que invierno hasta 42 °C. Por otra parte, se consiguió una eficiencia de 14.74% para los meses de mejor irradiancia, es decir verano, mientras que para los meses de invierno, la eficiencia alcanzó valores mínimos de 11.47% generando una relación proporcional entre irradiancia y eficiencia.

- Feitosa, E., Salviano, T., Albiero, D., Castro, A. y Montero, A. (2014) en su investigación titulada “*Curvas de potencia de aerogeneradores para baja velocidad del viento en la generación de energía eléctrica para agricultura familiar*” se presentó la comparación de tres turbinas eólicas con potencia nominal de 1 kW procedentes de diferentes fabricantes con el objetivo de analizar los modelos que tienen una mayor generación de energía y requieran una velocidad del viento menor. Mediante los resultados obtenidos se pudo constatar que ninguna de las turbinas mostró un desempeño satisfactorio en condiciones de velocidad de viento de 3m/s para ser económicamente viable. Así también se demostró lo esencial de la curva de potencia de los aerogeneradores en la planificación del desarrollo de la energía eólica ya que mientras que dos turbinas disponían de una generación de energía anual de aproximadamente 2 MWh anuales, la restante apenas generaba 0.8 MWh para una velocidad de viento de 4.5 m/s denotando una diferencia abismal para turbinas bajo los mismos regímenes de velocidad de viento.

- Rojas, A. (2012) en su investigación titulada “*Evaluación del Recurso Eólico de la UNS para proyección de un Bosque Eólico De Autogeneración*”, se presentó un análisis de la situación actual y se estableció una propuesta estratégica para el desarrollo de un parque eólico en la Universidad Nacional del Santa, se utilizó fichas y formatos de recolección de datos, un anemómetro digital modelo H4326 y una veleta para estimar la dirección de viento, las mediciones se realizaron a 10 metros sobre el nivel del terreno, durante 3 meses representativos (Febrero, Abril y Julio) del 2010 tomados en el campus de la UNS con intervalos de 10 minutos, mediante los resultados hallados se puede concluir que se presentan condiciones favorables para la instalación de un parque eólico de autogeneración en la Universidad Nacional del Santa. Los resultados dan entre otros valores una velocidad promedio de 5 m/s, dirección de viento predominante sureste, en otras palabras, se concluyó que si es posible realizar proyectos de aerogeneración en esta zona de estudio.

- Araújo, A., Melo, G., Medeiros, A. y Dos Santos, M. (2009) a través de su artículo científico titulado “*Simulación de la Producción de Energía Eléctrica con Aerogeneradores de Pequeño Tamaño*” presentan la simulación de la producción de electricidad a partir de varios aerogeneradores de pequeño tamaño, en el régimen de vientos de Olinda-Pernambuco-Brasil. En el estudio en cuestión se preseleccionaron 5 aerogeneradores de pequeño tamaño con características técnicas similares, a una altura de 22 m, realizando un análisis comparativo del rendimiento de los aerogeneradores. Al calcular la electricidad producida se examinó el impacto del cambio en la densidad del aire con la temperatura. Durante el periodo de estudio se registró un rango de temperaturas ambientales oscilantes entre 21.4 y 32.1 °C, con el valor medio de 27.5 °C, arrojando resultados que indicaban que no había necesidad de hacer correcciones en el cálculo de la energía eléctrica producida por causa de variaciones en la densidad del aire. Por otro lado, demostraron que las curvas de potencia ofrecidas por los fabricantes no siempre se presentan compatibilidad con la teoría, teniendo un aerogenerador en concreto que señalaba un rendimiento del 229% (para una velocidad de viento de 3 m/s) cuando el límite teórico de C_p es 0.59, dado por el límite de Betz, concluyendo en una evidente necesidad de certificación de las curvas de potencia eléctrica y de las curvas de coeficiente de potencia por instituciones acreditadas.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En el Perú, la generación eléctrica se ha encontrado históricamente concentrada en los recursos hídricos y térmicos (mediante la quema de combustibles). Sin embargo, la excesiva cantidad de gases contaminantes producidos por las centrales térmicas y el impacto ambiental que conlleva la construcción de centrales que operan con fuentes hídricas ha provocado el impulso de la exploración de las fuentes renovables en la generación de energía eléctrica buscando ocasionar un impacto ambiental positivo (OSINERGMIN, 2017).

Las energías renovables tienen numerosas ventajas, pero también presentan ciertos desafíos importantes al sistema de suministro. Una de las características más exigentes es la variabilidad incontrollable de la fuente. No es posible garantizar las condiciones ambientales con anticipación y, en consecuencia, tampoco el suministro. Este problema se puede solventar almacenando energía durante épocas de generación de potencia excesiva y utilizándola cuando la generación de potencia es moderada.

El avance tecnológico nos ha demostrado que los recursos renovables pueden ser utilizados paralelamente mediante sistemas denominados “Híbridos”. Estos sistemas pueden generar energía eléctrica a partir de dos o más fuentes de energía renovables simultáneamente, tal es el caso particular del sistema en estudio, eólico y fotovoltaico. En una investigación reciente (Herrera, 2011), señala que un sistema híbrido optimiza las mejores condiciones del viento y del sol, completamente entre sí. Los días fríos y de viento, normalmente nublados, apenas permiten aprovechar la luz solar, mientras que son ideales para los aerogeneradores. Por su parte, los días de cielos despejados con poco viento, son los más adecuados para los paneles fotovoltaicos.

Por estos motivos la Universidad Nacional del Santa en busca de nuevas tecnologías de investigación en generación eléctrica en función de energías renovables, cuenta de un sistema autónomo basado en generadores fotovoltaicos y eólicos con almacenamiento por medio de baterías.

Teniendo en cuenta lo enunciado se plantea el siguiente problema:

¿Qué valores alcanzó la eficiencia energética en función a los parámetros operativos del sistema híbrido eólico solar fotovoltaico instalado en la Universidad Nacional del Santa?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la eficiencia energética del sistema híbrido eólico fotovoltaico instalado en la escuela profesional ingeniería en energía de la Universidad Nacional del Santa.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar el recurso eólico aprovechado por el sistema híbrido.
- Determinar el recurso solar fotovoltaico aprovechado por el sistema híbrido.
- Identificar y caracterizar los equipos instalados del sistema híbrido eólico fotovoltaico.
- Determinar la potencia energética generada del sistema instalado.
- Establecer la eficiencia del sistema híbrido para el periodo de máxima irradiancia.

1.4. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Se plantea la siguiente hipótesis:

La eficiencia energética del sistema híbrido eólico solar fotovoltaico instalado en la Universidad Nacional del Santa alcanzará valores entre un 15 a 20% en función a sus parámetros operativos.

1.5. JUSTIFICACIÓN

Los procesos para el fortalecimiento de la Matriz Energética Nacional que se vienen realizando necesitan fuentes confiables de energía, así como las que minimicen los impactos negativos al medio ambiente. Es por ello que, en 2008, mediante el Decreto Legislativo N° 1002, Ley de Promoción de la Inversión en Generación de Electricidad con el uso de Energías Renovables, se estableció la promoción de fuentes de energía renovable para mejorar la calidad de vida de la población y proteger el ambiente. De esta manera se desea promover el desarrollo de tecnologías sustentables, así como la factibilidad de la generación distribuida, principalmente en las zonas más apartadas y deprimidas del Perú, seguida de su potencial para crear riqueza y empleo.

El principal fundamento de esta investigación se centra en promover y facilitar información necesaria al analizar y cuantificar el recurso renovable predispuesto, así

como la fracción disponible para su aprovechamiento en la zona de investigación poniendo de manifiesto la posición privilegiada en torno al potencial renovable de la región.

1.6. LIMITACIONES DEL TRABAJO

La presente investigación contempla como principal limitación la discontinuidad de la toma de datos siendo ocasionado por la intermitencia de la producción de energía eléctrica necesaria para mantener activo el sistema híbrido, ya que no contaba con una fuente alterna de respaldo para asegurar su contante funcionamiento, y siendo este un sistema Off-Grid, esta particularidad puede menoscabar sus fines prácticos, futuros proyectos de investigación y la misma integridad del sistema.

CAPÍTULO II: MARCO TEORICO

2.1. LA ENERGÍA EÓLICA

2.1.1. EL VIENTO

La mayoría de las fuentes de energías renovables (excepto la mareomotriz y la geotérmica) provienen del sol. La cantidad total de radiación solar que llega a la tierra es de aproximadamente 1.58 billones de TWh/año, lo que corresponde un promedio de 350 W/m^2 en la superficie del planeta, distribuyéndose mucho más cerca del Ecuador que en los polos. Alrededor del 3 y 5% de la radiación que llega se convierte en energía cinética que puede hacer que la atmosfera se mueva a través de las diferencias de temperatura, formando la base de la fuente de energía eólica. (Pinto, 2012).

El viento se genera a partir de los desplazamientos de masa de aire como consecuencia de las diferencias de presión causadas por las alteraciones de temperatura, estas alteraciones se originan por el calentamiento diferencial producido en distintos puntos geográficos que reciben cantidades diferentes de radiación solar. Los lugares que reciben mayor cantidad de radiación alcanzan mayores temperaturas, el aire que está en contacto con la tierra o el mar se calienta, y, en consecuencia, se expande, su densidad disminuye y se eleva dejando un vacío que es ocupado por masas de aire más frío. Este aire frío proviene de zonas que reciben menor cantidad de radiación solar y alcanzan menores temperaturas, por lo que el aire en contacto con ellas se expande menos y, al tener mayor densidad, se traslada por las capas bajas de la atmósfera hasta ocupar el lugar dejado libre por el aire caliente que asciende (Bardales y Egusquiza, 2019).

En este sentido (Gonzales, 2009) indica que puede afirmarse que la energía eólica es energía solar que se almacena en la atmósfera en forma de calor distribuido de modo no homogéneo. Por lo tanto, puede considerarse que la energía eólica es energía solar indirecta. La Energía cinética que porta el aire al moverse es de alto grado termodinámico, lo que permite su conversión en otras formas de energía con un elevado grado de eficiencia.

2.1.2. POTENCIA DISPONIBLE DEL VIENTO

La energía cinética de una masa de aire en movimiento es:

$$E = (1/2) mV^2 \quad (1)$$

Donde:

m: Flujo de masa (kg/s) = $\rho A V$

V: Velocidad del viento (m/s).

Esta ecuación está diciendo que la energía cinética aumenta con el cuadrado de la velocidad de viento, podemos decir que, si duplicamos la velocidad de viento de un ventilador casero, estamos sujetos a cuatro veces más energía cinética del viento. Si verificamos que la energía cinética varía con el pasar del tiempo, tenemos entonces la potencia. Por lo tanto, la potencia disponible del viento es simplemente la derivada de la energía cinética para ese intervalo de tiempo.

Sustituyendo:

$$P_{\text{viento}} = (\partial E_c / \partial t) = (1/2) \rho A V^3 \quad (2)$$

Donde:

P_{viento} : Potencia disponible de viento (W).

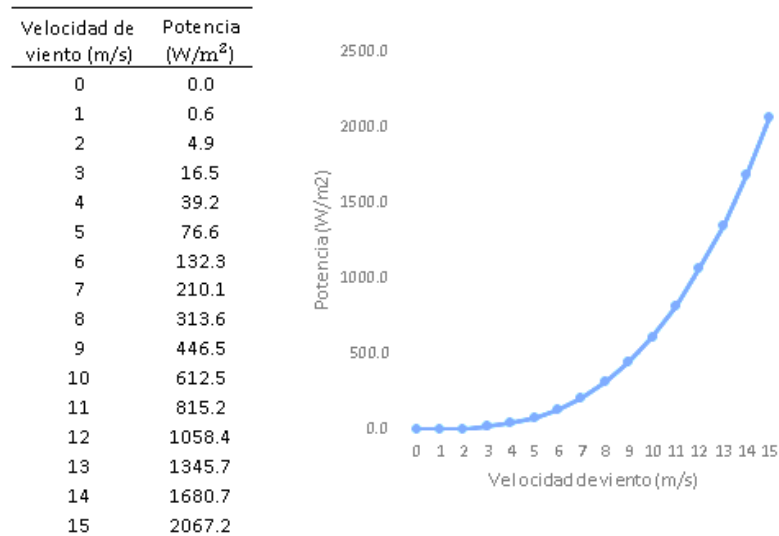
ρ : Densidad del aire (kg/m³).

A: Área transversal del “cilindro” que traspasa el viento (m²).

La Figura 1 muestra una relación entre la velocidad y la potencia disponible del viento. De ahí la importancia de la velocidad del viento y el análisis crítico que debe hacerse para un proyecto eólico.

Figura 1

Potencia de viento por metro cuadrado de sección transversal, a 15°C y 1 atm



2.1.3. TURBINAS EÓLICAS

Las turbinas eólicas son equipos que absorben parte de la energía cinética del viento, convirtiéndolo en energía mecánica, que es convertida en energía eléctrica a través de un generador eléctrico acoplado. La clasificación de los aerogeneradores, se puede realizar desde varios puntos de vista, los cuales tenemos:

a. EN FUNCIÓN DE LA POTENCIA (Rojas, 2018)

- Pequeña potencia, hasta 100 kW, con un radio de rotor de 1 hasta 9 m.
- Mediana potencia, entre 100 y 1000 kW, con un radio entre 9 y 27 m.
- Gran potencia, superiores a 1000 kW, con un radio superior a 27 m.

b. EN FUNCIÓN DE LA DISPOSICIÓN DEL EJE DE GIRO (Rosato, 1991)

- DE EJE HORIZONTAL:

A este grupo pertenece la mayoría de turbinas eólicas. Son los rotores más extendidos, pues presentan mejores cualidades aerodinámicas, es decir un mejor aprovechamiento de la energía del viento (ver Figura 2).

- **DE EJE VERTICAL:**

La ventaja de estos rotores es que no requieren de sistema de orientación y se prefiere su uso en zonas donde el viento no mantiene una dirección más o menos estable. Sin embargo, su aprovechamiento de la energía del viento es bajo (ver Figura 3).

c. **EN FUNCIÓN AL NÚMERO DE PALAS**

- **UNA PALA:**

Al tener sólo una pala estos aerogeneradores precisan un contrapeso en el otro extremo para equilibrar y la velocidad de giro es muy elevada. Su gran inconveniente es que introducen en el eje unos esfuerzos muy variables, lo que acorta la vida de la instalación.

- **DOS PALAS:**

Los diseños bipala de aerogeneradores tienen la ventaja de ahorrar el costo de una pala y, por supuesto, su peso. Sin embargo, suelen tener dificultades para penetrar en el mercado, en parte porque necesitan una mayor velocidad de giro para producir la misma energía de salida. Esto supone una desventaja, tanto en lo que respecta al ruido, como al aspecto visual.

- **TRES PALAS:**

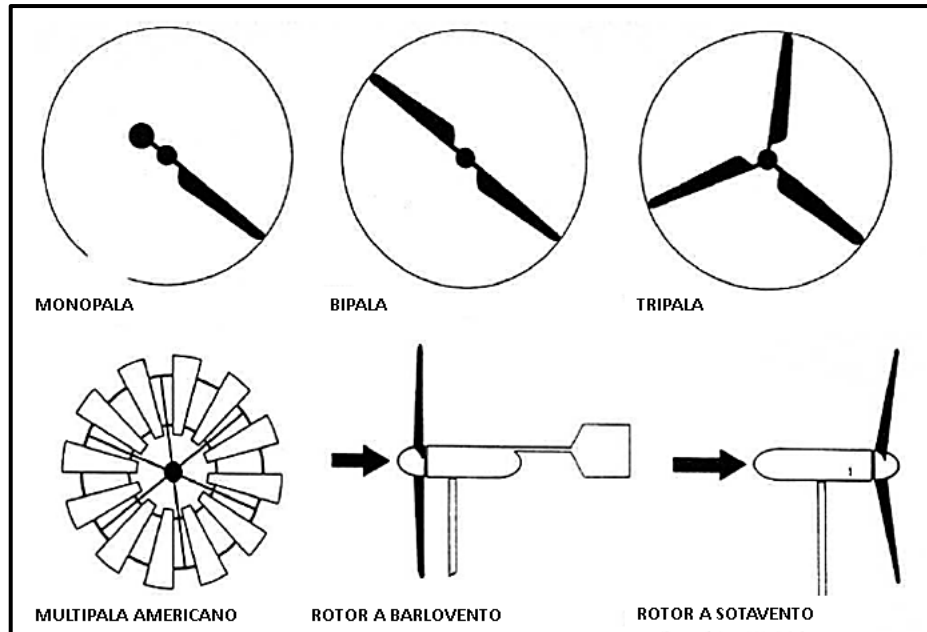
La mayoría de los aerogeneradores modernos tienen este diseño, con el rotor mantenido en la posición corriente arriba y usando motores eléctricos en sus mecanismos de orientación. Este diseño tiende a imponerse como estándar al resto de los conceptos evaluados y la gran mayoría de las turbinas vendidas en los mercados mundiales poseen este diseño.

- **MULTIPALA:**

Con un número superior de palas o multipala, se trata del llamado modelo americano, debido a que una de sus primeras aplicaciones fue la extracción de agua en pozos de las grandes llanuras de este continente.

Figura 2

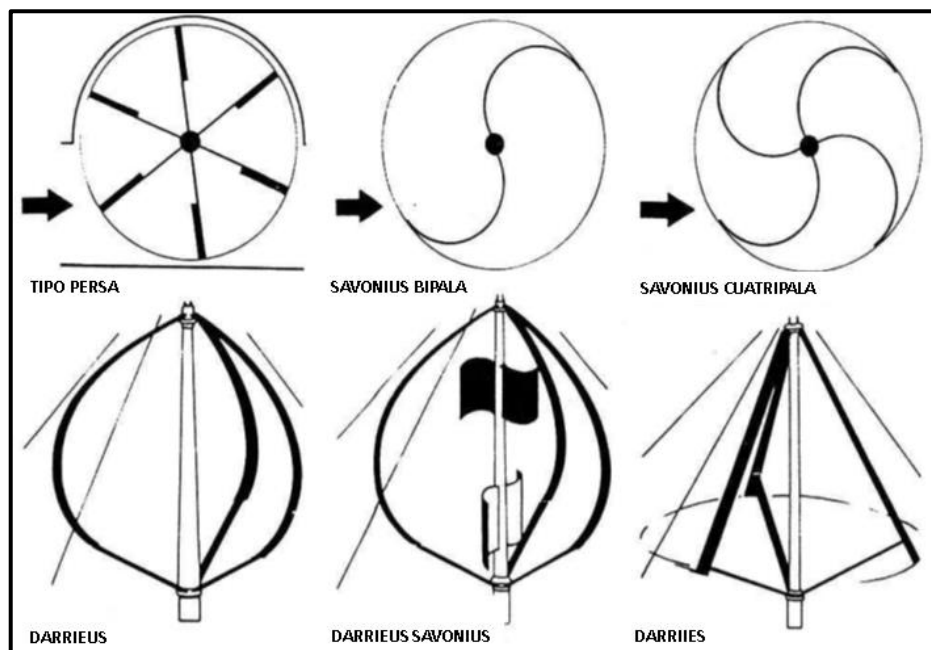
Rotores de eje horizontal



Nota. Adaptado de *Diseño de Máquinas Eólicas de Pequeña Potencia* por M. Rosato, 1991, PROGENSA.

Figura 3

Rotores de eje vertical



Nota. Adaptado de *Diseño de Máquinas Eólicas de Pequeña Potencia* por M. Rosato, 1991, PROGENSA.

d. EN FUNCIÓN AL RENDIMIENTO AERODINÁMICO

Un parámetro empleado para diferenciar los distintos tipos de turbinas eólicas, es la relación entre la velocidad lineal del extremo de la pala y la velocidad nominal del viento. Esta relación se conoce como velocidad específica de la turbina (tip speed ratio) y se designa por (λ).

$$\lambda = \frac{\omega_t \cdot r}{v} \quad (3)$$

Donde:

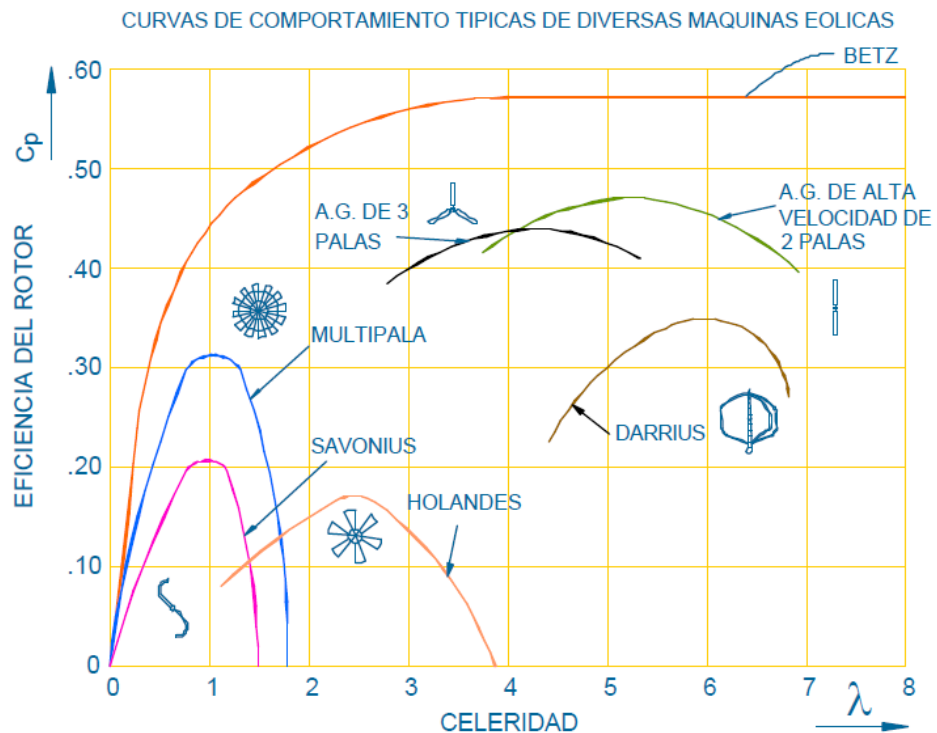
ω_t : Velocidad de rotación del rotor (rad/s).

r: Radio de rotor (m).

v: Velocidad de viento (m/s).

Figura 4

Coeficiente de potencia en función al TSR



Nota. Adaptado de *Fundamentos de la energía eólica* por M. Pinto, 2012, Editorial Edel.

2.1.4. TORQUE DE UNA TURBINA EÓLICA

Cuando una turbina extrae mecánicamente la energía del viento transmite esa energía a los ejes giratorios de la turbina, estos ejes deben estar diseñados

adecuadamente para transmitir dicha energía. La aplicación de torque al eje causa fuerzas internas o presiones sobre el material del eje, esta presión se llama tensión y se mide en Pa o N/m^2 . Cuando se transmite potencia a través del eje, se genera un par T. (Pinto, 2012).

$$T = P_m / \omega_t \text{ (N.m/rad)} \quad (4)$$

Donde:

P_m : Potencia mecánica (W).

ω_t : Velocidad angular tangencial (rad/s).

El coeficiente de torque definido por:

$$C_t = \frac{C_p}{\lambda} \quad (5)$$

Donde:

C_p : Coeficiente de potencia de la turbina

λ : Velocidad específica.

De la Ecuación (3) y haciendo $r=D/2$, tenemos:

$TSR = \lambda = u/v = (\omega_t \cdot r)/v = (\omega_t \cdot D)/2v$, luego:

$$\omega_t = (2v\lambda)/D \quad (6)$$

De la Ecuación (7), consideramos que la potencia aprovechable ($P_m = P_{ext}$) de una turbina:

$$P_m = (1/2) C_p \rho A v^3 \quad (7)$$

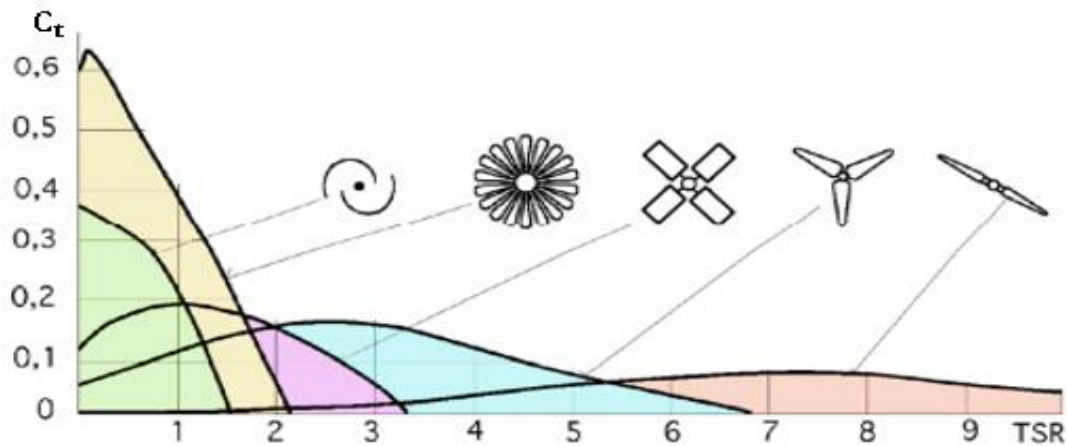
Sustituyendo las ecuaciones (7) y (6) en (4), tenemos:

$$T = \frac{C_p}{2} \frac{\rho A v^2 D}{2\lambda}, \text{ como } \lambda = C_p / C_t$$

$$T = \frac{C_t}{2} \frac{\rho A v^2 D}{2} \quad (8)$$

Figura 5

Relación entre el coeficiente par y el TSR



Nota. Adaptado de *Fundamentos de la energía eólica* por M. Pinto, 2012, Editorial Edel.

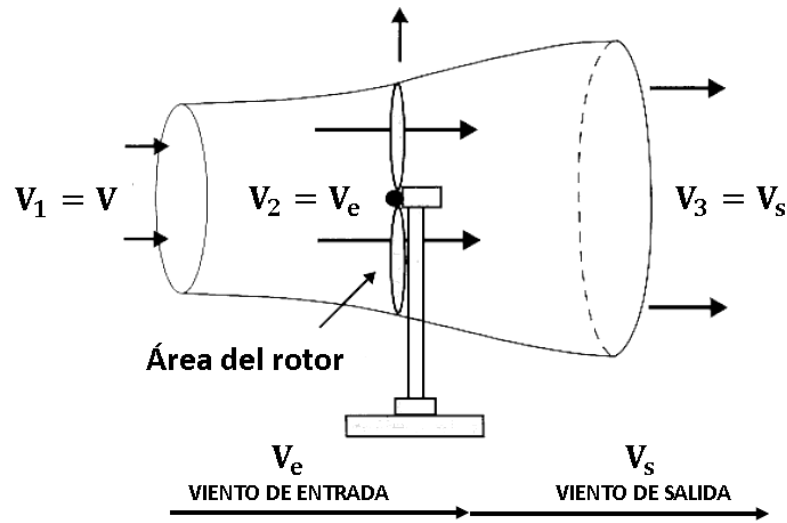
2.1.5. LÍMITE DE LANCHESTER BETZ- JOUKOWSKY

El punto de partida para demostrar la eficiencia de una turbina es la ecuación de continuidad de Bernoulli, que dice que el flujo en un fluido es constante para diferentes puntos a lo largo del flujo, en otras palabras, el principio de Bernoulli nos dice que para un aumento en la velocidad del fluido, hay una disminución en la presión o energía potencial de este fluido, un hecho que es simultáneo para un fluido sin viscosidad (Pinto, 2012).

La Figura 6 muestra la situación en la cual parte de la energía cinética del viento es extraída por la turbina. El viento que sale de la turbina ha reducido la velocidad y la presión, haciendo que el aire detrás de la turbina se expanda. Se observa que la turbina no extrae toda la energía cinética contenida en el viento.

Figura 6

Extracción de energía de viento por una turbina eólica



$$Q = A_e V_e = A_s V_s = \text{constante} \quad (9)$$

Donde:

Q: Flujo del viento a través de la turbina (m^3/s).

A_e : Área de la sección transversal del tubo en la entrada del rotor (m^2).

A_s : Área de la sección transversal del tubo en la salida del rotor de la turbina (m^2).

V_e : Velocidad del viento en la entrada del tubo (m/s).

V_s : Velocidad del viento en la salida del tubo (m/s).

La potencia aprovechable por los alabes es igual a la diferencia en energía cinética entre el flujo de aire que ingresa a la turbina y el que sale:

$$P_{\text{ext}} = (1/2)m(v^2 - v_s^2) \quad (10)$$

El flujo de masa de aire a través del rotor de la turbina es:

$$m = \rho A v_e \quad (11)$$

Si suponemos que la velocidad del viento en el plano del rotor no es más que la velocidad promedio de entrada y salida $[(v + v_s)/2]$ y sustituyendo (11) en (10), tenemos:

$$P_{\text{ext}} = (1/2) \rho A v_e (v^2 - v_s^2)$$

$$P_{\text{ext}} = (1/2) \rho A(v^2 - v_s^2)(v + v_s)/2 \quad (12)$$

Para facilitar los cálculos, definimos la relación entre la velocidad de salida y entrada como:

$$\gamma = v_s/v \quad (13)$$

Sustituyendo en (12), resulta:

$$P_{\text{ext}} = (1/2)\rho A \frac{(v + \gamma v)}{2} (v^2 - \gamma^2 v^2)$$

Finalmente llegamos a:

$$P_{\text{ext}} = (1/2) \rho A v^3 [(1/2)(1 + \gamma)(1 - \gamma^2)] \quad (14)$$

El primer término de la ecuación $[(1/2) \rho A v^3]$ es la potencia de entrada del viento (upstream power). El segundo término, $[(1/2)(1 + \gamma)(1 - \gamma^2)]$, representa la porción de la energía eólica que extraen los alabes, en otras palabras, la eficiencia del rotor o el coeficiente de potencia, dado por:

$$C_p = [(1/2)(1 + \gamma)(1 - \gamma^2)] \quad (15)$$

Para encontrar la máxima eficiencia del rotor simplemente derivamos la ecuación (15) en relación a γ e igualamos a cero:

$$\frac{dC_p}{d\gamma} = (1/2) [(1 + \gamma)(-2\gamma) + (1 + \gamma)^2] = 0$$

Resolviendo tenemos:

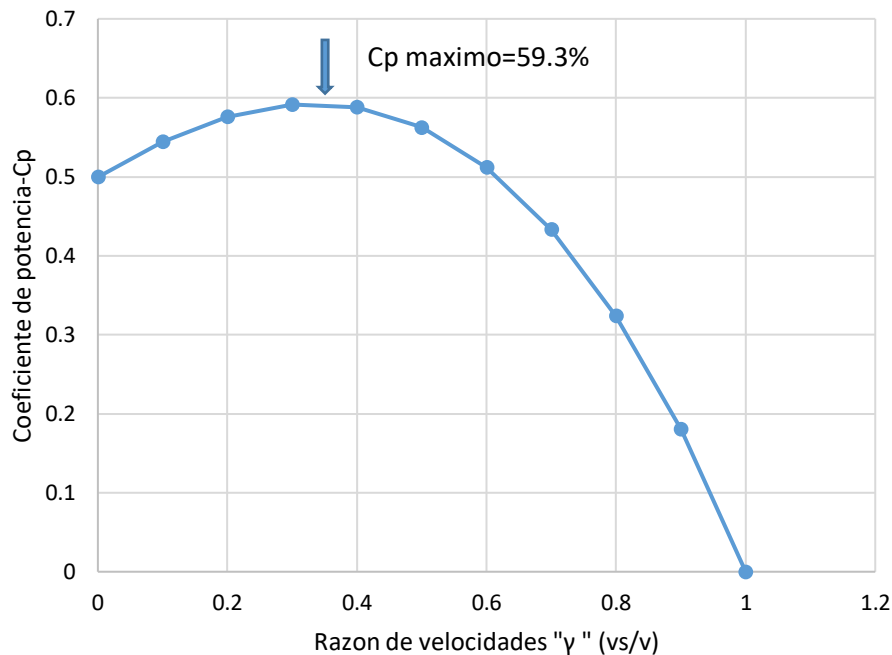
$$\frac{dC_p}{d\gamma} = (1/2) [(1 + \gamma)(-2\gamma) + (1 + \gamma)(1 - \gamma)] = (1/2) (1 + \gamma)(1 - 3\gamma) = 0$$

Cuando $\gamma = 1/3$, la ecuación es igual a cero, entonces tenemos la máxima eficiencia de la turbina, entonces reemplazamos $\gamma = 1/3$ en la Ecuación 15.

$$\begin{aligned} C_p &= [(1/2)(1 + \gamma)(1 - \gamma^2)] = C_p = [(1/2)(1 + 1/3)(1 - (1/3)^2)] = \frac{16}{27} \\ &= 59.3\% \end{aligned}$$

Figura 7

Gráfica del coeficiente de potencia



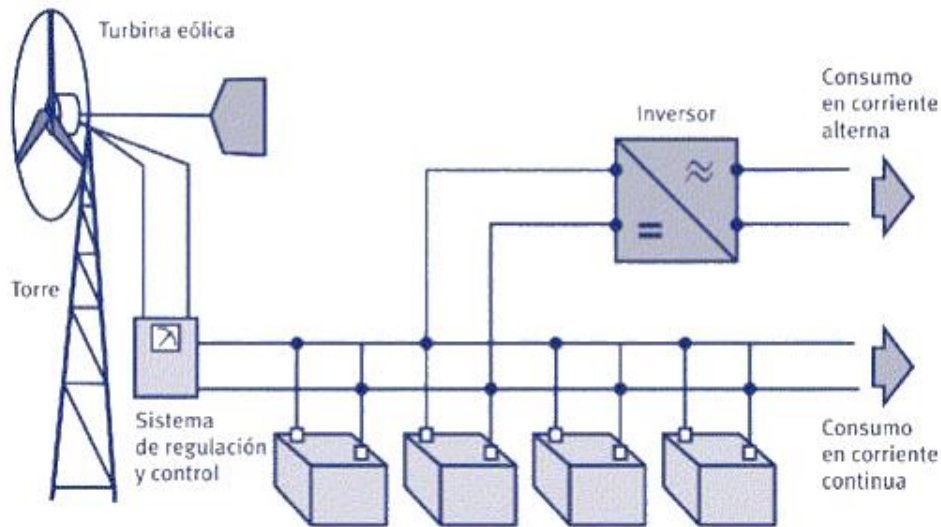
2.2. SISTEMA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA MEDIANTE ENERGÍA EÓLICA

El equipo para generar energía eléctrica a partir de la energía suministrada por el viento se llama aerogenerador. La energía cinética del viento mueve la turbina, que produce energía mecánica, transmitiéndola al generador que, a su vez, convierte la energía mecánica en eléctrica.

Hervas y Moscoso (2015) afirman que “Un sistema eólico de generación es un sistema de generación eléctrica basado en el aprovechamiento de viento como recurso renovable, este es el encargado de dar movimiento a las aspas mediante el eje conectado al multiplicador, o caja de engranajes, responsable de aumentar las revoluciones por minuto (r.p.m.) en el generador eléctrico, el cual envía la corriente generada al banco de almacenamiento, al inversor de corriente y a la carga, tomando en cuenta que el regulador entra en funcionamiento de acuerdo a la demanda existente en la carga y a los niveles del banco de baterías” (ver Figura 8).

Figura 8

Sistema eólico de generación



Nota. Adaptado de *Análisis del potencial eólico y solar para la implementación de un sistema híbrido de generación eléctrica en base al uso de energías alternativas en el páramo chalupas, periodo 2015* por S. Hervas, y A. Moscoso, 2015.

2.2.1. AEROGENERADOR

Las máquinas empleadas para transformar la fuerza cinética del viento en electricidad reciben el nombre de turbinas eólicas o aerogeneradores. Se colocan sobre una columna o torre debido a que la velocidad del viento aumenta con la altura respecto al suelo. Además, se procura situarlos lejos de obstáculos que creen turbulencias en el aire y en lugares donde el viento sopla con una intensidad parecida todo el tiempo, a fin de optimizar su rendimiento. Los primeros aerogeneradores tenían rendimientos escasos, del orden del 10%, pero los actuales cuentan con sofisticados sistemas de control que les permiten alcanzar rendimientos próximos al 50% (Pinto, 2012).

a. COMPONENTES DE LOS AEROGENERADORES

El principal grupo de componentes presente en los aerogeneradores, son los siguientes:

- **Cuchilla del rotor:** Convierte la energía del flujo del viento en energía de rotación del rotor. Las palas son los elementos del aerogenerador que

capturan la energía cinética del viento. Todas las palas del aerogenerador se unen de forma solidaria a un soporte denominado buje o cubo.

- **Cubo:** Parte de conexión para montar las palas en el eje giratorio del rotor. Es la parte del aerogenerador que se encarga de captar la energía cinética del viento y transformarla en energía mecánica en su eje. En este tipo de máquinas, el número de palas suele ser tres, debido al compromiso existente entre su coste y el equilibrio de fuerzas en el eje. Se fabrica en poliéster reforzado con fibra de carbono.

- **Góndola:** Es la parte superior del aerogenerador, donde se coloca el resto de elementos que lo componen, integrando así los componentes mecánicos y eléctricos de la turbina eólica, tales como:
 - *El multiplicador:* Se encarga de elevar la velocidad de giro del sistema, desde la velocidad de la turbina (20-30 rpm) a la velocidad del generador (1 000-1 500 rpm). Existen algunos aerogeneradores provistos de un generador de baja velocidad, en los que no es necesario utilizarlo.
 - *El generador:* Es el elemento que se encarga de transformar la energía mecánica en energía eléctrica.

- **Aleta de la cola:** Se encarga de mantener a la turbina en posición perpendicular a la dirección del viento mediante un pasivo de seguimiento automático. Suelen utilizarse motores hidráulicos accionados por un autómatas que recibe la información de la dirección del viento a partir de una veleta.

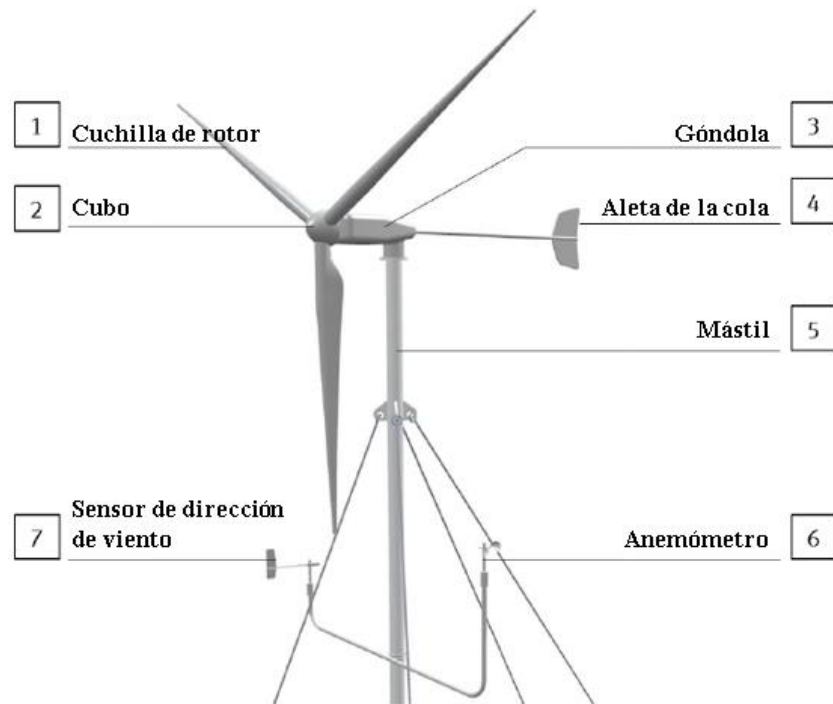
- **Mástil:** Aumento de la posición del rotor buscando mejorar el rendimiento.

- **Anemómetro:** Mide la velocidad de viento horizontal.

- **Sensor de dirección de viento:** Mide la dirección de viento horizontal.

Figura 9

Componentes de un sistema de generación de energía eólica



Nota. Adaptado de *Manual de Festo - 2017* de Festo.

b. PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE UN AEROGENERADOR

- **Velocidad de arranque:** Es la velocidad del viento para la cual el generador comienza a suministrar potencia útil. En aerogeneradores rápidos tripala de eje horizontal acostumbra a ser del orden de unos 3 a 4 m/s. Por debajo de estos umbrales, el generador no produce potencia eléctrica.
- **Velocidad nominal:** Es la velocidad del viento para la que se alcanza la potencia nominal del aerogenerador. En rotores tripala de eje horizontal suele estar comprendida entre 12 y 15 m/s.
- **Velocidad de parada:** Es la velocidad del viento a la cual el rotor se detiene por la acción de los sistemas de regulación y control para evitar el riesgo de sufrir algún daño dada la elevada velocidad del viento. En rotores tripala, esta velocidad se sitúa en el rango de 25 a 30 m/s.

- **Velocidad de supervivencia:** Es la velocidad del viento por encima de la cual el aerogenerador puede dañarse a pesar de estar parado. Acostumbra a situarse en el entorno de los 70 m/s.

c. CURVA DE POTENCIA

La curva de potencia de un aerogenerador representa la potencia eléctrica teóricamente producida por el aerogenerador a diferentes velocidades del viento. Estas curvas son proporcionadas por el productor del aerogenerador basadas en mediciones en laboratorio, por lo que no siempre se contara con los valores precisos de generación para los valores de velocidad de viento.

En algunos casos cuando hay turbulencias locales debido a los terrenos complejos, por ejemplo, cuando los aerogeneradores se sitúan en una pendiente rugosa, o desniveles del terreno, puede implicar que ráfagas de viento golpeen al rotor desde distintas direcciones. En estos casos, será complejo reproducir exactamente la curva de potencia (Marčiukaitis et al, 2017). Se muestra un ejemplo de la curva de potencia en la Figura 10.

Marčiukaitis et al (2017) afirma que es posible modelar las curvas de potencia de un aerogenerador y propuso un modelo de regresión no lineal para la predicción de la energía eólica siendo no directamente dependiente del conjunto de datos iniciales, con el objetivo evitar la eliminación de los valores atípicos de los datos iniciales y el impacto de la concentración variable de observaciones en todo el rango de la velocidad del viento. Utilizando MAPE como medida de precisión del método de aproximación:

MAPE (Error porcentual absoluto medio): Mide la exactitud de un método para la construcción ajustada de valores de serie de tiempo en estadísticas.

La fórmula para el cálculo del MAPE o Error Porcentual Absoluto Medio es:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|P_i - \hat{P}_i|}{P_i} * 100\% \tag{16}$$

Donde:

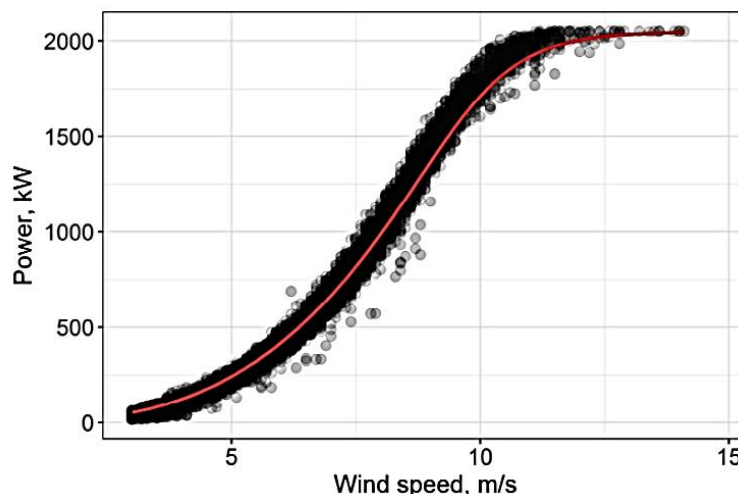
P_i : Son las observaciones actuales de las series de tiempo.

\hat{P}_i : Son las series de tiempo estimadas o pronosticadas.

n : Es el número de puntos de datos no faltantes.

Figura 10

Curva de potencia de un aerogenerador



Nota. Adaptado de “Non-linear regression model for wind turbine power curve” por M. Marčiukaitis et al, 2017, *Renewable Energy*, 113 (1).

Una ecuación sencilla para calcular la curva de potencia real de un aerogenerador, está dado por:

$$C_{p,real} = (P_{ext}) / (1/2) \rho A v^3 \quad (17)$$

Donde:

P_{ext} : Potencia aprovechable (W).

$P_{viento} = (1/2) \rho AV^3$: Potencia de viento o disponible (W).

d. PÉRDIDAS EN UN AEROGENERADOR

Los aerogeneradores presentan pérdidas en varias formas, sin embargo, en la Figura 10 vemos que el porcentaje de las pérdidas (mecánicas y eléctricas) en conjunto suman aproximadamente el 17% (López, 2003). Este porcentaje será considerado como un factor de pérdidas, considerado en el valor de potencia mecánica obtenida. En la Figura 11 se muestran las diferentes pérdidas en un aerogenerador.

Figura 11

Porcentaje de pérdidas en un aerogenerador



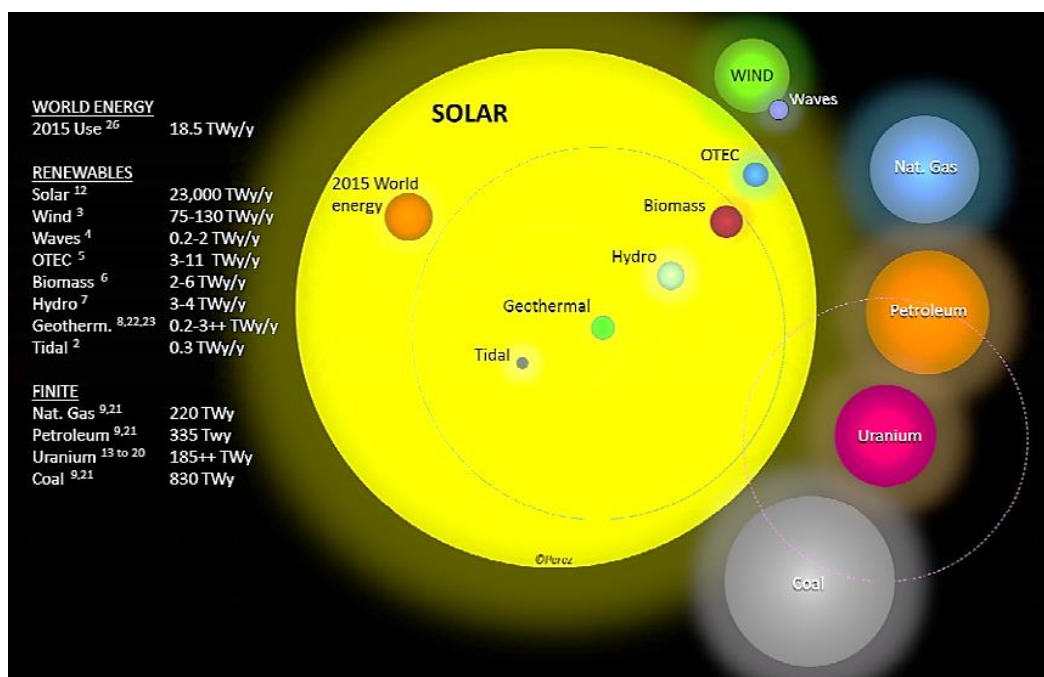
Nota. Adaptado de *Manual de energía eólica* por J. M. López, 2003, Mundi-Prensa.

2.3. LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

El Sol es la fuente de energía más poderosa a la que hemos tenido acceso desde tiempos inmemorables con la notable propiedad de producir su propia energía, por medio de reacciones nucleares de fusión, pudiendo satisfacer y sobrepasar la demanda energética mundial y es por ello que el recurso es catalogado como inagotable y sustentable a través del tiempo.

Figura 12

Reservas energéticas finitas y renovables del planeta



Nota. Adaptado de "A fundamental look at supply side energy reserves for the planet" por R. Pérez y M. Pérez, 2015, IEA-SHCP-Newsletter, 62(1).

El Sol es el principal fundamento de la mayoría de las energías renovables aprovechadas en el consumo mundial energético, sin embargo, también cuenta con la capacidad de originar energía directamente aprovechable, la cual puede tener dos naturalezas (con su uso final como criterio de calificación) que son: *La energía solar térmica*, que recurre al calentamiento de un líquido de trabajo y *La energía solar fotovoltaica*, la cual consiste en la generación directa de electricidad sin conversión previa.

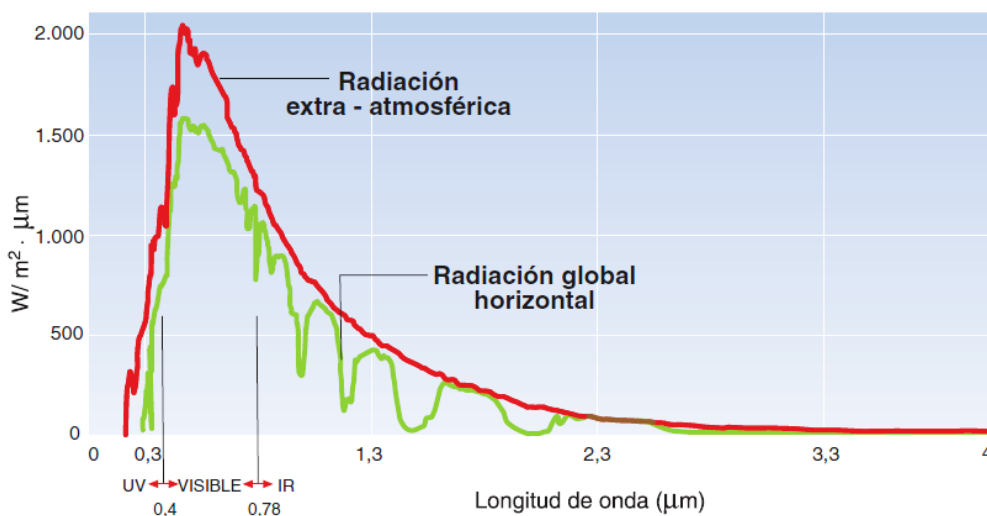
2.3.1. RADIACIÓN SOLAR

La radiación solar es la energía producida y emitida por el Sol que tiene la singularidad de poder viajar a través del vacío del espacio a la velocidad de la luz. Es transmitida en forma de ondas electromagnéticas “transportando energía y cantidad de movimiento hasta la fuente receptora” (Cristóbal, 2017) o, como en este caso en particular, la superficie terrestre.

Estas ondas electromagnéticas poseen un espectro electromagnético con una amplia gama de longitudes de onda que oscilan entre $0.15 \mu\text{m}$ a $4 \mu\text{m}$, siendo perceptible para el ojo humano solo una fracción de la radiación total que se denominada como luz visible (47% del espectro), y en el rango no visible se encuentra, con una gran proporción, el espectro infrarrojo (46%) y solo una pequeña fracción en el ultravioleta (7%), en concreto (Chercca, 2014).

Figura 13

Espectro electromagnético de la radiación solar



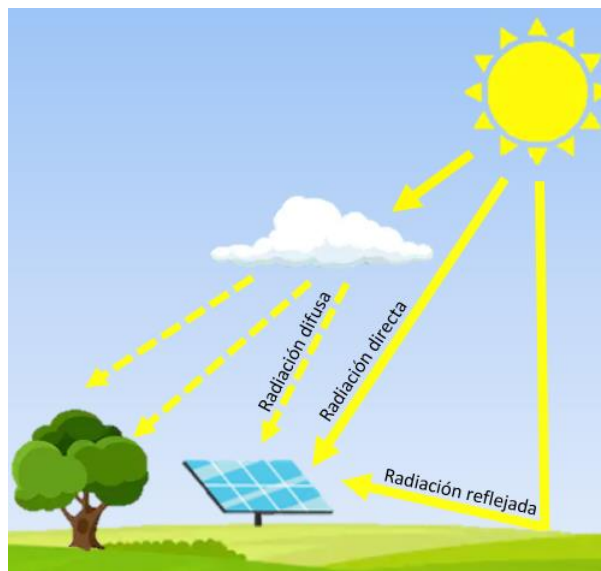
Nota. Adaptado de *Instalaciones Solares Fotovoltaicas* por A. Castejón y G. Santamaría, 2015, Editorial Editex.

La radiación solar sobre la superficie terrestre tiene muchas interacciones variantes, lo cual hace que la radiación incidente sobre un receptor se clasifique en tres componentes:

- **Radiación Directa:** Es aquella que alcanza la superficie terrestre directamente desde el Sol sin haber sufrido interacción con ningún elemento, el cual genere una reflexión o refracción de la onda.
- **Radiación Difusa:** Corresponde a la radiación procedente de toda la bóveda celeste sufriendo alteraciones en su recorrido y produciendo rayos dispersados en todas las direcciones.
- **Radiación Reflejada o de Albedo:** Es la radiación reflejada por acción de la superficie terrestre y cada superficie como el concreto, arena o nieve tienen un valor de albedo diferente. Sin embargo, no solo el suelo puede producir esta radiación sino también las edificaciones u objetos cercanos a la instalación.

Figura 14

Tipos de radiación sobre una superficie



La suma de estas radiaciones se considera como Radiación Global y dependiendo de la nubosidad del día alguna de las radiaciones puede ser predominante, en otras palabras, en un día despejado la radiación directa será mucho mayor que la radiación difusa mientras que en un día totalmente nublado, la radiación será enteramente difusa. Los parámetros utilizados para los cálculos de la Radiación

Solar son sus dos magnitudes, a fin de cuantificar la potencia y energía, que se mencionan a continuación:

- **La Irradiancia Solar:** Es la potencia de la Radiación Solar por el área incidente de una superficie, es decir, se mide W/m^2 . La Irradiancia que llega al límite superior de la atmósfera terrestre tiene un valor establecido de $1367 W/m^2$, por el World Radiation Center (WRC), valor denominado como Constante Solar que, en realidad, varía en función de la distancia Tierra-Sol (por la inclinación del planeta) y las estaciones del año. La Irradiancia Solar continúa disminuyendo en orden de su descenso hacia la superficie terrestre hasta el valor de $1000 W/m^2$, valor estándar empleado en la elaboración de paneles fotovoltaicos, donde el valor puede variar nuevamente por los factores climatológicos.
- **La Irradiación Solar:** Es la integral de un periodo de tiempo de la Irradiancia o, también expresada como, la energía de la Radiación Solar durante un determinado periodo de tiempo que puede ser un día, mes o año con las unidades de J/m^2 aunque mayormente expresada como Wh/m^2 dado que es relativo a la generación eléctrica.

En el Perú se recibe en promedio una irradiación global de $1800 kWh/m^2$ al año sobre superficie horizontal (Globalsolaratlas.info), lo cual nos señala del buen potencial energético fotovoltaico que tiene el país debido a sus óptimas condiciones climáticas. En el Anexo 02 se muestra un mapa en función a la irradiación global que alcanza el país, con los valores promedio diarios en kWh/m^2 , contemplando el periodo 1999 – 2018.

Tabla 1

Promedios diarios de los Parámetros del Recurso Solar en el Perú

Parámetro	Símbolo	Mín	Máx	Unidades
Potencia fotovoltaica específica de salida	PVOUT	2.96	- 5.85	kWh/m^2
Irradiación directa normal	DNI	1.65	- 8.06	kWh/m^2
Irradiación global horizontal	GHI	3.51	- 6.95	kWh/m^2
Irradiación difusa horizontal	DIF	1.41	- 2.58	kWh/m^2
Irradiación global inclinada	GTI	3.56	- 7.32	kWh/m^2
Inclinación óptima de los módulos fotovoltaicos	OPTA	2	- 21	°
Temperatura del aire	TEMP	0.7	- 26.4	°C
Elevación del terreno	ELE	-34	- 6 768	Metro

Nota. Adaptado de Globalsolaratlas.info

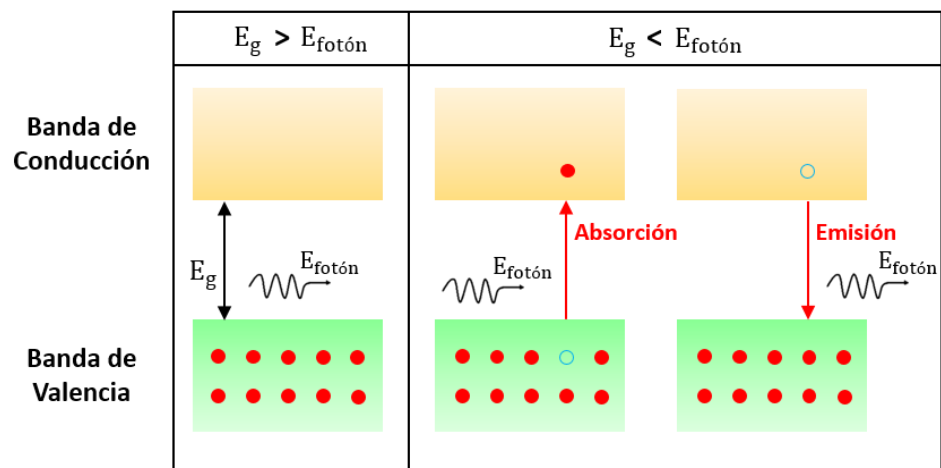
2.3.2. EL EFECTO FOTOVOLTAICO

El efecto fotovoltaico es la propiedad de ciertos materiales, llamados Semiconductores, que al ser impactados por un haz de fotones producen energía eléctrica sin conversión inmediata alguna. Su funcionamiento se basa en la absorción de la energía de los fotones presentes en la radiación solar por el semiconductor, permitiendo así la generación de pares portadores (electrones y huecos) como consecuencia de la ruptura de los enlaces que mantenían a estos electrones sujetos a un átomo. La energía incidente sobre el semiconductor permite el libre flujo de los electrones libres dentro de este.

La Teoría de Bandas nos permite explicar la cualidad existente en todos los sólidos denominado Banda Prohibida o Energy Gap (E_g) que es el valor de anchura que separa la banda de valencia (ocupada por electrones de valencia) y la banda de conducción (ocupada por los electrones libres desligados de sus átomos).

Figura 15

Absorción y emisión de luz en materiales semiconductores



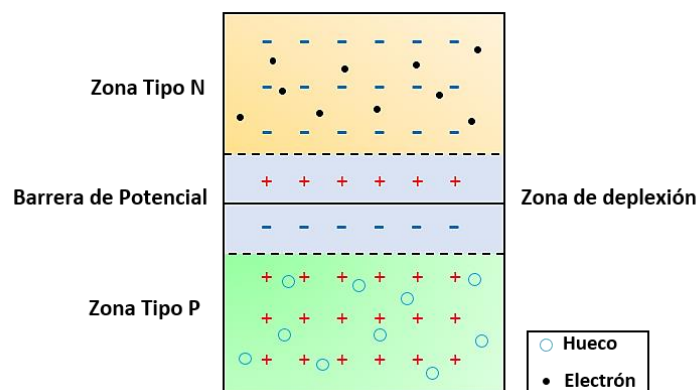
Un semiconductor no posee la conductividad necesaria para optimizar el proceso, por lo tanto, se recurre a un procedimiento que consiste en introducir átomos de otros elementos para disminuir su resistividad, a este procedimiento se le conoce como Dopaje o Dopping y puede dar como resultado dos tipos de semiconductores, que serían las dos zonas adyacentes de la célula fotovoltaica:

- **Semiconductor tipo P (Positivo):** Cuando el dopaje se realiza con átomos trivalentes, este al tener un electrón menos deja un espacio libre o “hueco” en la banda de valencia que cumplirá con la función de portador de carga. A estas impurezas se les denomina Donadores de huecos y los elementos que cumplen con este propósito son el Boro, el Galio y el Indio.
- **Semiconductor tipo N (Negativo):** Es el material resultante de un dopado con átomos “Pentavalentes”, este átomo se une a los del semiconductor intrínseco mediante enlaces covalentes dejando al electrón no enlazado fluyendo en la banda de conducción. Estas impurezas son denominadas Donadores de electrones por tener un exceso de cargas negativas y entre ellos que se encuentran el Fósforo, el Arsénico y el Antimonio.

Cada semiconductor dopado es globalmente neutro, así que cuando se pone en contacto un cuerpo cristalino con impurezas tipo P con uno de tipo N se crea una unión tipo P-N y un flujo de electrones que pasa a través de esta unión “estableciéndose así una diferencia de potencial de algunas décimas de voltio, la cual da lugar a un campo eléctrico que restablece el equilibrio” (Negrón y Salcedo, 2017). Esta diferencia de potencial se denomina Tensión de difusión e irá aumentando hasta que impida el flujo de electrones. Al valor de la tensión en este momento se le llama Barrera de potencial o Tensión umbral (aproximadamente 0.7 V para diodos de Silicio). En la zona próxima a la unión PN aparece la llamada zona de deplexión, en la cual no existen portadores de carga libres. (Landin, 2014).

Figura 16

Unión P-N



Los portadores de carga deben ser capaces de alcanzar los contactos antes de sufrir recombinación, que es fenómeno producido de la unión de un hueco con un electrón, aquellos portadores que se generan en el entorno del campo eléctrico interno (y son propulsados por éste hacia los contactos) tienen alta probabilidad de ser recolectados. (Cruz, 2014).

2.3.3. TECNOLOGÍAS DE FABRICACIÓN DE CELDAS FOTOVOLTAICAS

Desde sus primeros usos, diversas tecnologías se han podido construir en busca de dispositivos fotovoltaico con características atractivas para el producto en cuestión, tales como Cucaita y Cabeza (2017) exponen: “La absorción de la luz solar, bajos costos de inversión, mayores rendimientos y desarrollos en los procesos de fabricación”. Dentro de las tecnologías de aplicación y sus materiales empleados se pueden distinguir dos principales clasificaciones:

a. CELDAS DE SÓLIDOS CRISTALIZADOS

Son células fabricadas a base de estructuras de Silicio, por la abundancia del material disponible en la corteza terrestre (siendo solo superado por el oxígeno), y bajo la característica de su distribución se puede dividir en Silicio Monocristalino y Policristalino, las cuales son las más utilizadas en la actualidad. A pesar de su popularidad, el Silicio conlleva a una serie de limitaciones tales como el costo de inversión y que son ambientalmente poco sostenibles en cuanto a su proceso de fabricación específicamente (Cucaita y Cabeza, 2017).

b. CELDAS DE PELÍCULA DELGADA

Catalogadas como celdas de segunda generación, la ventaja más notable de este tipo de celdas reside en su capacidad de absorber de una manera más eficiente los fotones con energía superior al Energy Gap en comparación a las celdas convencionales de Silicio, esto se traduce en una considerable disminución del material para su fabricación (las celdas de película delgada poseen un espesor de alrededor $2\mu\text{m}$ [CGIS] hasta $7\mu\text{m}$ [CdTe] del elemento absorbedor de fotones mientras que las obleas de sc-Si o mc-Si necesitan $200\mu\text{m}$), en otras palabras, la principal característica de la celdas

fotovoltaicas de película delgada es la posibilidad de lograr un bajo coste más que su excelente eficiencia. (Zimmer, s.f., Alonso et. al, 2002).

Tabla 2

Eficiencia fotovoltaica de distintas tecnologías de celda

Tecnología	Símbolo	Característica	Eficiencia laboratorio (%)	Eficiencia comercial (%)	Referencia
Silicio Monocristalino	sc-Si	Tipo oblea	27	13 – 15	[1] [3]
Silicio Policristalino	mc-Si	Tipo oblea	24	12 – 14	[3] [4]
Silicio Amorfo	a-Si	Película delgada	9	5 – 6	[1] [4]
Diselenuro de Cobre-Indio	CIS	Película delgada	20	13	[3]
Diselenuro de Cobre-Indio-Galio	CIGS	Película delgada	22	16	[2]
Teluro de Cadmio	CdTe	Película delgada	22	9	[2] [3]
Arsenuro de Galio	GaAs	Película delgada	30		[3]
Celdas Solares Orgánicas	OPV	Película delgada	11		[1]
Celdas Tándem de alta eficiencia	III-V	Tipo oblea y película delgada	30		[1]

Nota. Adaptado de [1] Chercca, 2014. [2] Cucaita y Cabeza, 2017. [3] Díez, 2019. [4] Galindo, 2017.

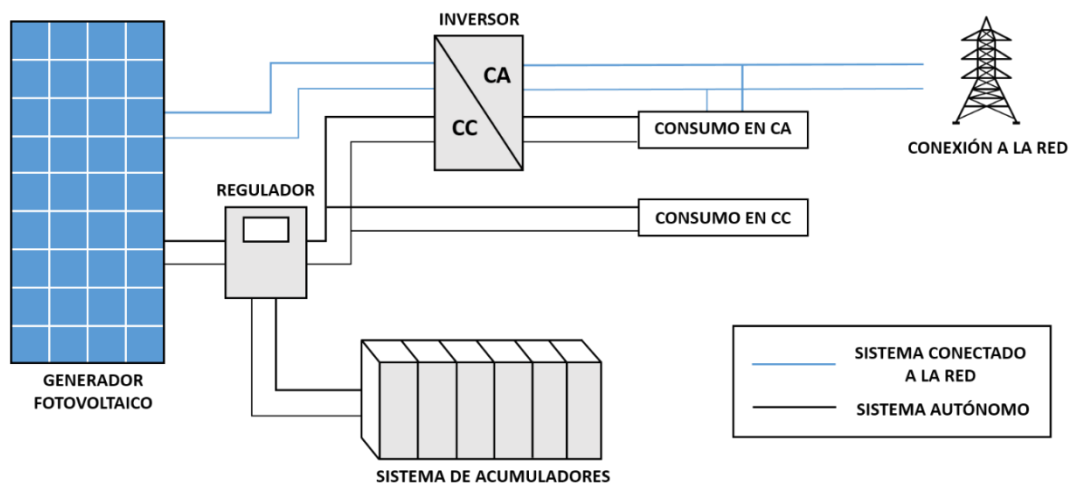
2.4. SISTEMA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA POR ENERGÍA FOTOVOLTAICA

El instrumento que cumple con la función de la generación eléctrica por medio de la radiación incidente es el panel fotovoltaico y es la agrupación de celdas fotovoltaicas interconectadas estratégicamente a fin de alcanzar un valor deseado. Estas celdas se encuentran encapsuladas en marcos de vidrio y aluminio anodizado que cuentan con tres propósitos: Protegerlas, junto a sus conexiones internas, de los factores degradantes externos, evitar un efecto reflejante y actuar como soporte (FOCER, 2002). Cuentan generalmente con 36 celdas acopladas proporcionando así corriente continua. A un panel en sí mismo o a la unión de múltiples paneles se le denomina módulo fotovoltaico.

Complementando el sistema fotovoltaico se encuentran los elementos que se encargan de gestionar la energía como el regulador de carga, inversor de corriente, acumulador y los diferentes posibles consumidores. El factor concluyente en la utilización de los elementos es su conectividad con la red eléctrica.

Figura 17

Sistema fotovoltaico de generación

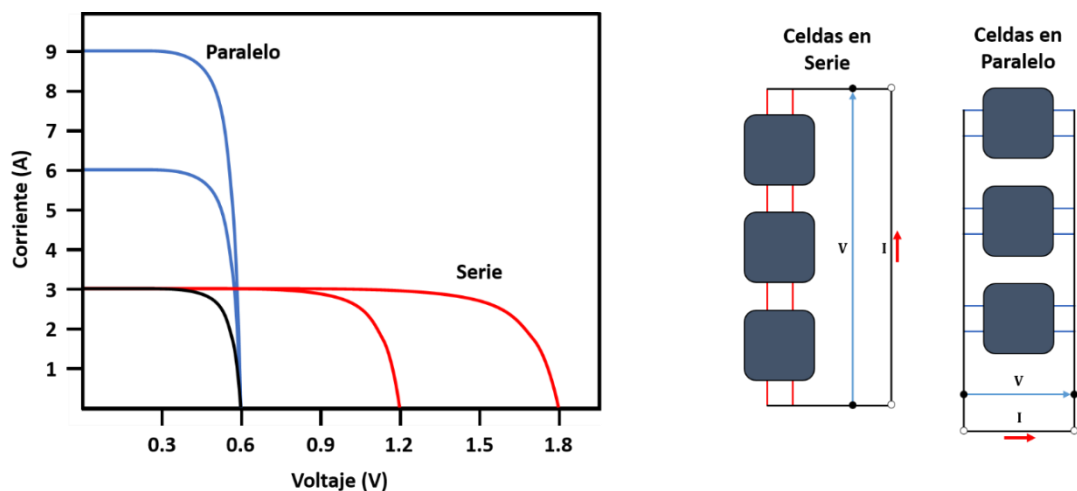


Los generadores fotovoltaicos son diseñados para valores concretos de voltaje, valores con los cuales será diseñado todo el sistema para su puesta en marcha. Estos valores se obtienen por la disposición de las celdas fotovoltaicas que pueden ser de dos formas:

- **Conexión en Serie:** Resulta con el incremento de la corriente, con más exactitud, doblando su valor pero dejando fijo el valor de la tensión.
- **Conexión en Paralelo:** Esta conexión duplica el voltaje de las celdas conectadas sin alterar la corriente y proporciona la tensión final del panel.

Figura 18

Conexión de las celdas en un panel fotovoltaico



Nota. Adaptado de *La física e ingeniería de celdas fotovoltaicas* por J. Palomino, 2019, XXVI-SPES.

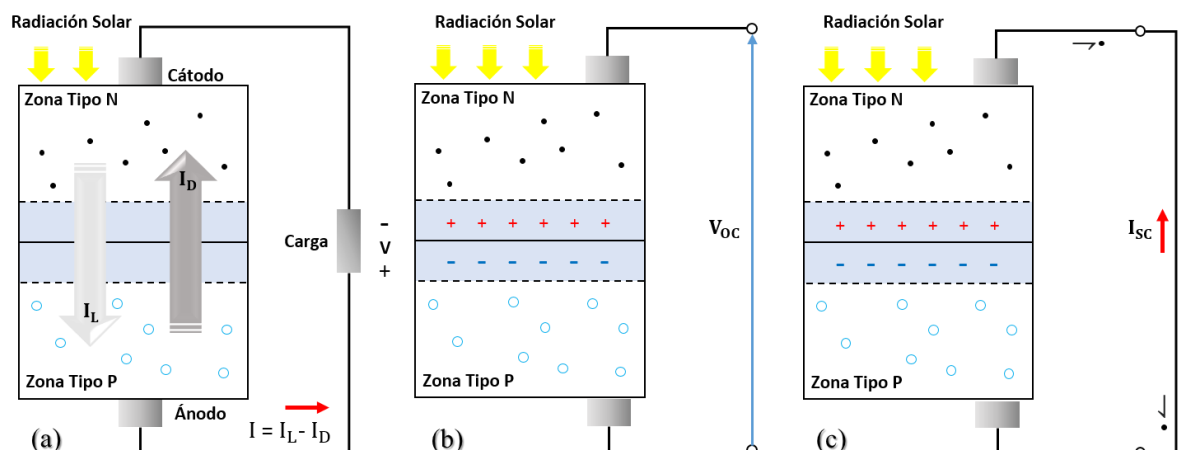
a. PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE UN GENERADOR FOTOVOLTAICO

Los dispositivos fotovoltaicos pueden ser descritos mediante algunos parámetros, atendiendo a sus características eléctricas los cuales explican a continuación:

- **CORRIENTE DE ILUMINACIÓN (I_L):** Se debe a la generación de pares portadores a causa de la radiación que recibe la célula fotovoltaica.
- **CORRIENTE DE OSCURIDAD (I_D):** Producida por la recombinación de pares portadores en el interior del semiconductor por el voltaje de un circuito externo necesario.
- **TENSIÓN DE CIRCUITO ABIERTO (V_{OC}):** Corresponde a la máxima tensión que es obtenida en los bornes de una célula o módulo con ninguna carga conectada y una corriente neta igual a cero. Su valor es una característica del material del que está construida la célula.
- **CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO (I_{SC}):** Corriente máxima que puede ser obtenida de un dispositivo fotovoltaico al forzar a los electrones a recorrer un conductor sin resistencias (De la zona N a P), lo que provocará un cortocircuito. Su valor depende de la superficie del panel y la radiación solar que alcanza a la célula.

Figura 19

(a) Corriente de Iluminación y Corriente de Oscuridad, (b) Célula Solar en Circuito Abierto y (c) en Corto Circuito



- **PUNTO DE MÁXIMA POTENCIA:** Es el punto de funcionamiento en el que la potencia entregada por dispositivo es máxima ($P_{MÁX}$), obteniendo el mayor rendimiento alcanzable y será considerada como potencia nominal. En este punto también se encuentran la corriente y el voltaje en sus valores nominales más óptimos o en el punto de máxima potencia (I_{MPP} y V_{MPP} , respectivamente). Por lo general: $I_{MPP} < I_{SC}$, $V_{MPP} < V_{OC}$. Esta potencia se rige mediante la siguiente ecuación:

$$P_{MÁX} = V_{MPP} \times I_{MPP} \quad (18)$$

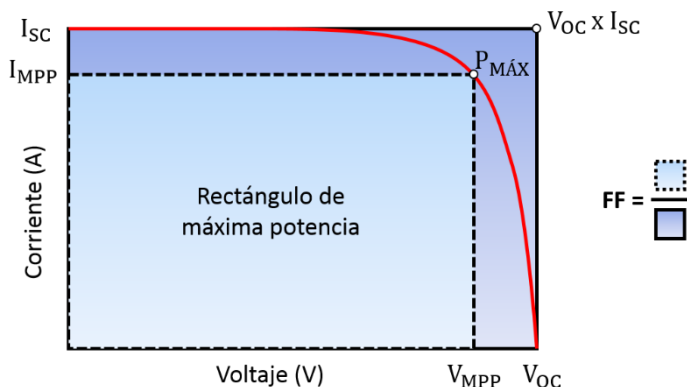
Las unidades de esta potencia son Vatios Pico (Wp), evidenciando el planteamiento de la máxima potencia alcanzable siendo, además, el valor característico comercial de los paneles. En el mercado, se pueden encontrar módulos fotovoltaicos de baja potencia, desde 5 Wp, de potencia media, alrededor de 55 Wp, y de alta potencia, hasta 160 Wp. En aplicaciones de electrificación rural suelen utilizarse paneles fotovoltaicos con capacidades comprendidas entre los 50 y 100 Wp (FOCER, 2002).

- **FACTOR DE FORMA (FF):** Es un factor que sirve como dato para hallar la eficiencia de una célula o módulo fotovoltaico ya que indica la calidad de la célula, que será mejor cuanto más cercano sea el FF a la unidad y siendo siempre inferior a esta (normalmente, las celdas comerciales tienen valores comprendidos entre 0.7 y 0.8). Este valor se consigue de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$FF = \frac{V_{MPP} \times I_{MPP}}{V_{OC} \times I_{SC}} \quad (19)$$

Figura 20

Factor de Forma



- **EL RENDIMIENTO DE UN MÓDULO FOTOVOLTAICO (η):** Es el valor de la energía eléctrica producida por el módulo sobre el total de la radiación solar impactada sobre la superficie del módulo cuando el panel se encuentra conectado a un circuito eléctrico. Es decir, la eficiencia se define como:

$$P_{D.Solar} = G \times A_C \quad (20)$$

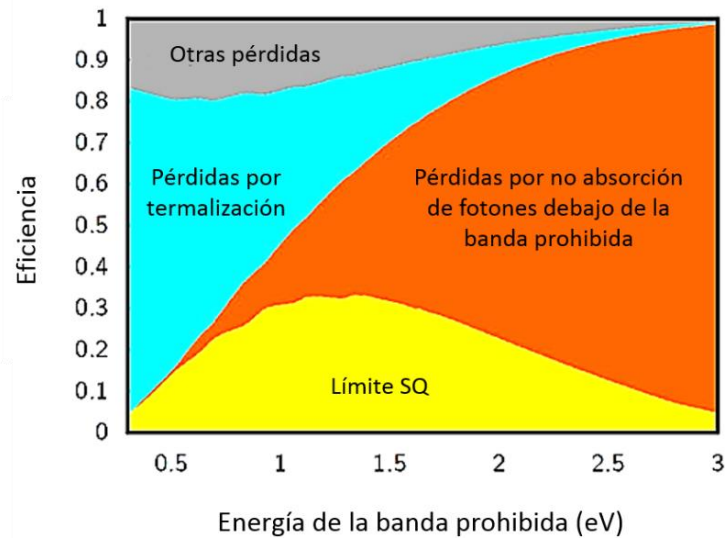
$$\eta = \frac{P_{MÁX}}{G \times A_C} \times 100 \quad (21)$$

Siendo, G la irradiancia a condiciones CEM (1000 W/m^2). A_C el área del módulo fotovoltaico (m^2) y P_D la potencia recibida por el sol (W).

El rendimiento de la transformación fotovoltaica del módulo varía según el tipo de material utilizado. En física, existe el Límite de eficiencia Shockley-Queisser (o Límite SQ) y aporta el concepto de una eficiencia teórica máxima de una sola unión PN dependiente del valor de su Energy Gap para cada material, siendo una contribución sumamente importante para el proceso de producción de energía. Por ejemplo, el Silicio posee una $E_g = 1.12 \text{ eV}$ dando como resultado una eficiencia máxima de 29.4% aproximadamente. El límite SQ no aplica a las células solares en tándem o concentradores.

Figura 21

Límite de eficiencia Shockley-Queisser



Nota. Adaptado de *La física e ingeniería de celdas fotovoltaicas* por J. Palomino, 2019, XXVI- SPES.

Los valores de estos parámetros son proporcionados por los fabricantes (como se puede observar en los Anexos 05 y 06) que pueden diferir con los datos obtenidos fuera de laboratorio ya que sus pruebas se encuentran bajo las siguientes Condiciones Estándares de Medida (CEM o STC):

- Irradiancia de 1000 W/m^2 .
- Temperatura de celda de $25 \text{ }^\circ\text{C}$.
- Distribución espectral (Masa de Aire) de 1.5.

b. PÉRDIDAS EN UN GENERADOR FOTOVOLTAICO

Diversos estudios se han realizado en busca de identificar los principales factores que afectan el correcto funcionamiento de los paneles fotovoltaicos persiguiendo el fin de mitigarlos y lograr aumentar los valores de eficiencia para esta tecnología. Estos factores pueden deberse a configuraciones o características propias del panel, así como externos a estos como se describen a continuación:

- RADIACIÓN INCIDENTE SOBRE EL PANEL

Para producir el movimiento de los electrones y generar flujo de corriente es necesario que el nivel de radiación que incide sobre el panel (fotones) posea una cantidad de energía entre ciertos límites. Debido a la que la radiación posee un

amplio rango de longitudes de onda, existe un porcentaje de energía que se pierde ya que no puede ser transformada por el sistema. Mientras que la tensión varía muy poco respecto a la irradiancia, incluso pudiéndose considerar como constante, la corriente posee un comportamiento proporcional a la radiación, esto se refleja también en la generación de potencia eléctrica, ya que será mayor o menor en función a la radiación solar.

- **REFLEXIÓN Y SUCIEDAD EN LA SUPERFICIE DEL PANEL**

La cantidad de radiación recibida por las células solares en el interior del módulo fotovoltaico es inferior a la que llega a la superficie del mismo, debido a la reflexión de los rayos incidentes y la suciedad de la superficie del módulo. Las pérdidas de reflexión en la interfaz (vidrio o polímero), puede llegar hasta un 8 o 9% en el espectro visible de la radiación solar. Este efecto resulta indeseable para los fotones a la hora de cargar los portadores, por lo cual, para disminuir este tipo de pérdidas, en el proceso de fabricación se empezó a utilizar capas antirreflejo y superficies rugosas. (Cepeda y Sierra, 2017).

- **SOMBREADO SOBRE LA SUPERFICIE DEL PANEL**

Este efecto resulta de la obstrucción de la luz que impacta sobre la superficie de un panel afectando notoriamente el rendimiento de este, es por ello que una medida fundamental es la ubicación precisa a fin de evitar este tipo de interferencias producidas por elementos cercanos a la instalación. Este efecto provoca pérdidas en la producción de energía, siendo más notorio en paneles conectados en serie, y fluctuaciones de potencia de salida que podría conllevar al deterioro de los equipos conectados al generador fotovoltaico.

- **ÁNGULO DE INCLINACIÓN DEL PANEL**

Los paneles fotovoltaicos funcionan de forma óptima cuando se sitúan perpendicular al Sol recibiendo la máxima radiación posible. Todas las instalaciones fotovoltaicas son diseñadas con este ángulo de inclinación óptimo, así como su orientación dependiendo de su ubicación geográfica, y aprovechar así la mayor cantidad de luz posible por cierto periodo de tiempo. Este ángulo varía en función a la latitud y época del año.

- **TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENTO DEL PANEL**

La temperatura es un parámetro que desempeña un papel clave en el proceso de conversión de energía. Los paneles solares absorben en promedio el 80% de la irradiancia solar recibida. Sin embargo, una parte de esta irradiancia se convierte en electricidad y la restante se convierte en calor. (Villena, 2017) Esta fracción que se convierte en calor incrementa la temperatura de la celda. La corriente tiende a aumentar mientras que el voltaje disminuye debido a que la producción de electrones se ve afectada. Esta circunstancia genera una reducción de la potencia ya que la corriente tiene una variación muy pequeña por lo que se le considera constante.

2.5. SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO FOTOVOLTAICO

Un sistema híbrido es un sistema de generación compuesto por dos o más fuentes de energía para la generación eléctrica. Los sistemas que los conforman son a menudo fuentes energéticas renovables, aunque no siempre deben serlo, si bien pueden tener grupos electrógenos como generadores, estos generalmente son utilizados como elementos de respaldo. Es muy común que los sistemas de suministro de energías renovables tengan algún aporte auxiliar como un generador eléctrico de Diesel o una conexión a la red eléctrica para situaciones de emergencia. Si ya existe la conexión, la red eléctrica suele ser la fuente auxiliar más económica.

Los sistemas híbridos pueden clasificarse en orden a su conexión a la red y las respectivas funciones que cumple con relación a esta, como, por ejemplo:

- **SISTEMAS ON-GRID:** Estos sistemas se conectan a una red de suministro externa, ya sea para compensar un déficit en la generación de energía o la inyección de energía excedente, es por esta cualidad que carecen de un banco de acumuladores.
- **SISTEMAS OFF-GRID:** Son sistemas autónomos, cuentan con un banco de baterías y podrían estar conectados, aunque no necesariamente, a la red como sistema de respaldo y contrario a los sistemas On-Grid no pueden inyectar a la red así que dispersan el dispersar el exceso de energía por medio de resistencias.

- **SISTEMAS HÍBRIDOS:** Es una combinación de tecnologías con las mejores características de los sistemas anteriores integrando sistemas de baterías y una conexión a la red.

Para calcular la eficiencia de conversión de energía del sistema híbrido está dado por el cociente de la suma de la potencia generada real del aerogenerador y los módulos fotovoltaicos, y la suma de la potencia total de la energía solar impactada en los generadores fotovoltaicos y la potencia del viento del aerogenerador.

$$\eta_{\text{híbrido}} = \frac{P_{R. \text{ eólica}} + P_{A. \text{ Solar}}}{P_{\text{viento}} + GA_c} \quad (22)$$

Siendo G (W / m^2) la irradiancia medida a tiempo real y A_c (m^2) superficie que cubren los módulos fotovoltaicos.

El funcionamiento de los sistemas híbridos se encuentra conformado básicamente por múltiples sub-sistemas de generación que mediante un regulador de carga alimentan a las baterías, paralelamente, siempre se debe tener un sistema de respaldo en caso de cualquier contingencia ya que la disponibilidad del recurso, una posible variación en la demanda, así como, las características no lineales de ciertos componentes producen un escenario complicado de predecir. A continuación, se describen los principales componentes que hacen posible la puesta en marcha de estos sistemas:

a. SISTEMA DE GENERACION

- **GENERADOR FOTOVOLTAICO:**

Conformado por los módulos fotovoltaicos que se encargan de transformar el impacto de la radiación sobre su superficie en electricidad (en corriente continua) para su posterior consumo. Los módulos fotovoltaicos, normalmente, proveen corriente continua a 12 o 24 V por lo que se requiere de componentes adicionales para su uso a 220V (estandarizado en el territorio peruano). La potencia eléctrica final depende de la disposición de los paneles.

- **GENERADOR EÓLICO:**

También llamado aerogenerador, es el equipo que, por medio del impacto de las corrientes de viento sobre sus aspas, convierte la energía cinética del viento en energía mecánica y por consiguiente generar energía eléctrica.

b. SISTEMA DE CONTROL Y CARGA

- **CONTROLADORES:**

También llamado regulador de carga, se encarga de suministrar la tensión e intensidad compatibles con el banco de baterías, así como de controlar el ciclo de carga y descarga del este. De esta manera, no solo se prolonga el ciclo de vida de las baterías debido constantes descargas sino que actúa protegiendo su integridad frente a posibles riesgos (de explosión o ignición) como resultado de una sobrecarga, las cuales serían inevitables sin el controlador dado que los módulos solares tienen una tensión nominal superior al de las baterías, esto se debe a que con esta disposición aseguran una carga completa de las baterías y la caída de tensión por un posible aumento de temperatura (Díaz y Carmona, 2017).

El controlador es un elemento sumamente importante ya que, mediante su constante monitoreo, puede interrumpir (automáticamente) el abastecimiento hacia las cargas antes una caída de tensión o poner en “estado de flotación” a las baterías cuando estas se encuentran totalmente cargadas y sus posibles consumidores se encuentran sin demanda. Así bien, pone en marcha el sistema de carga cuando detecta cierto nivel de descarga iniciando nuevamente el proceso.

- **INVERSORES:**

Los inversores son dispositivos electrónicos que tiene como finalidad convertir la energía producida por los generadores, de corriente continua (CC) a corriente alterna (CA), o viceversa, buscando valores de salida continuos.

Las instalaciones fotovoltaicas generan corriente continua, esto puede ser suficiente para alimentar pequeñas cargas, sin embargo, para consumidores que

demanda CA, o la inyección a la red, es necesario alcanzar una serie de parámetros a fin de no crear perturbaciones tanto en los artefactos como en la red de suministro. Aquí entra la necesidad de los inversores fotovoltaicos, los cuales tienen como función principal convertir CC en CA logrando los parámetros mencionados. Por otro lado, los generadores eólicos producen CA por la conducta errática del recurso, sin embargo, es necesario mantener estables los valores de salida como la fase, frecuencia y el voltaje. En otras palabras, se utilizan los inversores para obtener una corriente rectificadora de un aerogenerador de velocidad variable para funciones como la carga de sistemas de baterías o como parte de un sistema de energía eólica de velocidad variable.

Los inversores deben tener un alto rendimiento y fiabilidad. El rendimiento de los inversores oscila entre el 90% y el 97%. Dicho rendimiento depende directamente de la potencia de instalación, por lo que, si la potencia de entrada procedente de los generadores no es igual o cercana a la potencia nominal, el rendimiento disminuye. (Cristóbal, 2017)

c. SISTEMA DE ACUMULADORES

A fin de compensar la variabilidad de los recursos energéticos sin poner en juego la disponibilidad del sistema se instalan los acumuladores, cuya función es la de almacenar la energía producida por los generadores, mantener constante el voltaje (nivelando los picos) y conservar la estabilidad de la instalación para hacer posible una posterior alimentación de terceros o un autoconsumo.

Estas baterías son diseñadas en base a un proceso electroquímico de oxidación-reducción siendo de tipo estacionarias capaces de soportar constantes ciclos de carga y descarga. Los ciclos corresponden al tiempo de carga y descarga a niveles mínimos que una batería puede experimentar. Estas baterías se caracterizan por ser de ciclo profundo, y es que pueden descargarse hasta a un 80% de su capacidad máxima antes de requerir alimentación.

La capacidad de la batería se mide en “Amperio-hora (Ah)” y es la medida de la capacidad de una batería para producir corriente. Esta capacidad puede ser afectada

no solo por su tiempo de uso, sino también al encontrarse instaladas en un escenario con altas temperaturas, un ineficiente mantenimiento, entre otros factores.

- **RESISTENCIA**

En una situación donde los generadores produzcan más energía de la requerida por las cargas y el banco de acumuladores se encuentran al máximo de su capacidad, se hace uso de una resistencia o disipador. Este elemento cumple con la función de la disipación de energía excedente introducida al sistema a partir de dispositivos mecánicos. El acero ha sido sin duda el metal más empleado en disipadores.

CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIALES

Para analizar este capítulo se debe tener en cuenta los elementos que conforman el sistema híbrido eólico fotovoltaico. Se relacionan en función a la secuencia con el propósito de ordenarlo coherentemente.

Dentro del material utilizado se tiene lo siguiente:

Tabla 3

Materiales empleados en la investigación

EQUIPOS	Propios de la investigación <ul style="list-style-type: none">✓ 8 Módulos fotovoltaicos policristalinos (Silicio cristalino, s-Ci).✓ 4 Módulos fotovoltaicos de película delgada (Seleniuro de indio y cobre, CSI).✓ 1 Aerogenerador.✓ 3 Inversores solares.✓ 3 Inversores de batería.✓ 1 Inversor eólico.✓ 1 Caja de Fusibles.✓ 24 Baterías. Para procesos y análisis de la información <ul style="list-style-type: none">✓ Cabina eléctrica.✓ Laptop.✓ Software.
INSTRUMENTOS	<ul style="list-style-type: none">✓ 1 Anemómetro.✓ 1 Piranómetro.✓ 1 Veleta.

3.1.1. EQUIPOS

a. MÓDULO FOTOVOLTAICO

El sistema híbrido eólico fotovoltaico cuenta con 12 módulos fotovoltaicos que cubren una superficie total de aproximadamente $18 m^2$ y una capacidad instalada de 2.7 kWp. Cuenta con la tecnología de 2 grupos de módulos fotovoltaicos de Silicio policristalino de 1 kW y 1 grupo de módulos de película delgada CIS sobre sustrato de vidrio de 0.7 kW.

Tabla 4*Especificaciones de los módulos fotovoltaicos*

Módulo Fotovoltaico	Silicio policristalino	Película delgada CSI	Unidad
Marca	Astro Energy	Solar Frontier	-
Potencia nominal (P_{max})	250	175	Watts
Tolerancia de potencia	-0/+3	-0/+5%	%
Eficiencia del módulo	15.28	13.80	%
Voltaje de Circuito abierto (V_{oc})	37.12	112	Voltios
Corriente de Corto circuito (I_{sc})	8.76	2.2	Amperios
Tensión nominal (V_{mpp})	30.38	87.5	Voltios
Corriente Nominal (I_{mpp})	8.29	1.95	Amperios
Coefficiente α	0.059	0.01	%/K
Coefficiente β	-0.32	-30	%/K
Coefficiente δ	-0.42	-0.31	%/K
Área	1.6358	1.2281	m^2

Nota. Adaptado de *Catálogo Astro Energy y Solar Frontier.***b. AEROGENERADOR**

El sistema híbrido eólico fotovoltaico cuenta con un aerogenerador ubicado a 8 metros de altura, el cual tiene los siguientes parámetros.

Tabla 5*Especificaciones del aerogenerador*

Características	Valor
Alternador	
Tipo	Trifásico
Eficiencia	92 %
Potencia Nominal	3.0 kW
Tensión Nominal	350 V AC
Turbina	
Gama de velocidad	0 – 600 rpm
Velocidad de funcionamiento	130 – 400 rpm
Velocidad de arranque	2.8 m/s
Protección de Tempestades	13 m/s
Coefficiente de potencia	0.47
Datos Mecánicos	
Diámetro de rotor	3 m
Área de variación	7.065 m^2

Nota. Adaptado de *Catálogo Antaris.***c. INVERSOR SOLAR**

El sistema híbrido eólico fotovoltaico cuenta con tres inversores solares, los cuales presentan los parámetros a continuación.

Tabla 6*Especificaciones del inversor solar*

Parámetro	Valor
MODELO	SB1.5-1VL-40
Entrada DC	
Potencia Max de entrada DC	1 600 W
Tensión Máxima	600 V
Voltaje DC MMP	160-500 V
Corriente de entrada Max	10 A
Corriente Max de cortocircuito	18 A
Salida CA	
Potencia Nominal a 230V	1 500 W
Tensión de Red nominal	230 V
Tensión nominal de CA	220/230/240 V
Corriente de salida Max	7 A
Frecuencia de alimentación CA	50/60 Herz
Máxima Eficiencia	97.2 %

Nota. Adaptado de *Catálogo SMA Sunny Boy*.**d. INVERSOR EÓLICO**

El sistema híbrido eólico fotovoltaico cuenta con un inversor eólico, el cual tiene los siguientes parámetros. El inversor eólico cuenta con una pantalla gráfica donde se puede obtener datos de operación del sistema eólico.

Tabla 7*Especificaciones del inversor eólico*

Parámetro	Valor
MODELO	SW-5.5
Lado del generador (entrada)	
Rango de voltaje de entrada	60...500 V_{LL}
Corriente de entrada	20 A
Capacidad de entrada nominal	12 kW
Red de salida	
Potencia de salida nominal	5.5kW
Tensión de salida	400 V_{LL}
Corriente de salida	0...8 A
Salida DC	
Potencia de salida nominal	Max 10kW por salida
Tensión de salida	0...800 V_{LL}
Corriente de salida	17 A
Resistencia de carga	Min 25 Ω – 5.5 kW

Nota. Adaptado de *Catálogo Smart Power Electronics*.**e. INVERSOR DE BATERÍAS**

El sistema híbrido eólico fotovoltaico cuenta con tres inversores de baterías, el cual tiene los siguientes parámetros.

Tabla 8

Especificaciones del inversor de batería

PARAMETRO	VALOR
MODELO	Sunny Island 3.0M
BATERIA DE ENTRADA DE DC	
Tensión de entrada nominal	48 V
Corriente de entrada carga máx.	51A
Corriente de salida DC nominal	45 A
GENERADOR FOTOVOLTAICO AC	
Tensión de entrada	230 V
Frecuencia	50Hz
Potencia nominal	2 300 W
Corriente de salida nominal	10A
Corriente de entrada nominal	50 ^a

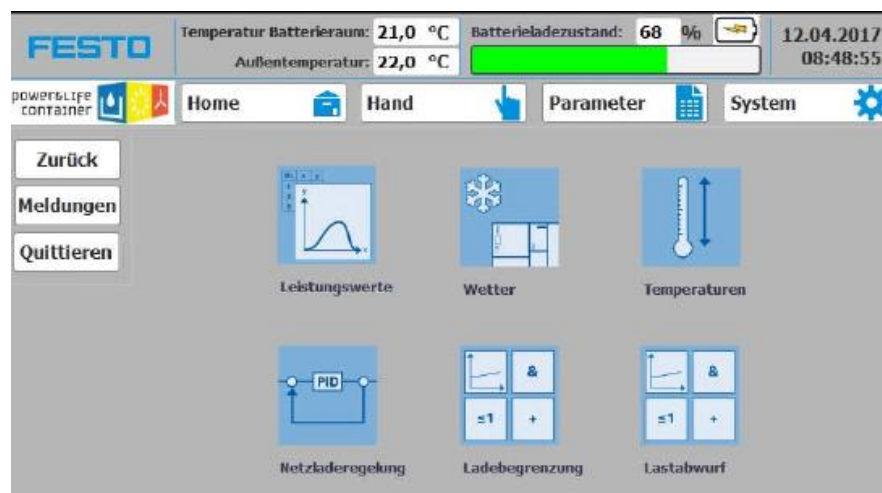
Nota. Adaptado de *Catálogo SMA Sunny Island*.

f. CABINA ELECTRICA

Carcasa para todos los demás dispositivos para la distribución, la seguridad y la conmutación de las conexiones eléctricas, así como el control y medición. Para el control y medición, cuenta con una pantalla sensible al tacto con 9 tamaños de pantalla.

Figura 22

Interfaz de la pantalla táctil

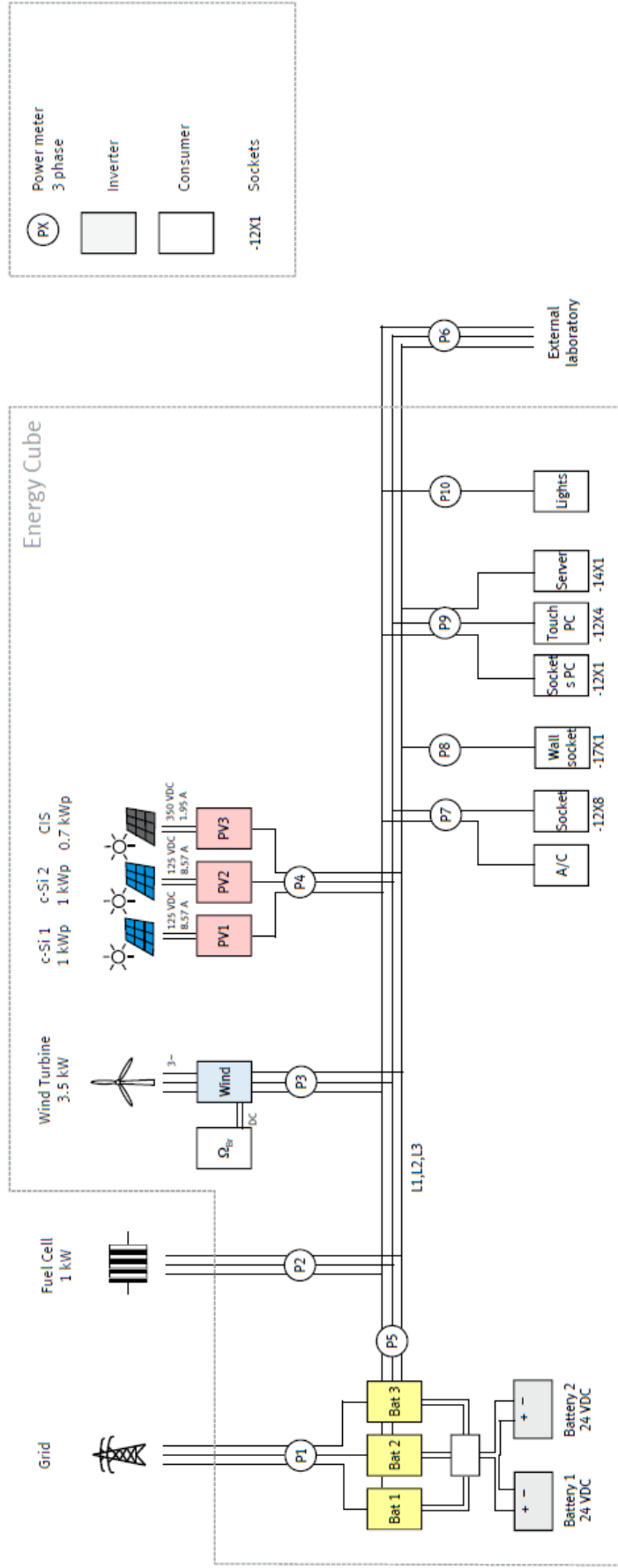


Nota. Adaptado de *la interfaz del Energy Cube*.

Figura 23

Diagrama Unifilar de los elementos que conforman sistema híbrido eólico fotovoltaico. Inversor fotovoltaico Sunny Boy (rojos), Inversores Sunny Island (amarillos), inversor eólico (celeste)

EDS® Energy Cube – Power Grid



Nota. Adaptado de *Manual Festo* – 2017 de Festo.

3.1.2. INSTRUMENTOS

a. ANEMÓMETRO

El sensor de viento se utiliza para detectar la componente horizontal de la velocidad del viento en la meteorología y la tecnología del medio ambiente. El valor medido se proporciona como una señal digital en la salida. Puede ser transmitida para mostrar instrumentos, instrumentos de grabación, registrador de datos y sistemas de control de procesos.

Tabla 9

Especificaciones del anemómetro

PARAMETRO	VALOR
Marca	Festo
Rango de medición	0.3...75 m/s
Incertidumbre (Sin calibración)	0.3...50 m/s
Condiciones ambientales	-50 a +80 °C
Tipo	Rotacionales (3 tazas de fibra de carbono)
Frecuencia	1 082 Hz @ 50 m/s

Nota. Adaptado de *Catálogo Festo*.

b. PIRANÓMETRO

El piranómetro es un instrumento de alta calidad para la medición de la Irradiancia solar horizontal. La construcción del sensor de termopila mide la energía solar que se recibe del espectro solar total y de todo el hemisferio (campo de visión de 180°). La señal de salida del piranómetro es una tensión proporcional a la irradiancia solar medida, que se expresa en W/m². El piranómetro es un instrumento útil a la hora de medir el rendimiento de los paneles solares frente a la insolación.

Tabla 10

Especificaciones del piranómetro

PARAMETRO	VALOR
Marca	Festo
Rango espectral	310-2 800nm
Sensibilidad	5-20 $\mu\text{V}/\text{W}/\text{m}^2$
Tiempo de respuesta	<18 s
Irradiancia solar máxima	2 000 W/m^2
Campo de visión	180°
Rango de temperatura de trabajo	-40°C... +80°C

Nota. Adaptado de *Catálogo Festo*.

3.2. METODOLOGÍA DE ESTUDIO

3.2.1. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de investigación emplea el método descriptivo, porque en este análisis el sistema lo desmembramos en un sistema eólico y fotovoltaico para poder analizarlo, como un comportamiento independiente, para posteriormente unirlo y aplicar los conocimientos teóricos para determinar la eficiencia del sistema estudiado.

3.2.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El diseño a utilizar en esta investigación es descriptivo, su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado (Fernandez, 2014). Las características de la investigación serán:



Donde:

M: Representa la muestra a tomar

O_x : Velocidad de viento e irradiancia solar y temperatura ambiente.

O_y : Eficiencia y Potencia del sistema híbrido eólico fotovoltaico.

3.2.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

La población y muestra es única, y está formada por un aerogenerador de baja potencia, 3.5 KW, 2 módulos fotovoltaicos de Silicio policristalino de 1 KW y 1 módulo fotovoltaico de CSI de 0.7 KW, el cual está instalado en la Escuela profesional de Ingeniería en Energía de la Universidad Nacional del Santa.

3.2.4. TÉCNICA E INSTRUMENTOS DE RECOPIACIÓN DE DATOS

a. TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN

- **Análisis documental:** Se recolectaron datos de fuentes como libros, boletines, revistas, folletos de internet que fueron usados como base para la elaboración del presente informe.

- **Observación directa:** Recojo de información a través de reportes de operación para diferentes regímenes de velocidad de viento e Irradiancia solar.

b. INSTRUMENTO DE LA INVESTIGACION

- Fichas y formatos de recolección de datos
- Anemómetro digital.
- Piranómetro.
- Veleta.

3.2.5. PROCEDIMIENTO PARA LA RECOLECCION DE DATOS

1. Reconocimiento de los equipos propios de la investigación (Equipos que conforman el sistema híbrido eólico fotovoltaico).
2. Identificación de los puntos de medición.
3. Toma de datos con un horario de trabajo desde las 8:30 hasta las 17:30 horas del día registrados cada 5 minutos.
4. Análisis e interpretación de los datos.
5. Aplicación de las ecuaciones para el cálculo de la eficiencia de los módulos fotovoltaicos.
6. Aplicación de las ecuaciones para el cálculo de la eficiencia del aerogenerador
7. Evaluación de la eficiencia energética del sistema híbrido eólico solar fotovoltaico.
8. Discusión y evaluación de la información para establecer resultados.
9. Discusión y evaluación de los resultados para comprobar la hipótesis.
10. Elaboración del informe final de investigación.

3.2.6. TÉCNICA DE PROCEDIMIENTO Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

La información obtenida será debidamente procesada, a través de sistemas informáticos: Procesador de Textos y Hoja Electrónica Excel.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO DEL AEROGENERADOR

a. POTENCIA MEDIDA

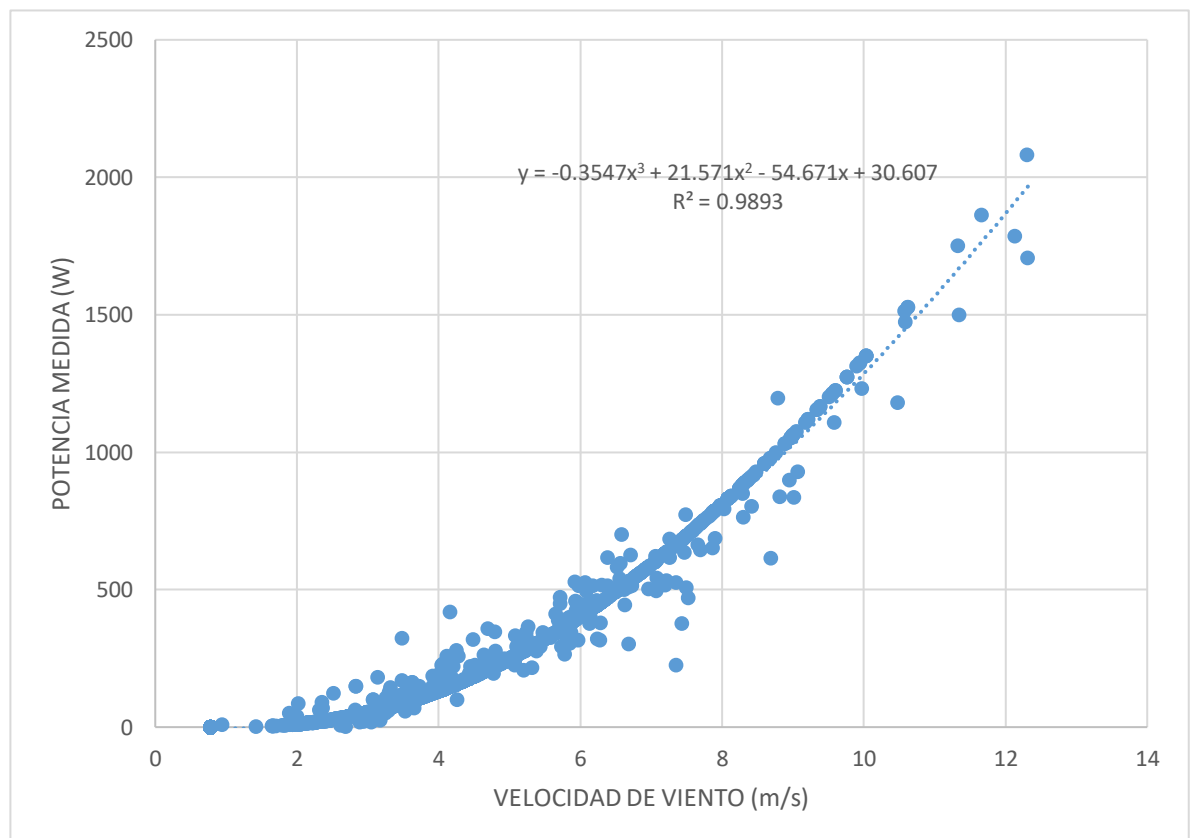
Utilizamos dos grupos de modelos paramétricos (Regresión polinómica), el principal motivo de la aplicación de estos modelos es encontrar una ecuación matemática para evitar la eliminación de los valores atípicos de los datos iniciales y el impacto de la concentración de variables, ese tipo de datos es de la forma de una curva y la aplicación de un método bastante simple, análisis de regresión.

- Modelo 1 (Velocidad y potencia aprovechable)

Tomando como referencia los datos recolectados en la parte de “Wind Data” presentado en Anexo 14, buscamos una ecuación paramétrica donde podamos relacionar la potencia medida del aerogenerador y la velocidad de viento.

Gráfica 1

Datos iniciales de velocidad y potencia medida



De la Gráfica 1 obtenemos la siguiente ecuación:

$$M_1: P_{(v)} = -0.3547 (v^3) + 21.571 (v^2) - 54.671 (v) + 30.607 \quad (22)$$

Donde:

$P_{(v)}$:Potencia estimada por velocidad de viento (W)

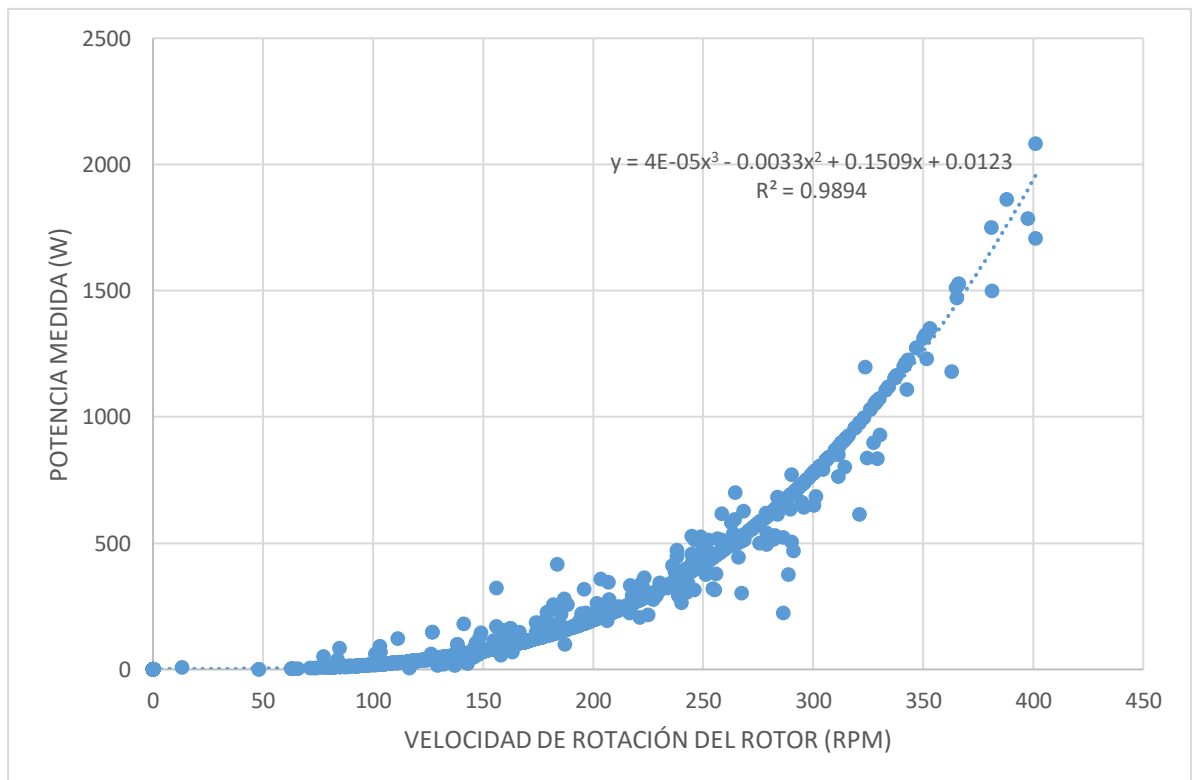
v : Velocidad de viento (m/s).

- **Modelo 2 (RPM y potencia medida)**

De la misma manera que el apartado anterior buscamos una ecuación paramétrica donde podamos relacionar la potencia medida del aerogenerador y la velocidad de rotación del rotor.

Gráfica 2

Datos iniciales de RPM y la potencia medida



De la Gráfica 2 obtenemos la siguiente ecuación:

$$M_2: P_{(\omega_t)} = 4 (10^{-5})(\omega_t^3) - 0.0033(\omega_t^2) + 0.1509 (\omega_t) + 0.0123 \quad (23)$$

Donde:

$P_{(\omega_t)}$:Potencia estimada por RPM (W)

ω_t : Velocidad de rotación del rotor (RPM).

Tabla 11

Resumen de los modelos estimados

Modelo indicador	Modelo de curva de potencia estimada	MAPE %
M₁	$P_{(v)} = -0.3547 (v^3) + 21.571 (v^2) - 54.671 (v) + 30.607$	6.78%
M₂	$P_{(\omega_t)} = 4 (10^{-5})(\omega_t^3) - 0.0033(\omega_t^2) + 0.1509 (\omega_t) + 0.0123$	12.85%

Se presentan los resultados de la potencia estimada en la Tabla 12 para cada régimen de velocidad de viento para el modelo 1 y para cada régimen de RPM para el modelo 2, de la misma manera se presenta el cálculo del MAPE para cada punto de los datos.

Tabla 12

Potencia estimada y MAPE por modelo indicador

N	P _{medida} (W)	MODELO 1 (M ₁)			MODELO 2 (M ₂)		
		v m/s	P _(v) (W)	MAPE	RPM	P _(v) (W)	MAPE
1	0	0	0.00	0%	0.00	0.00	0%
2	0	0.25	0.00	0%	0.00	0.00	0%
3	0	0.75	0.00	0%	0.00	0.00	0%
4	0	1.25	0.00	0%	0.00	0.00	0%
5	0	1.75	0.00	0%	0.00	0.00	0%
6	14	2.25	12.78	8.74%	116.00	35.55	153.91%
7	36	2.75	36.03	0.08%	128.00	49.15	36.52%
8	68	3.25	68.60	0.88%	150.00	83.40	22.64%
9	148	3.75	110.23	25.52%	170.00	126.82	14.31%
10	177	4.25	160.64	9.24%	188.00	177.53	0.30%
11	255	4.75	219.58	13.89%	209.09	252.94	0.81%
12	330	5.25	286.78	13.10%	224.50	320.15	2.99%
13	405	5.75	361.96	10.63%	238.86	392.88	2.99%

«Continuación»

14	514	6.25	444.87	13.45%	252.34	470.70	8.42%
15	636	6.75	535.25	15.84%	265.08	553.21	13.02%
16	684	7.25	632.81	7.48%	277.17	640.05	6.43%
17	772	7.75	737.31	4.49%	288.68	730.89	5.32%
18	802	8.25	848.47	5.79%	299.68	825.44	2.92%
19	880	8.75	966.02	9.78%	310.22	923.42	4.93%
20	968	9.25	1 089.71	12.57%	320.33	1 024.55	5.84%
21	1 180	9.75	1 219.26	3.33%	330.06	1 128.59	4.36%
22	1 350	10.25	1 354.41	0.33%	339.43	1 235.31	8.50%
23	1 425	10.75	1 494.89	4.90%	348.47	1 344.48	5.65%
24	1 500	11.25	1 640.45	9.36%	357.20	1 455.89	2.94%
25	1 786	11.75	1 790.81	0.27%	365.64	1 569.34	12.13%
26	2 081	12.25	1 945.70	6.50%	373.81	1 684.62	19.05%

De la Ecuación 16 calculamos el error porcentual absoluto medio (MAPE) para ambos modelos usados:

Modelo 1:

$$\text{MAPE} = \frac{8.74\% + 0.08\% + 0.88\% \dots + 9.36\% + 0.27\% + 6.50\%}{26} = 6.78\%$$

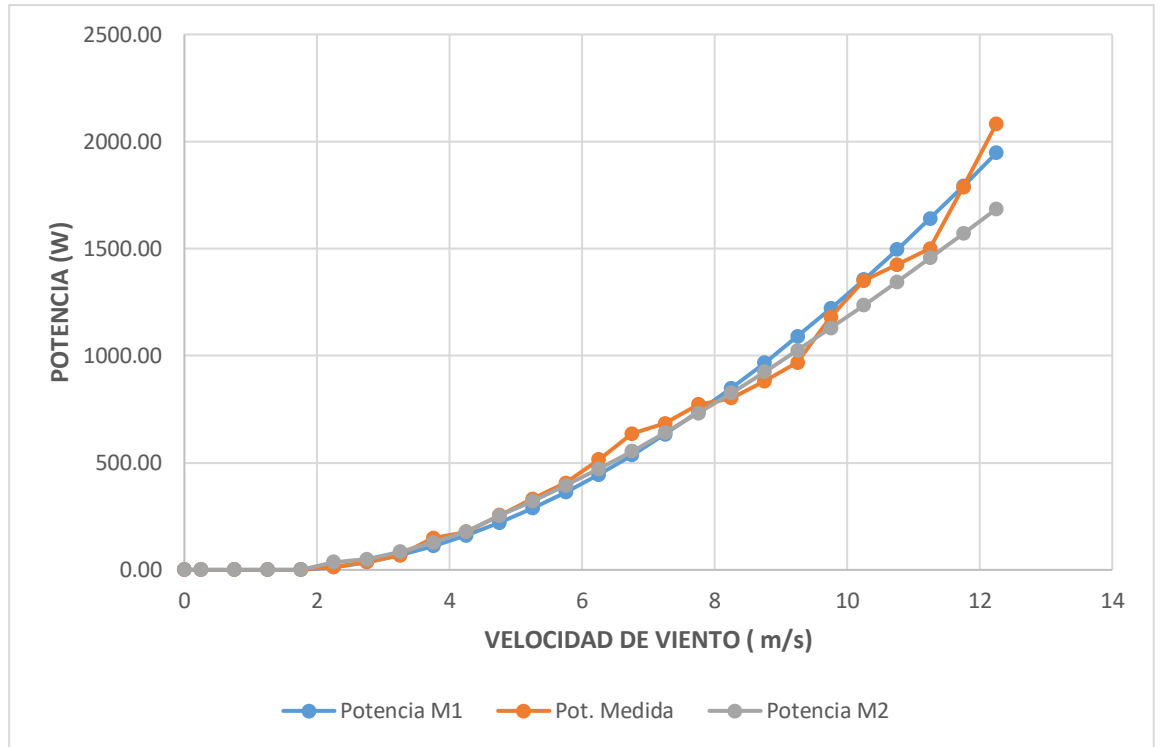
Modelo 2:

$$\text{MAPE} = \frac{153.91\% + 36.52\% + 22.64\% \dots + 12.13\% + 19.05\%}{26} = 12.85\%$$

Se presenta la Gráfica 3 con el desarrollo de la curva de potencia medida y estimada del aerogenerador, en el cual se visualiza que el Modelo 1 tiene una aproximación más exacta con respecto a los datos medidos que el Modelo 2, verificando dicha elección se usará la potencia estimada con menor error porcentual absoluto medio (MAPE), para nuestro trabajo de investigación será el Modelo 1 (M_1).

Gráfica 3

Curva de potencia medida y estimado del aerogenerador



b. POTENCIA DISPONIBLE DE VIENTO

Se toman como referencia los datos mecánicos del aerogenerador según la Tabla 5, obteniendo la potencia disponible de viento aplicando la Ecuación 2.

- Se tiene el cálculo de la potencia disponible de viento del caso a una velocidad de viento de 2.25 m/s.

$$\rho = 1.225 \text{ kg/m}^3$$

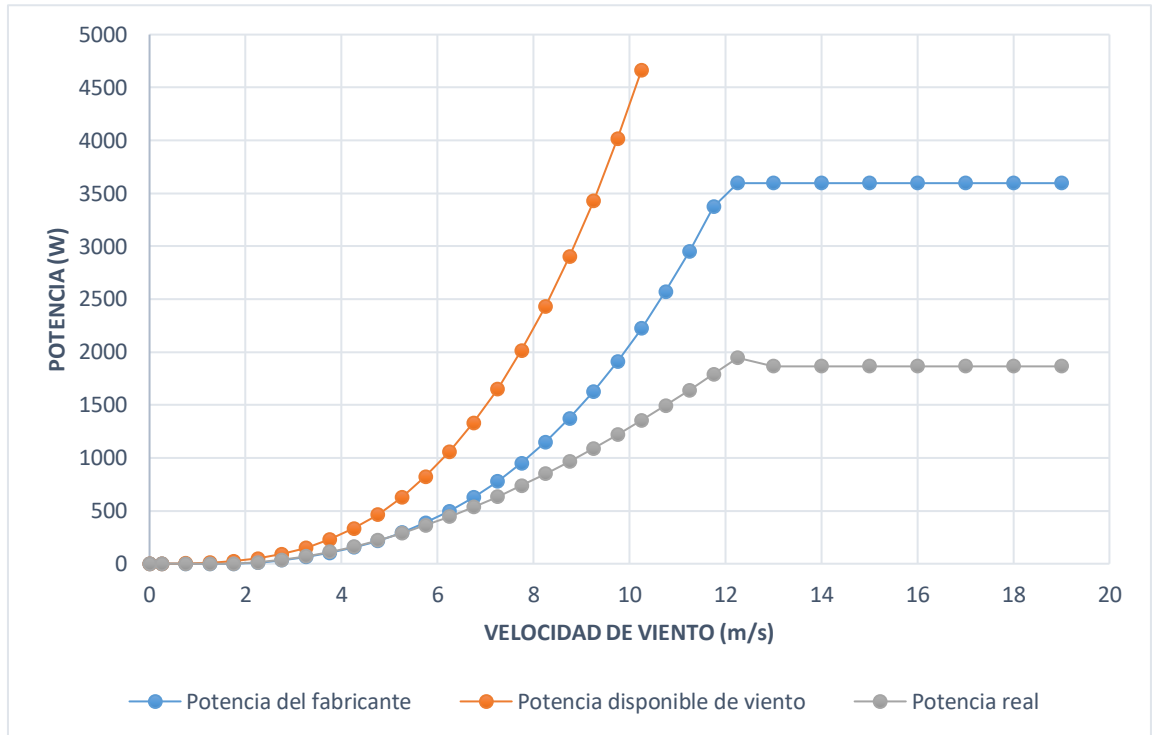
$$A = \frac{\pi (3^2)}{4} = 7.065 \text{ m}^2$$

$$P_{\text{viento}} = (1/2) (1.225 \text{ kg/m}^3) (7.065 \text{ m}^2) (2.25)^3$$

$$P_{\text{viento}} = 49.32 \text{ W}$$

Gráfica 4

Curvas de potencias del aerogenerador



Se presentó en la Gráfica 4 una relación entre la potencia del fabricante, la potencia real (Potencia estimada, tomando como referencia el Modelo 1) y la potencia disponible del viento, desde una velocidad de viento que ronda desde los 0 m/s hasta 20 m/s. Se aprecia que los valores máximos de potencia aprovechada o real llegan a 2000 W son mínimos en comparación a los valores de potencia eléctrica del fabricante los cuales llegan a valores de 3500W ambos a una velocidad nominal de 12.25 m/s, esto se debe a que en la conversión de potencia mecánica a eléctrica se presentan pérdidas de energía por elementos rotatorios influyendo también el lugar de instalación, entre otros, lo cual reduce su valor.

c. COEFICIENTE DE POTENCIA

Desarrollamos el coeficiente de potencia del fabricante y real del aerogenerador aplicando los principios de la Ecuación 17.

- Se tiene el cálculo del coeficiente de potencia del fabricante, del caso a una velocidad de viento de 2.25m/s.

$$P_F = 9 \text{ W}$$

$$P_{\text{viento}} = 49.32 \text{ W}$$

$$C_{p_{\text{fabricante}}} = \frac{9 \text{ W}}{49.32 \text{ W}} = 0.18$$

- Se tiene el cálculo del coeficiente de potencia real, del caso a una velocidad de viento de 2.25m/s.

$$P_{R.eolica} = 12.78 \text{ W}$$

$$P_{\text{viento}} = 49.32 \text{ W}$$

$$C_{p_{\text{real}}} = \frac{12.78 \text{ W}}{49.32 \text{ W}} = 0.26$$

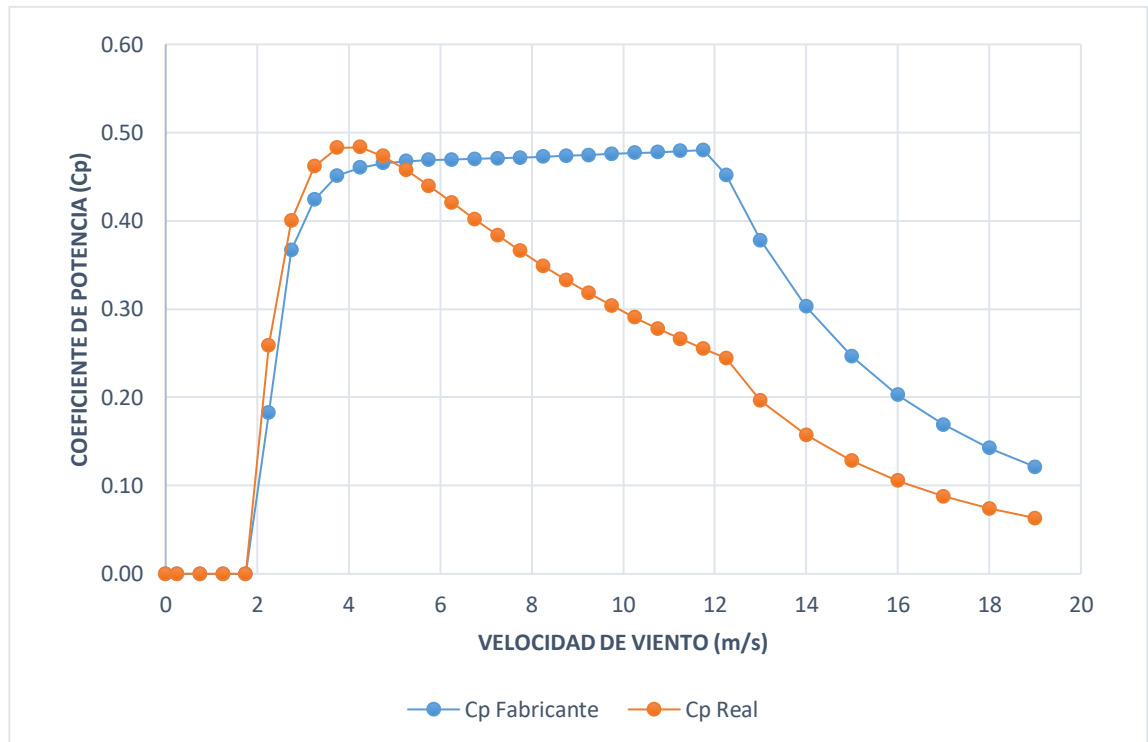
Se presenta la Gráfica 5 se puede observar que el coeficiente de potencia del fabricante presenta valores constantes en una amplia gama de velocidades de viento, este comportamiento característicos es propio de los aerogeneradores de eje horizontal, pero al momento de analizar el comportamiento de la curva de potencia real del aerogenerador se puede apreciar que este comportamiento tiende a disminuir alcanzando valores por debajo proporcionado por el fabricante pero a partir de una velocidad de viento superiores de 5 m/s, caso contrario sucede cuando la velocidad de viento es menor, los valores del coeficiente de potencia real suele predominar sobre lo del fabricante. Esto se debe a que los datos proporcionados por los fabricantes solo permiten la evaluación del rendimiento del aerogenerador para cada velocidad de viento basadas en medidas realizadas en zonas de baja intensidad de turbulencias (En laboratorio) y con el viento viniendo directamente hacia la parte delantera del aerogenerador.

Este valor influye de manera significativa el desempeño aerodinámico del rotor como las pérdidas en el proceso de conversión de potencia mecánica-eléctrica.

Para ser más preciso este resultado se llevó a través de la observación del rendimiento del aerogenerador llevado en el lugar de instalación, por esta razón se puede decir que las curvas de potencias presentado en la Gráfica 5, son consistentes en todos los rangos de velocidad de viento.

Gráfica 5

Coefficiente de potencia en función a la velocidad de viento



d. TSR Y COEFICIENTE DE TORQUE

Teniendo en cuenta las Ecuaciones 3, 4, 8 y los valores de la Tabla 13, se determina la velocidad específica de la turbina y el coeficiente de torque.

- Se tiene el cálculo de la velocidad específica de la turbina, del caso a una velocidad de viento de 4.25m/s.

$$\omega_t = 188\text{RPM} \left(\frac{\pi}{30} \right) = 19.69 \text{ rad/s}$$

$$r = 1.5\text{m}$$

$$\lambda = \frac{1969 \text{ rad/s} (1.5\text{m})}{4.25\text{m/s}}$$

$$\lambda = 6.95$$

- Se tiene el cálculo del torque del aerogenerador, del caso a una velocidad de viento de 4.25m/s. Según López, 2013 consideramos las pérdidas del 17% para determinar la potencia mecánica.

$$P_m = 17\%(P_R) + P_R = 17\%(160.64 \text{ W}) + 160.64 \text{ W} = 187.95 \text{ W}$$

$$\omega_t = 19.69 \text{ rad/s}$$

$$T = \frac{187.95 \text{ W}}{19.69 \text{ rad/s}}$$

$$T = 9.55 \text{ N.m/rad}$$

- Se tiene el cálculo del coeficiente de torque del aerogenerador, del caso a una velocidad de viento de 4.25m/s.

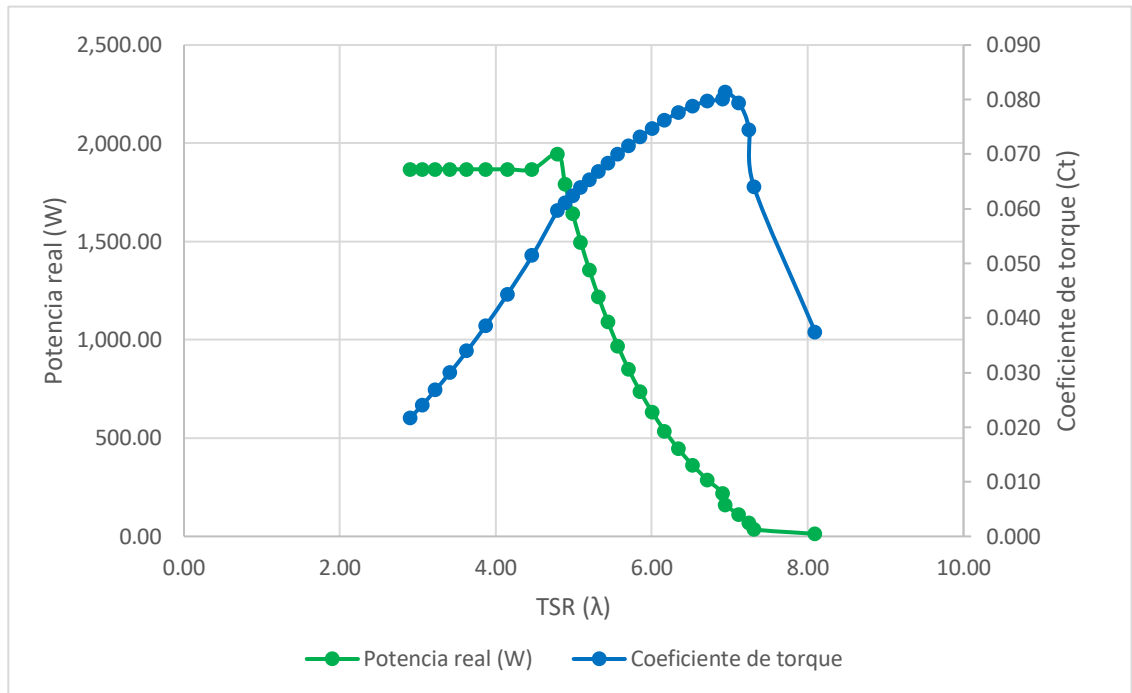
$$C_t = \frac{4 (9.55 \text{ N.m/rad})}{1.225 \text{ kg/m}^3 (7.065 \text{ m}^2) (4.25^2) (3 \text{ m})}$$

$$C_t = 0.081$$

Según los cálculos que se desarrollaron para el coeficiente de torque y el TSR (velocidad específica de la turbina). La presentación de estos parámetros permite determinar la calidad de nuestro aerogenerador, de este modo se presenta la Gráfica 6, donde podemos observar un punto de cruce entre ambas curvas pudiendo obtener una potencia real de 2000 W y un TSR de 5, comparando con la Gráfica 4 y 5 obtenemos una velocidad nominal de 11 m/s hasta 13 m/s y por ende un coeficiente de potencia real nominal de 25% a comparación del fabricante que es 45% estos valores cumplen con relación al coeficiente de torque que oscila entre los valores permitidos para nuestro tipo aerogenerador.

Gráfica 6

Relación entre el coeficiente de torque y TSR



En la Tabla 13 muestra un resumen de los cálculos propios del aerogenerador, este análisis se llevó a cabo, para determinar una relación entre el coeficiente de potencia real y su efecto con respecto a la velocidad de viento. Del mismo modo también se analizó algunos otros parámetros que nos permitieron un mejor análisis para poder entender el rendimiento aerodinámico propio de nuestro aerogenerador.

Tabla 13

Resumen de cálculo de los parámetros del aerogenerador

V (m/s)	P _F (W)	P _{Viento} (W)	P _{R.eolica} (W)	P _m (W)	C _p _{fabric}	RPM	C _p _{real}	ω _t Rad/s	Torque N.m/ rad	λ	C _t
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000
0.25	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000
0.75	0.00	1.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000
1.25	0.00	8.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000
1.75	0.00	23.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000
2.25	9.00	49.32	12.78	14.95	0.18	116.00	0.26	12.15	1.23	8.10	0.037
2.75	33.00	90.04	36.03	42.15	0.37	128.00	0.40	13.40	3.14	7.31	0.064
3.25	63.00	148.62	68.60	80.26	0.42	150.00	0.46	15.71	5.11	7.25	0.074
3.75	103.00	228.31	110.23	128.97	0.45	170.00	0.48	17.80	7.24	7.12	0.079
4.25	153.00	332.36	160.64	187.95	0.46	188.00	0.48	19.69	9.55	6.95	0.081
4.75	216.00	464.00	219.58	256.91	0.47	209.09	0.47	21.90	11.73	6.91	0.080
5.25	293.00	626.49	286.78	335.53	0.47	224.50	0.46	23.51	14.27	6.72	0.080
5.75	386.00	823.08	361.96	423.50	0.47	238.86	0.44	25.01	16.93	6.53	0.079
6.25	496.00	1 057.01	444.87	520.50	0.47	252.34	0.42	26.43	19.70	6.34	0.078
6.75	626.00	1 331.53	535.25	626.24	0.47	265.08	0.40	27.76	22.56	6.17	0.076
7.25	777.00	1 649.88	632.81	740.39	0.47	277.17	0.38	29.03	25.51	6.01	0.075
7.75	950.00	2 015.32	737.31	862.65	0.47	288.68	0.37	30.23	28.54	5.85	0.073
8.25	1 149.00	2 431.09	848.47	992.70	0.47	299.68	0.35	31.38	31.63	5.71	0.072
8.75	1 374.00	2 900.43	966.02	1 130.24	0.47	310.22	0.33	32.49	34.79	5.57	0.070
9.25	1 626.00	3 426.60	1 089.71	1 274.96	0.47	320.33	0.32	33.55	38.01	5.44	0.068
9.75	1 909.00	4 012.84	1 219.26	1 426.53	0.48	330.06	0.30	34.56	41.27	5.32	0.067
10.25	2 223.00	4 662.41	1 354.41	1 584.66	0.48	339.43	0.29	35.55	44.58	5.20	0.065
10.75	2 570.00	5 378.53	1 494.89	1 749.03	0.48	348.47	0.28	36.49	47.93	5.09	0.064
11.25	2 953.00	6 164.47	1 640.45	1 919.32	0.48	357.20	0.27	37.41	51.31	4.99	0.062
11.75	3 372.00	7 023.48	1 790.81	2 095.24	0.48	365.64	0.25	38.29	54.72	4.89	0.061
12.25	3 596.00	7 958.78	1 945.70	2 276.47	0.45	373.81	0.24	39.15	58.15	4.79	0.060
13.00	3 596.00	9 511.93	1 867.70	2 185.21	0.38	369.76	0.20	38.72	56.44	4.47	0.051
14.00	3 596.00	11 880.17	1 867.70	2 185.21	0.30	369.76	0.16	38.72	56.44	4.15	0.044
15.00	3 596.00	14 612.09	1 867.70	2 185.21	0.25	369.76	0.13	38.72	56.44	3.87	0.039
16.00	3 596.00	17 733.66	1 867.70	2 185.21	0.20	369.76	0.11	38.72	56.44	3.63	0.034
17.00	3 596.00	21 270.87	1 867.70	2 185.21	0.17	369.76	0.09	38.72	56.44	3.42	0.030
18.00	3 596.00	25 249.69	1 867.70	2 185.21	0.14	369.76	0.07	38.72	56.44	3.23	0.027
19.00	3 596.00	29 696.09	1 867.70	2 185.21	0.12	369.76	0.06	38.72	56.44	3.06	0.024
20.00	3 596.00	34 636.06	1 867.70	2 185.21	0.10	369.76	0.05	38.72	56.44	2.90	0.022

4.2. ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO DE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

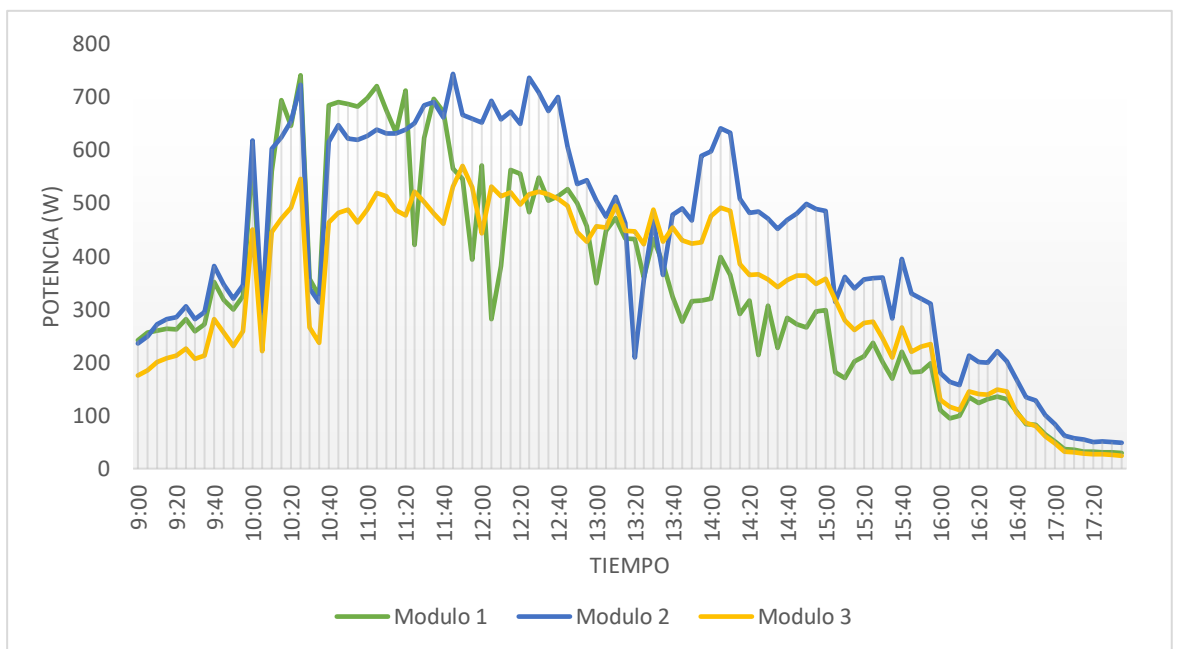
Con relación a los datos medidos en la parte de “Solar data” presentado en Anexo 14, seleccionamos dos días representativos (el primer día y el último día de medición) para el análisis del comportamiento horario de la potencia y la eficiencia de los módulos fotovoltaicos.

a. PRIMER DÍA DE MEDICIÓN, 19 DE SETIEMBRE DEL 2019

Presentamos la Gráfica 7 el comportamiento de la potencia real de generación eléctrica por cada módulo fotovoltaico del día 19 de Setiembre del 2019, podemos observar que el módulo fotovoltaico 2, tiene más picos de potencia superando a los módulos 1 y 3.

Gráfica 7

Potencia horaria de los módulos fotovoltaicos (19 de Setiembre, 2019)



Para el cálculo de la potencia total de generación fotovoltaica se suma la potencia total que se genera por cada grupo de módulo fotovoltaico. En la Gráfica 8 se puede observar la gran diferencia entre la potencia recibida por el sol y la potencia entregada por el inversor fotovoltaicos producido por los paneles solares, se debe a que la eficiencia nominal de los módulos fotovoltaicos es del orden del 13 a 14%.

Para calcular la potencia recibida por el sol es necesario conocer el área de cada módulo fotovoltaico y la irradiancia solar. Teniendo en cuenta estas consideraciones se puede calcular lo siguiente:

- Desarrollando la Ecuación 20, se calcula la potencia recibida por el sol a cada grupo de módulo fotovoltaico, del caso a las 12:00 p.m.

$$P_1 = \left(889.2 \frac{W}{m^2}\right) (1.6358 m^2)(4) = 5\,818.21 W$$

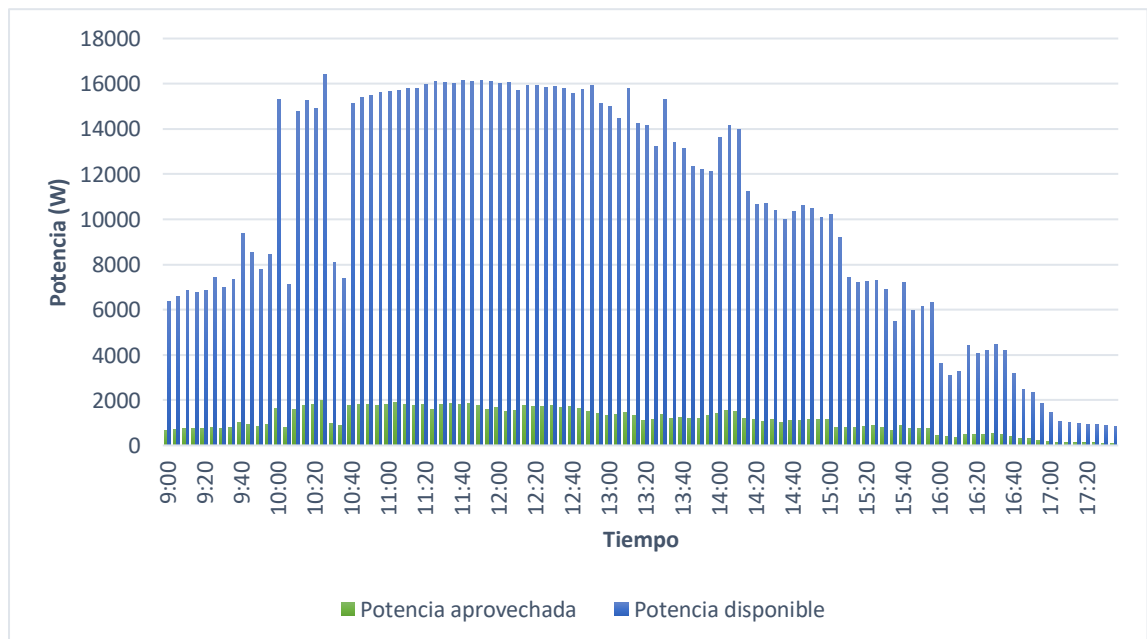
$$P_2 = \left(889.2 \frac{W}{m^2}\right) (1.6358 m^2)(4) = 5\,818.21 W$$

$$P_3 = \left(889.2 \frac{W}{m^2}\right) (1.2281 m^2)(4) = 4\,368.07 W$$

$$P_{D.Solar} = 5\,818.21 W + 5\,818.21 W + 4\,368.07 W = 16\,004.49 W$$

Gráfica 8

Relación entre la potencia disponible recibida y la potencia aprovechada por el sistema fotovoltaico (19 de Setiembre, 2019).



Teniendo en cuenta la Ecuación 21, se determina la eficiencia de los módulos fotovoltaicos.

- Se tiene el cálculo de la eficiencia de los módulos fotovoltaicos, del caso a las 12:00 p.m.

$$n_1 = \frac{(571/4)}{889.2 \times 1.6358} \times 100 = 9.81\%$$

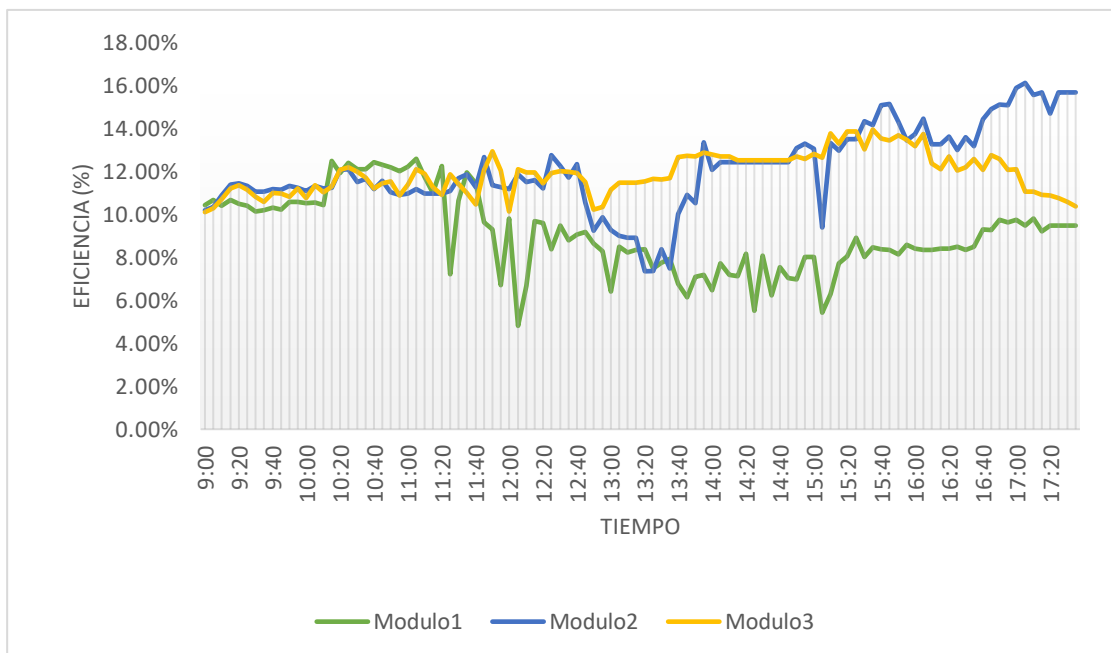
$$n_2 = \frac{(651/4)}{889.2 \times 1.6358} \times 100 = 11.19\%$$

$$n_3 = \frac{(443/4)}{889.2 \times 1.2281} \times 100 = 10.15\%$$

Se presenta en las Gráfica 9 el comportamiento de la eficiencia horaria de los módulos fotovoltaicos del 19 de Setiembre del 2020, se observa que la eficiencia fluye entre el 10% y el 14% y algunas eficiencias del 5% estas dependen directamente a la variación de la irradiancia en el momento de la medición.

Gráfica 9

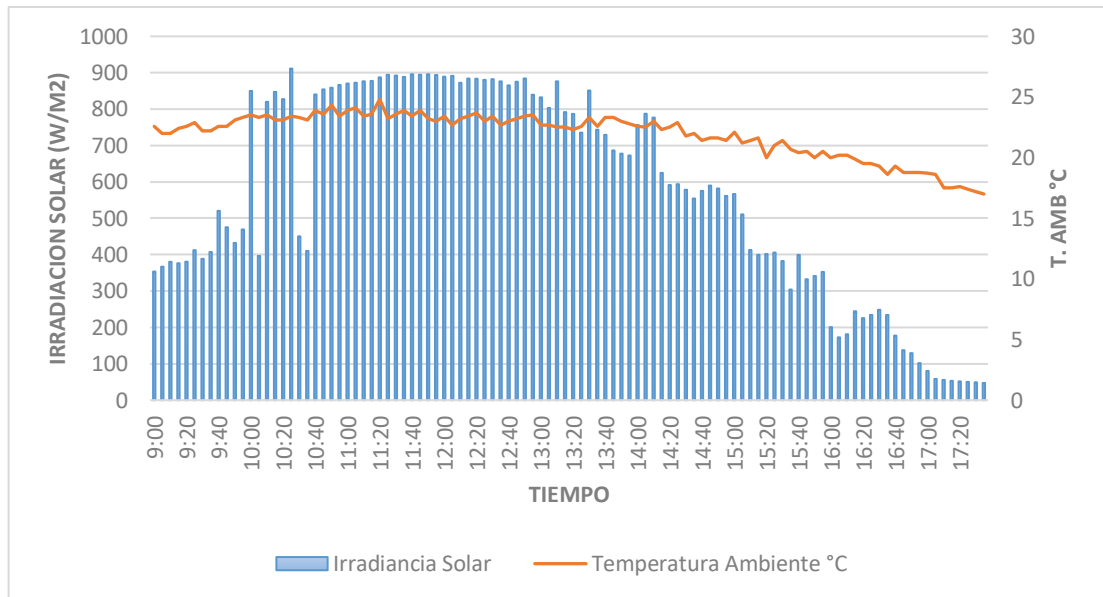
Eficiencia de los módulos fotovoltaico (19 de Setiembre, 2019)



Para el análisis de las condiciones a las que trabajo los módulos fotovoltaicos se presenta la Gráfica 10 donde se observa el comportamiento horario de la irradiancia solar y la temperatura ambiente del 19 de Setiembre del 2019, de manera particular para este día representativo la temperatura ambiente tiene un rango de entre 17 °C y 24 °C, del mismo modo los rangos de irradiancia no son uniforme debido a la nubosidad del día en que se realizó la medición.

Gráfica 10

Irradiancia solar y temperatura ambiente. (19 de Setiembre, 2019)

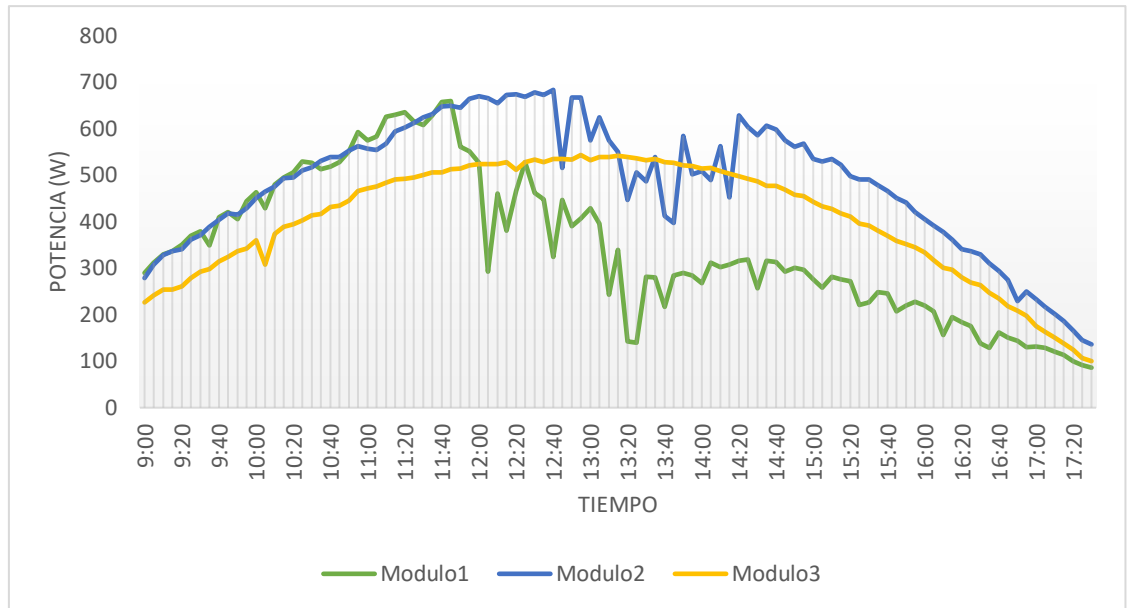


b. ULTIMO DÍA DE MEDICIÓN, 17 DE FEBRERO DEL 2020

El procedimiento para este día en particular es similar al apartado anterior. Se presenta la Gráfica 11 el comportamiento de la potencia real de generación eléctrica por cada grupo módulo fotovoltaico del 17 de febrero del 2020, se puede observar una mejor uniformidad con respecto a la Gráfica 7 esto se debe particularmente a los meses en donde se han realizado las mediciones y la irradiancia solar. Los diferentes comportamientos observados se deben a la influencia de la temperatura sobre los módulos y como cada tecnología maneja este incremento.

Gráfica 11

Potencia horaria de los módulos fotovoltaicos (17 de Febrero, 2020)



Teniendo en cuenta la Ecuación 21, se determina la eficiencia de los módulos fotovoltaicos.

- Se tiene el cálculo de la eficiencia de los módulos fotovoltaicos, del caso a las 12:00 p.m.

$$n_1 = \frac{(526/4)}{901 \times 1.6358} \times 100 = 8.92\%$$

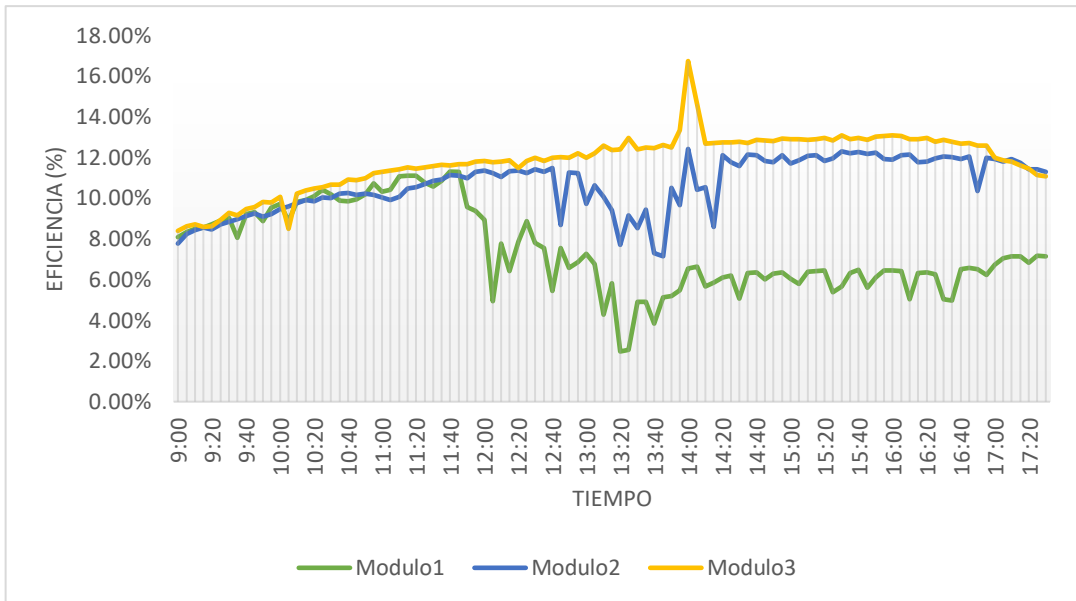
$$n_2 = \frac{(669/4)}{901 \times 1.6358} \times 100 = 11.35\%$$

$$n_3 = \frac{(523/4)}{901 \times 1.2281} \times 100 = 11.82\%$$

Se presenta la Gráfica 12 el comportamiento de la eficiencia horaria de los módulos fotovoltaicos del 17 de febrero del 2020, se observa que la eficiencia en general fluye entre el 7.78 y el 13.08%. Para el módulo fotovoltaico 3 se presentan eficiencias que superan el 10%, mientras que el módulo fotovoltaico 2 suele estar entre 8 y 10%, por último, el módulo fotovoltaico 1 su eficiencia suele ser entre 4 y 8%.

Gráfica 12

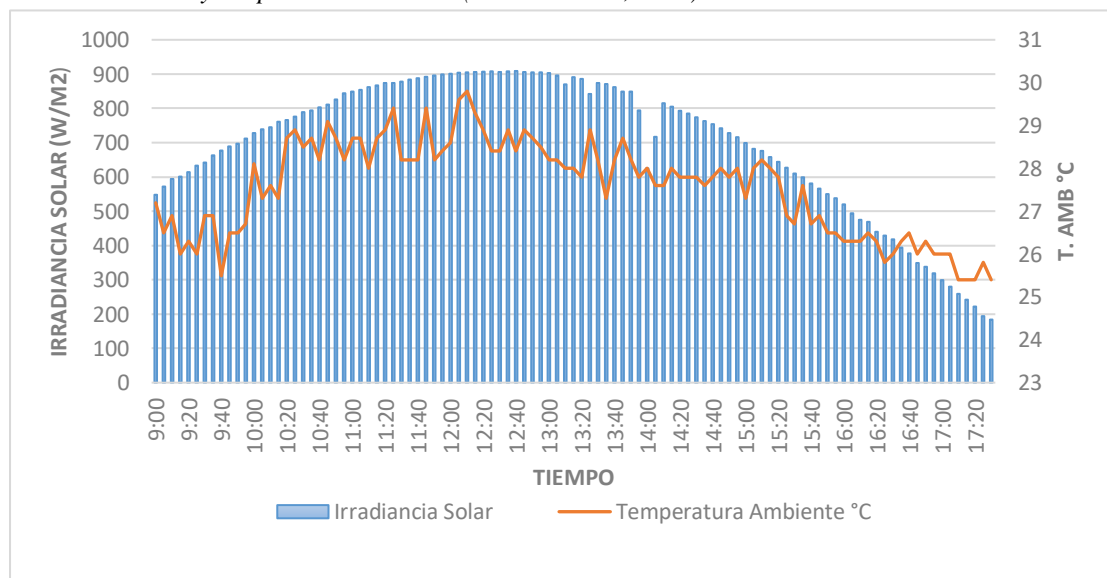
Eficiencia de los módulos fotovoltaico (17 de Febrero, 2020)



Se presenta la Gráfica 13, se puede observar que una de las características principales en estas fechas de medición es la uniformidad con respecto a la irradiancia solar, esto se debe a la ausencia de nubosidad de estas fechas en particular, a comparación de la Gráfica 10, la temperatura ambiente presenta una variación de más grados de temperatura los cuales ascienden a valores entre 25 y 29 °C.

Gráfica 13

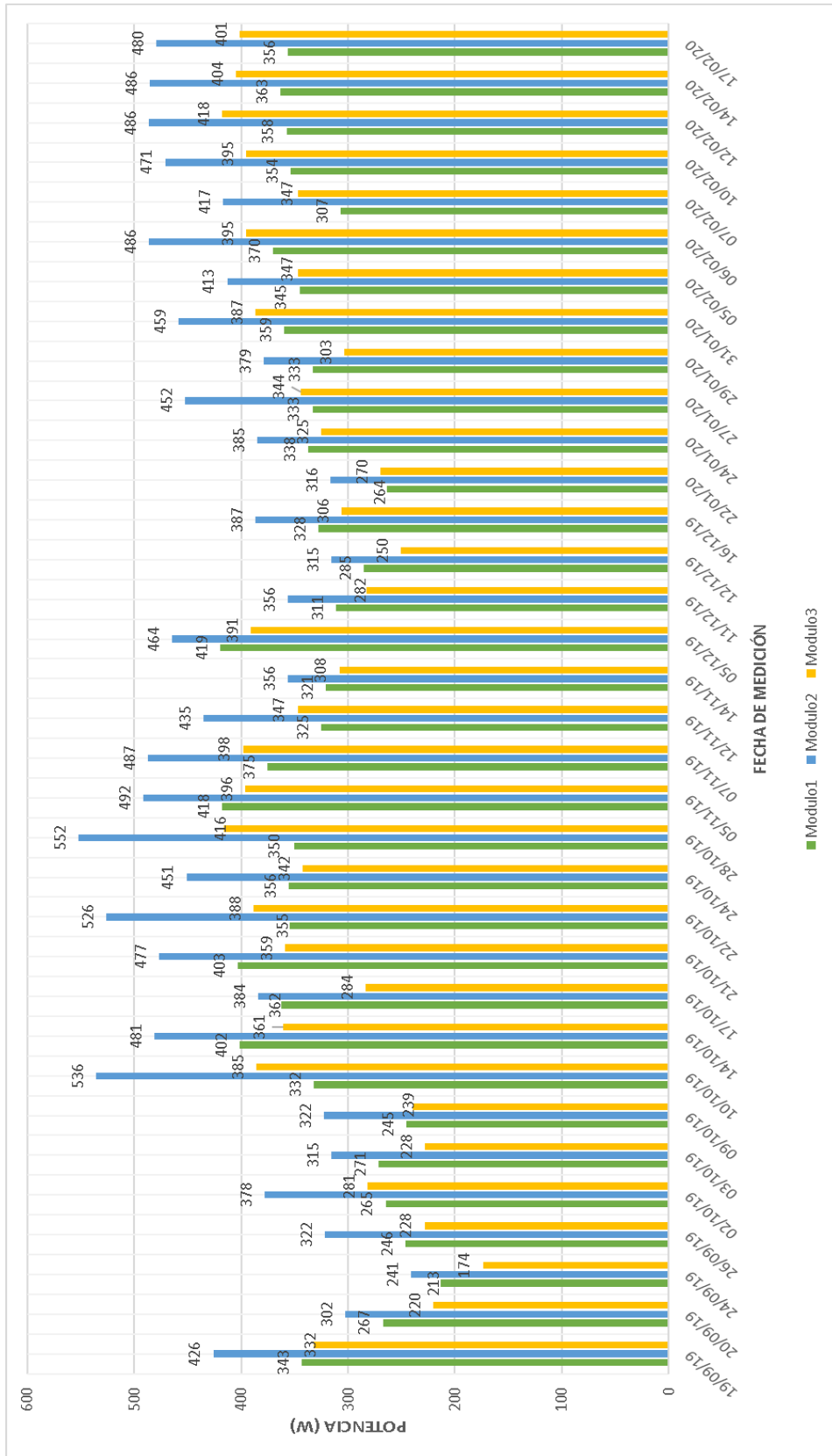
Irradiancia solar y temperatura ambiente (17 de Febrero, 2020)



c. POTENCIA ELÉCTRICA GENERADA

Gráfica 14

Comportamiento de la potencia eléctrica promedio por cada grupo de módulo fotovoltaico



En la Gráfica 14 se observa el comportamiento de la potencia eléctrica promedio diario que genera cada uno de los 03 grupos de módulos fotovoltaicos para cada día que se ha realizado la medición, para ellos hay que tener en cuenta el material de cada grupo los cuales son:

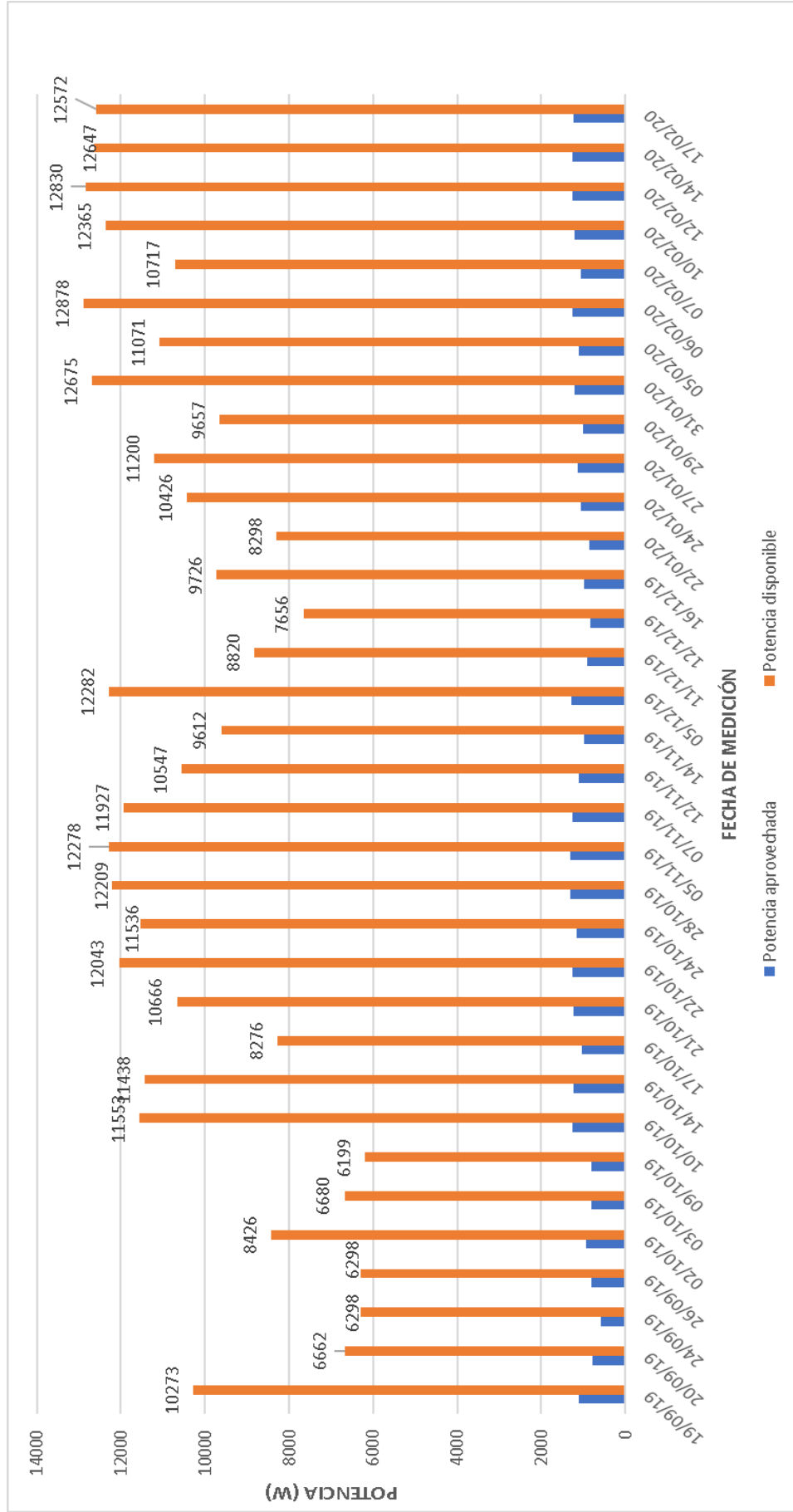
- El primer y el segundo grupo de módulos fotovoltaicos son de silicio policristalino.
- El tercer grupo de módulo fotovoltaico son de película delgada CIS sobre sustrato de vidrio.

Teniendo estas consideraciones observamos que el segundo grupo de módulos fotovoltaico es el que tiene mayor número de potencia eléctrica generada, los cuales pueden llegar a valores de 500 W. El primer grupo de módulos fotovoltaicos de los días evaluados entre los meses de Setiembre y Diciembre predomina ligeramente sobre el tercer grupo de módulos fotovoltaicos, caso contrario sucede en los días evaluados entre los meses de enero y febrero, esta principal característica se le puede atribuir al efecto sombra que puede tener el mástil y turbina del aerogenerador sobre los módulos fotovoltaicos entre los meses que se realizaron las mediciones.

En la Gráfica 15, para el periodo de trabajo se puede observar la relación de potencia promedio incidente diaria de la irradiancia solar (Potencia disponible) y la potencia activa entregada por el inversor fotovoltaico para el propio autoconsumo del sistema (Potencia aprovechada), la gran diferencia entre la energía recibida por el Sol y la energía entregada por el inversor, se debe a la eficiencia nominal de los paneles fotovoltaicos que van 15.28% (Silicio policristalino) y 13.8% (Película delgada CSI), el cual se ve disminuida por las pérdidas óhmicas en los cables de conexión eléctrica, por las pérdidas en el sistema de conversión DC a AC, entre otros.

Gráfica 15

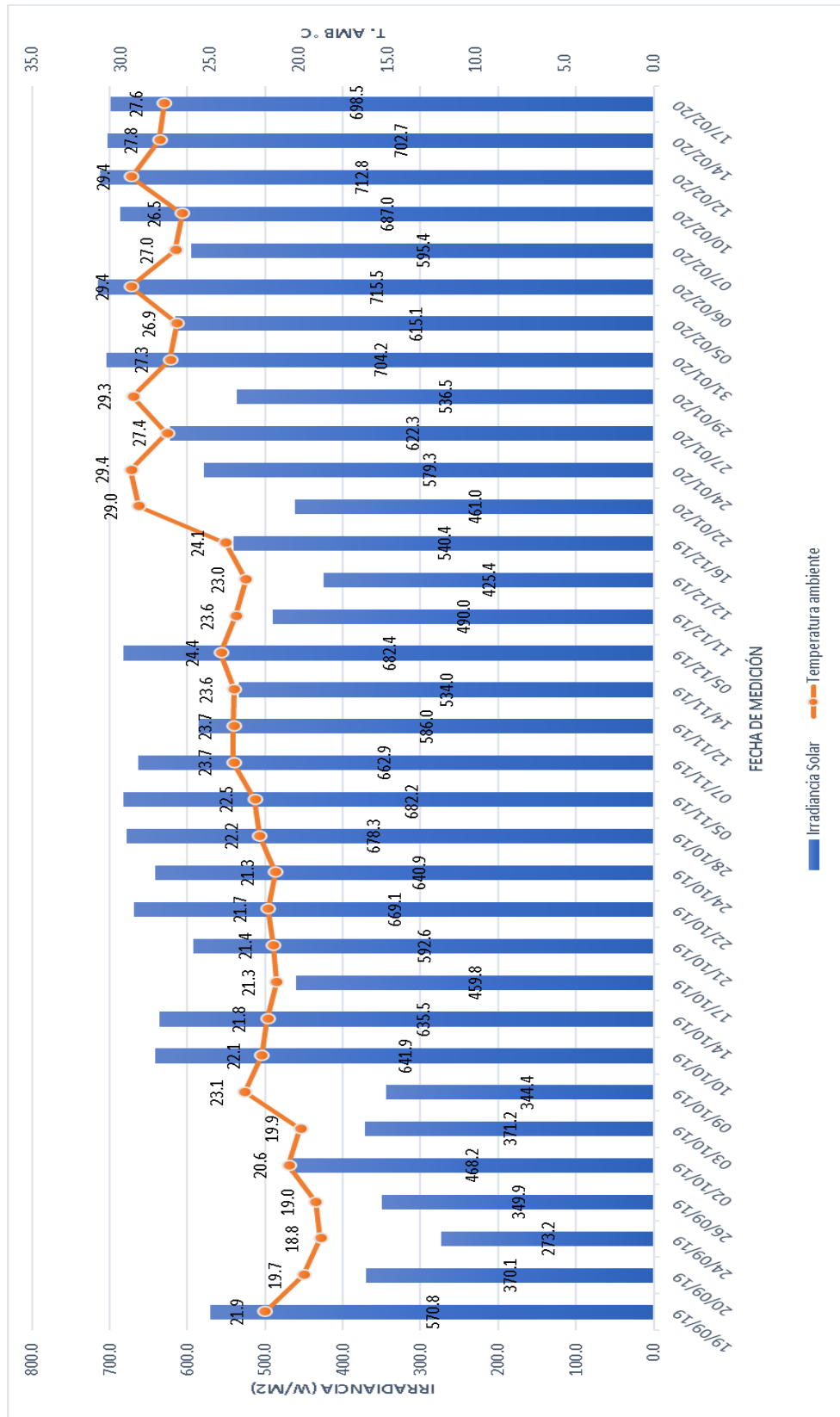
Relación entre la potencia promedio disponible y aprovechada por el sistema fotovoltaico



d. EFICIENCIA DE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Gráfica 16

Comportamiento promedio de la irradiación solar y la temperatura ambiente



Se presenta la Gráfica 17, en la cual podemos observar la variación de la eficiencia promedio por cada grupo de módulo fotovoltaico en el periodo indicado. Los módulos fotovoltaicos de silicio policristalino (Módulo fotovoltaico 1 y 2) alcanzan valores máximos entre los 12 y 14%, mientras que los módulos fotovoltaicos de película delgada (Módulo fotovoltaico 3) alcanzan valores máximos de 13%, haciendo una comparación con nuestros valores nominales existen una mayor pérdida en cuanto a valores de eficiencia a los módulos fotovoltaicos de silicio policristalino en el rango de 1.28% y los módulos de película delgada en el rango de 0.8%.

Comparando la Gráfica 16 y 17 y relacionando los valores de la Tabla 14, podemos observar que los días donde alcanza una temperatura ambiente en un rango entre 20 y 23 °C alcanzan los módulos fotovoltaicos valores de eficiencias máximas, caso contrario sucede cuando la temperatura ambiente llega en un rango entre 27 y 29°C. Sabemos teóricamente de la relación directa que existe entre la irradiancia solar y la temperatura ambiente afecta directamente el incremento de la temperatura de celda, pero también afectan otros factores tales como la irradiación indirecta de los elementos próximos como el suelo o los edificios, la carga térmica que acumulan los elementos que conforman los módulos, sus soportes, el cableado, etc.

Para el análisis completo durante los días donde realizamos las mediciones presentamos la Tabla 14, un resumen del promedio diario de los valores para: Potencia eléctrica real generada por módulo fotovoltaico (Pot M1, Pot M2 y Pot M3), irradiancia solar y eficiencia (n_1 , n_2 y n_3).

Gráfica 17

Comportamiento promedio de la eficiencia de los módulos fotovoltaicos

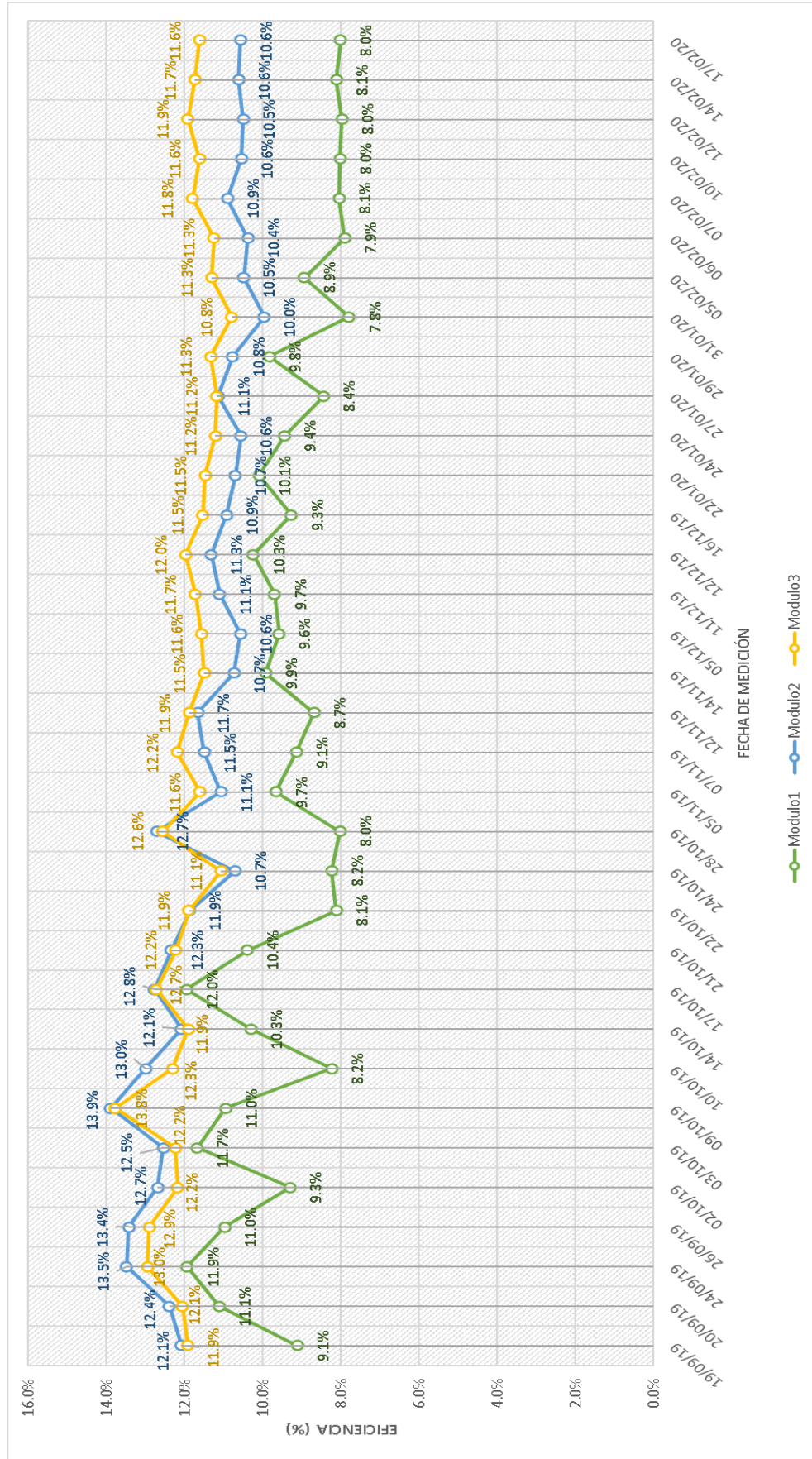


Tabla 14

Resumen de cálculo de los parámetros de los generadores fotovoltaicos

MES	Día	Pot. M1 (W)	Pot. M2 (W)	Pot. M3 (W)	Irradiancia Solar (W/m ²)	$P_{A.Solar}$ Total (W)	$P_{D.Solar}$ Total (W)	n_1	n_2	n_3	T. Amb °C
SETIEMBRE	19/09/19	342.94	426.08	332.38	570.79	1 101.41	1 0273.43	9.12%	12.08%	11.92%	21.91
	20/09/19	267.40	302.41	220.44	370.14	790.25	6 662.01	11.13%	12.40%	12.06%	19.74
	24/09/19	213.40	241.10	173.90	273.15	593.32	6 297.87	11.94%	13.49%	12.96%	18.78
	26/09/19	246.34	321.76	228.33	349.91	796.43	6 297.87	10.98%	13.43%	12.90%	19.04
OCTUBRE	02/10/19	264.81	378.01	281.40	468.15	924.22	8 426.16	9.31%	12.69%	12.19%	20.56
	03/10/19	271.20	315.27	228.28	371.16	814.75	6 680.48	11.69%	12.55%	12.24%	19.90
	09/10/19	245.46	322.19	238.94	344.40	806.59	6 198.81	10.95%	13.89%	13.77%	23.05
	10/10/19	332.17	535.84	385.42	641.88	1 253.42	11 552.95	8.24%	13.00%	12.31%	22.09
	14/10/19	401.53	481.01	360.54	635.46	1 243.08	11 437.52	10.31%	12.09%	11.91%	21.76
	17/10/19	362.10	384.16	283.60	459.82	1 029.85	8 276.14	11.95%	12.77%	12.74%	21.27
	21/10/19	403.29	476.56	358.64	592.58	1 238.49	10 665.68	10.40%	12.35%	12.23%	21.44
	22/10/19	354.73	525.88	388.47	669.11	1 269.08	12 043.07	8.12%	11.87%	11.90%	21.73
	24/10/19	355.70	451.06	342.15	640.92	1 148.91	11 535.68	8.24%	10.72%	11.07%	21.30
28/10/19	350.28	551.83	416.13	678.30	1 318.24	12 208.56	8.03%	12.71%	12.56%	22.21	
NOVIEMBRE	05/11/19	417.61	491.62	396.34	682.18	1 305.56	12 278.44	9.67%	11.08%	11.61%	22.48
	07/11/19	374.98	487.21	398.32	662.88	1 260.51	11 927.12	9.15%	11.50%	12.19%	23.66
	12/11/19	325.23	435.14	347.06	586.00	1 107.44	10 547.27	8.70%	11.67%	11.89%	23.66
	14/11/19	320.91	356.39	308.20	534.01	985.50	9 611.54	9.94%	10.75%	11.51%	23.62
DICIEMBRE	05/12/19	419.21	464.26	391.13	682.38	1 274.60	12 282.03	9.59%	10.57%	11.58%	24.39
	11/12/19	311.04	356.14	282.38	490.03	909.83	8 819.84	9.70%	11.11%	11.73%	23.56
	12/12/19	285.29	315.35	250.34	425.38	832.29	7 656.31	10.25%	11.33%	11.98%	22.98
	16/12/19	327.89	386.60	306.25	540.39	985.81	9 726.29	9.27%	10.93%	11.54%	24.12
ENERO	22/01/20	263.63	316.10	269.81	461.01	849.54	8 297.53	10.10%	10.71%	11.48%	28.99
	24/01/20	337.50	385.02	324.86	579.25	1 047.38	10 425.82	9.45%	10.56%	11.21%	29.45
	27/01/20	333.35	452.21	344.07	622.27	1 129.63	11 200.12	8.44%	11.15%	11.19%	27.41
	29/01/20	332.81	378.64	303.50	536.51	1 014.94	9 656.59	9.83%	10.77%	11.34%	29.33
	31/01/20	359.48	458.54	386.77	704.20	1 204.79	12 674.79	7.80%	9.97%	10.80%	27.25
FEBRERO	05/02/20	345.33	413.01	346.56	615.08	1 104.89	11 070.63	8.95%	10.50%	11.32%	26.87
	06/02/20	370.31	485.95	395.41	715.49	1 262.36	12 877.93	7.91%	10.38%	11.25%	29.44
	07/02/20	306.88	416.83	346.95	595.42	1 070.66	10 716.77	8.05%	10.90%	11.80%	26.95
	10/02/20	353.70	471.09	395.04	687.00	1 219.83	12 365.15	8.02%	10.55%	11.62%	26.55
	12/02/20	357.60	486.07	417.69	712.82	1 261.36	12 829.79	7.98%	10.50%	11.93%	29.42
	14/02/20	363.30	485.57	404.47	702.68	1 253.34	12 647.36	8.12%	10.63%	11.74%	27.85
	17/02/20	356.45	479.53	401.39	698.51	1 237.37	12 572.39	8.02%	10.58%	11.62%	27.56

Nota. Son valores promedio de cada día evaluado, la potencia eléctrica total aprovechada ($P_{A.Solar} \cdot Total$) es la suma que se produce por cada grupo de módulo fotovoltaico, y la potencia disponible recibida por el sol ($P_{D.Solar} \cdot Total$).

4.3. ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA DEL SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO FOTOVOLTAICO

Una vez desarrollado el análisis independiente del sistema eólico y fotovoltaico, en este apartado analizaremos en cuanto puede ascender la eficiencia de conversión de ambos sistemas trabajando en conjunto.

Teniendo en cuenta la Ecuación 22, se determina la eficiencia del sistema híbrido eólico fotovoltaico.

- Se tiene el cálculo de la eficiencia del sistema híbrido eólico fotovoltaico, del caso del día 19 de Setiembre 2019 a las 12:00 p.m. (los cálculos del $P_{D.Solar}$ se realizaron en el apartado anterior).

$$\eta_{\text{híbrido}} = \frac{418.30 \text{ W} + 16\,665.83 \text{ W}}{982.26 \text{ W} + 16\,004.49 \text{ W}}$$

$$\eta_{\text{híbrido}} = 12.27\%$$

De esta manera se calcula los valores horarios de manera conjunta entre ambos sistemas. La Tabla 15 presenta valores promedio según el día de medición.

Tabla 15

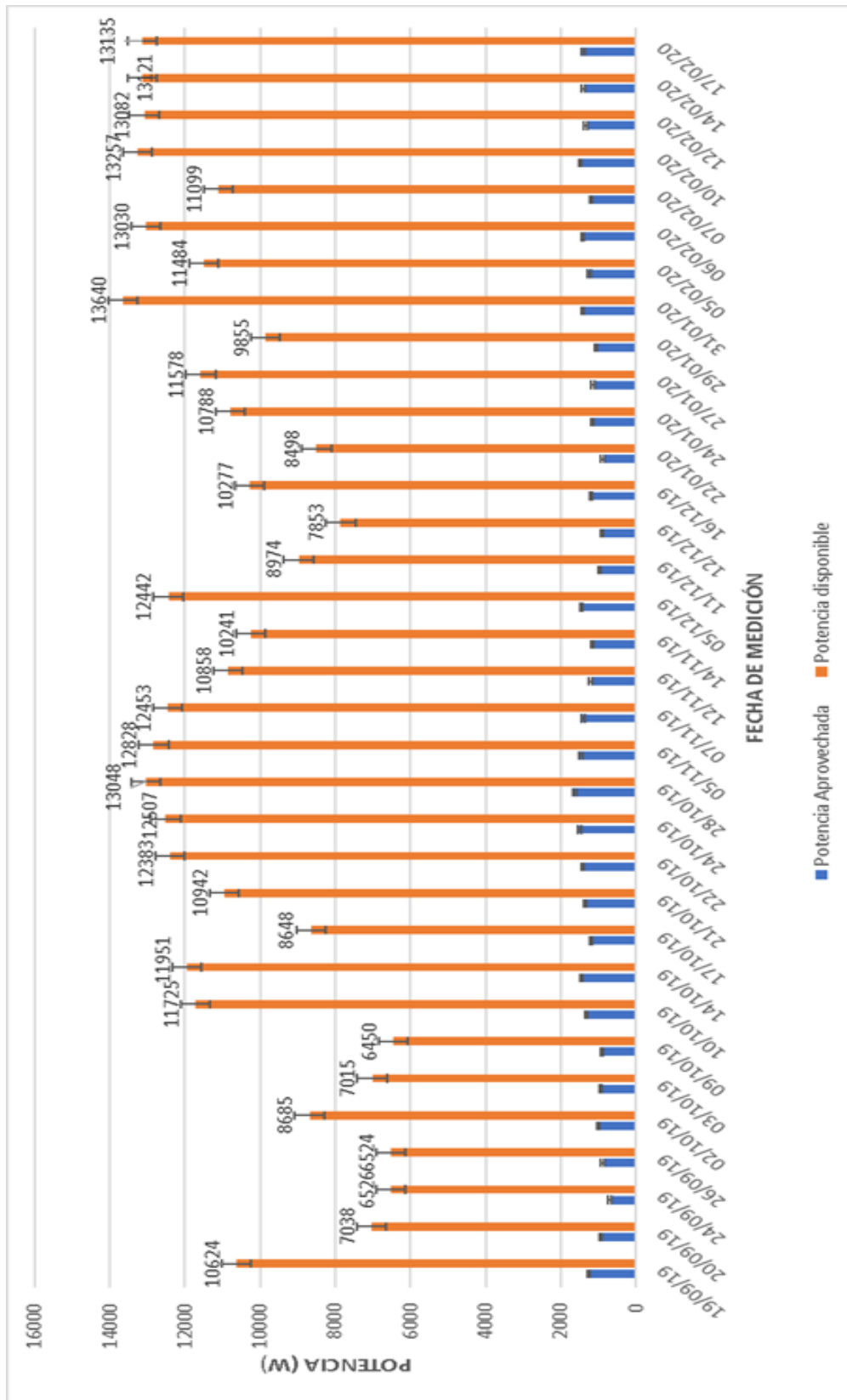
Resumen del cálculo de los parámetros del sistema híbrido eólico solar

MES	Día	G (W/m ²)	V (m/s)	APROVECHADA (W)			DISPONIBLE (W)			Efic. (%)
				Pot. Solar P _{A.Solar}	Pot. Eólica P _{R. eolica}	Pot. Híbrido	Pot. Solar P _{D.Solar}	Pot. Eólica P _{viento}	Pot. Híbrido	
SETIEMBRE	19/09/19	570.79	3.76	1 101.41	149.46	1 250.87	10 273.4	350.75	10 624.2	12.32%
	20/09/19	370.14	3.22	790.25	147.35	937.61	6 662.0	376.14	7 038.2	13.07%
	24/09/19	273.15	3.48	593.32	99.31	692.63	6 297.9	228.04	6 525.9	13.47%
	26/09/19	349.91	3.23	796.43	88.36	884.79	6 297.9	226.56	6 524.4	13.56%
OCTUBRE	02/10/19	468.15	3.26	924.22	84.23	1 008.46	8 426.2	258.73	8 684.9	11.95%
	03/10/19	371.16	3.51	814.75	121.16	935.91	6 680.5	334.38	7 014.9	13.83%
	09/10/19	344.40	3.29	806.59	90.52	897.11	6 198.8	250.9	6 449.7	13.72%
	10/10/19	641.88	3.13	1 253.42	63.03	1 316.45	11 553.0	172.33	11 725.3	11.71%
	14/10/19	635.46	4.26	1 243.08	212.99	1 456.07	11 437.5	513.91	11 951.4	13.29%
	17/10/19	459.82	3.79	1 029.85	156.71	1 186.56	8 276.1	371.58	8 647.7	14.69%
	21/10/19	592.58	3.53	1 238.49	120.51	1 359.00	10 665.7	276.44	10 942.1	12.57%
	22/10/19	669.11	3.77	1 269.08	146.99	1 416.06	12 043.1	339.54	12 382.6	11.80%
	24/10/19	640.92	5.05	1 148.91	350.83	1 499.74	11 535.7	971.5	12 507.2	12.89%
28/10/19	678.30	4.84	1 318.24	315.16	1 633.40	12 208.6	838.99	13 047.6	12.65%	
NOVIEMBRE	05/11/19	682.18	3.87	1 305.56	161.81	1 467.37	12 278.4	549.43	12 827.9	11.65%
	07/11/19	662.88	3.53	1 260.51	147.37	1 407.88	11 927.1	525.93	12 453.0	11.55%
	12/11/19	586.00	3.23	1 107.44	99.32	1 206.76	10 547.3	310.38	10 857.7	11.35%
	14/11/19	534.01	3.79	985.50	179.57	1 165.07	9 611.5	629.76	10 241.3	11.56%
DICIEMBRE	05/12/19	682.38	3.99	1 274.6	182.14	1 456.74	12 282.0	159.56	12 441.6	11.41%
	11/12/19	490.03	3.29	909.83	60.27	970.10	8 819.8	154.54	8 974.4	10.81%
	12/12/19	425.38	3.57	832.29	76.63	908.92	7 656.3	196.49	7 852.8	11.57%
	16/12/19	540.39	4.03	985.81	214.93	1 200.74	9 7263.0	551.11	10 277.4	11.41%
ENERO	22/01/20	461.01	2.95	849.54	38.58	888.12	8 297.5	200.83	8 498.4	10.56%
	24/01/20	579.25	3.47	1 047.38	118.82	1 166.2	10 425.8	362.33	10 788.2	11.35%
	27/01/20	622.27	3.36	1 129.63	10.66	1 140.29	11 200.1	377.83	11 578.0	9.91%
	29/01/20	536.51	2.69	1 014.94	52.74	1 067.68	9 656.6	198.51	9 855.1	11.11%
	31/01/20	704.20	4.29	1 204.79	221.12	1 425.91	12 674.8	965.18	13 640.0	10.47%
FEBRERO	05/02/20	615.08	3.83	1 104.89	137.91	1 242.81	11 070.6	413.52	11 484.2	11.26%
	06/02/20	715.49	3.48	1 262.36	151.98	1 414.34	12 877.9	151.98	13 029.9	10.85%
	07/02/20	595.42	3.70	1 070.66	126.35	1 197.01	10 716.8	382.43	11 099.2	10.94%
	10/02/20	687.00	4.53	1 219.83	254.65	1 474.48	12 365.2	891.8	13 257.0	11.41%
	12/02/20	712.82	3.06	1 261.36	69.44	1 330.80	12 829.8	251.98	13 081.8	10.36%
	14/02/20	702.68	3.72	1 253.34	144.6	1 397.94	12 647.4	473.56	13 120.9	10.79%
	17/02/20	698.51	3.99	1 237.37	170.48	1 407.85	12 572.4	562.69	13 135.1	10.78%

a. POTENCIA GENERADA

Gráfica 18

Relación entre la potencia diaria recibida por el sistema híbrido eólico fotovoltaico y la potencia de generación eléctrica del sistema



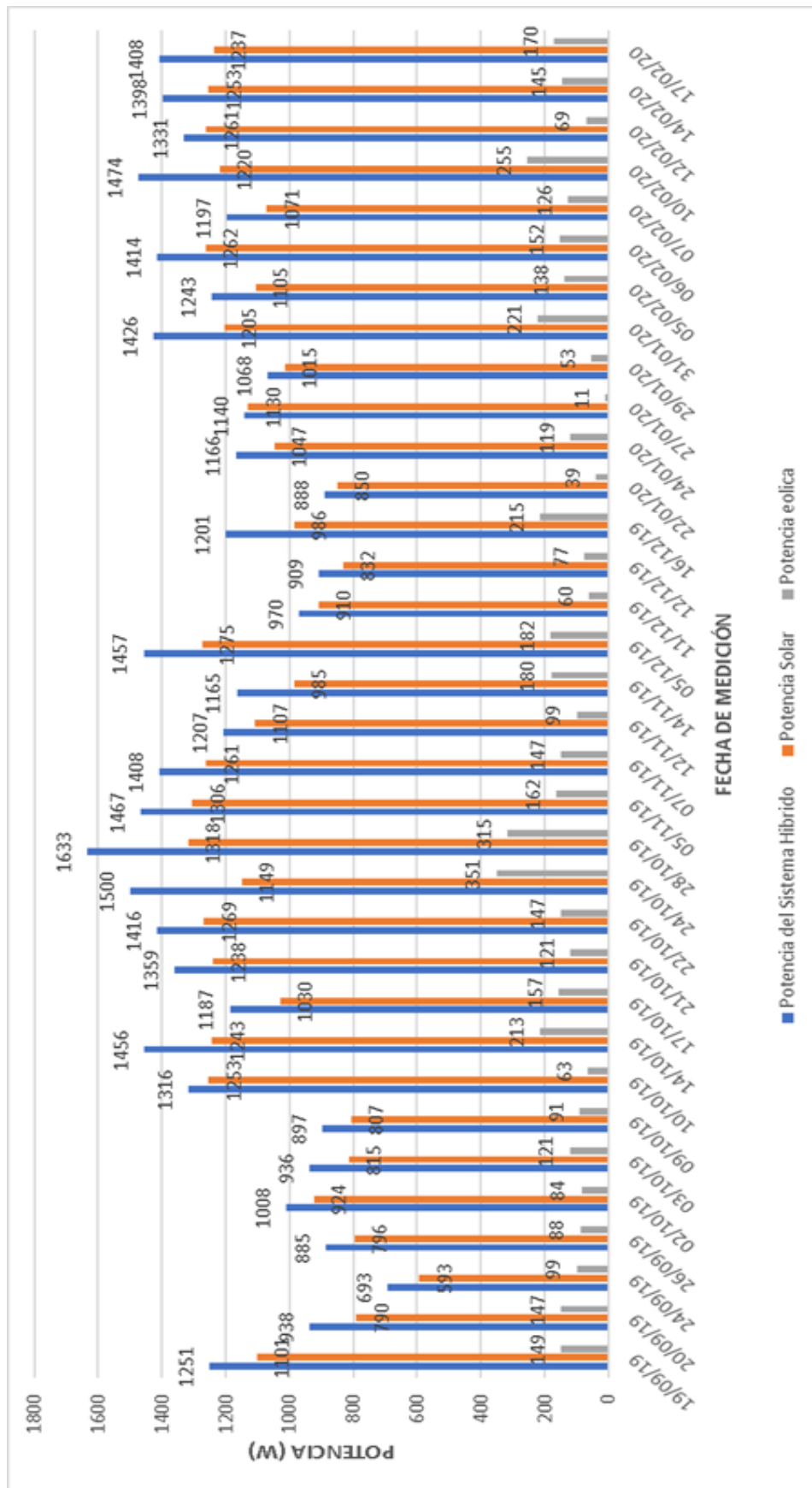
Para el periodo de trabajo, en la Gráfica 18, se puede observar la relación de potencias promedio recibida por el sistema híbrido eólico fotovoltaico, tanto de los módulos fotovoltaicos dada por la irradiancia solar, y del aerogenerador dada por la velocidad de viento, así como la potencia de generación eléctrica del sistema. La gran diferencia entre la energía entregada por el sol y el viento, y la energía generada por el sistema híbrido, se debe a la eficiencia real promedio de los módulos fotovoltaicos que van 9.4% y 11.5% (Silicio policristalino) y 12% (Película delgada CSI) así como el coeficiente de potencia nominal real del aerogenerador de 25%.

La potencia generada se ve afectada por el incremento de la temperatura del módulo, la suciedad de los paneles fotovoltaicos, y el efecto sombra que hace el aerogenerador a los módulos fotovoltaicos y la ausencia de velocidad de viento para el funcionamiento de la turbina eólica.

En la Gráfica 19. Se puede observar que el principal aportante de potencia para el sistema híbrido eólico fotovoltaico, corresponde a lo producido por los 03 grupos de módulos fotovoltaicos. Este se encuentra claramente con ventaja en su funcionamiento, ya que solo requiere la presencia de irradiación solar, por otro lado el aerogenerador para su arranque necesita una velocidad de viento mínimo de 2.2 m/s y para alcanzar un valor máximo de potencia generada necesita una velocidad de viento superior a 11.5 m/s para generar una potencia nominal de 3 500 W, y este valor se ve afectado considerablemente por el valor del coeficiente de potencia real del aerogenerador.

Gráfica 19

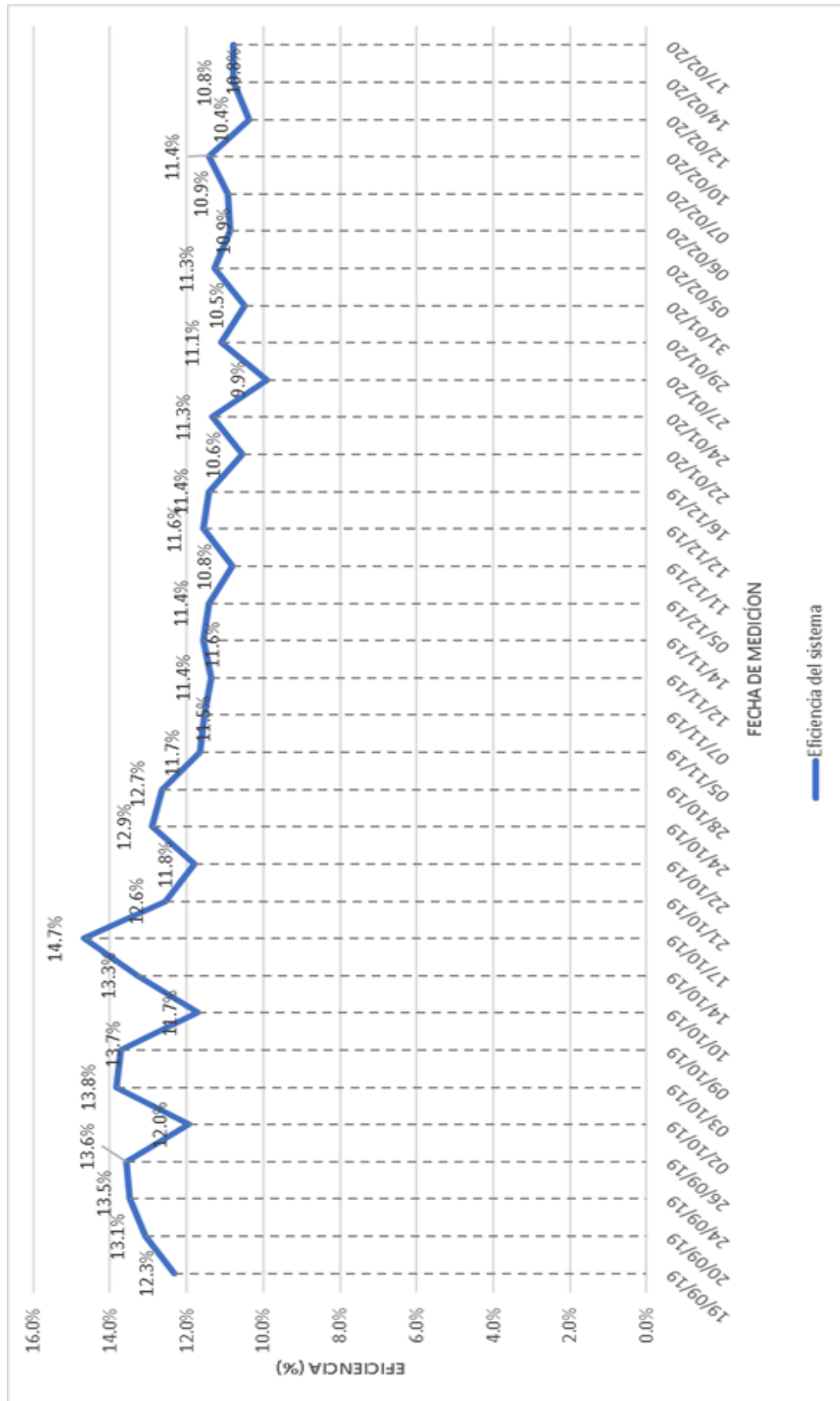
Proporcionalidad en función al orden de aportación de potencia de los módulos fotovoltaicos y el aerogenerador al sistema híbrido



b. EFICIENCIA DEL SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO FOTOVOLTAICO

Gráfica 20

Eficiencia de conversión de energía del sistema híbrido eólico fotovoltaico



En la Gráfica 20 observamos que la eficiencia de conversión de energía del sistema híbrido eólico fotovoltaico asciende a valores en un rango de 13 y 14.69%, y los valores mínimos entre un rango de 10 y 11.5% estos valores dependen directamente al comportamiento de la irradiancia solar, la velocidad de viento, la temperatura ambiente, etc. Todos estos valores han sido demostrado y observado su comportamiento en los anteriores apartados.

4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- En el artículo científico elaborado por ARAÚJO, A., MELO, G., MEDEIROS, A. y DOS SANTOS, M. (2009) concluyen que uno de las turbinas eólicas tripala que corresponden al fabricante J.B. Bornay (Inclin 6000) presentan una velocidad nominal real que va entre un rango de 12-14 m/s, indican que este tipo de aerogenerador cuando alcanza una velocidad de 3 m/s llegan a alcanzar valores de coeficiente de potencia mayores que los proporcionado por el fabricante, teniendo en su mayoría valores constantes disminuyendo ligeramente hasta que alcanza a su velocidad nominal. El presente informe coincide con el artículo científico anterior, en el sentido de que el aerogenerador en investigación de marca Antaris 2.5kW alcanza valores de velocidad nominal real que va entre un rango de 11-13 m/s, del mismo modo cuando presenta una velocidad de viento entre un rango de 2 a 5 m/s el valor de coeficiente de real supera al del fabricante, pero en la gama de velocidades superiores a 5m/s los valores de coeficiente real tiende a disminuir de manera significativa hasta alcanzar un valor nominal de 25%. Esto es una muestra clara que estos valores proporcionado por el fabricante y evaluado en campo no solo depende del lugar de instalación sino también del tipo de turbina, el fabricante y la marca de aerogenerador.

- El presente informe coincide con el artículo científico elaborado por FEITOSA, E., SALVIANO, T., ALBIERO, D., CASTRO, A. Y MONTERIRO, A. (2014) el cual afirma que la curva de potencia de los aerogeneradores se muestra esencial en la toma de decisiones para el desarrollo de la energía eólica en cuanto al aprovechamiento del potencial eólico en condiciones de poco viento, estas velocidades de viento son las que predominan en el lugar de la instalación del aerogenerador que forma parte del sistema híbrido, para ello es necesario la

creación de nuevas tecnologías con mejores eficiencias que nos permitan un mejor aprovechamiento del potencial eólico a estas bajas velocidades de viento.

- En el artículo científico elaborado por MARČIUKAITIS MANTAS et al. (2017) manifiesta que el objetivo de un modelado de regresión no lineal para la aproximación de la curva de potencia de una turbina eólica es evitar el proceso de eliminación de valores atípicos, así como el impacto de la concentración de datos semejantes, el cual solo depende de un solo factor, la “velocidad de viento”. El valor MAPE promedio de todas las iteraciones en el análisis de validación cruzada es del 8.4%, lo que muestra una alta precisión. El presente informe se coincide con lo concluido en el artículo científico, debido a que los datos iniciales recolectados presentaban valores atípicos y para evitar la eliminación de estos valores y el impacto de concentración de datos semejantes se propuso un modelado de regresión no lineal el cual depende de dos factores, “la velocidad de viento” y el “RPM del aerogenerador”, obteniendo un valor MAPE de 6.78% y 12.85% respectivamente, el cual la curva de potencia seleccionada es el valor mínimo de MAPE obtenido que corresponde al factor de la velocidad de viento lo que muestra una alta precisión.

- En el artículo científico elaborado por POLO BRAVO, A. y DE LA GALA CONTRERAS, A. (2017), en el cual afirma que el módulo fotovoltaico de tipo monocristalino evaluado en el Centro de Energías Renovables de Tacna de la UNJBG los cuales tienen una eficiencia nominal de 16.40% evaluados en campo alcanzan una eficiencia real promedio de 14% el cual tiene una pérdida de 2.40%. Observando el mapa de “Irradiación Global Horizontal que alcanza la superficie del Perú” presentado en Anexo 02 y comparando con el módulo fotovoltaico de silicio policristalino estudiado, el cual tiene una pérdida en cuanto a valores de eficiencia de 1.28%, podemos concluir que las placas solares silicio monocristalinas son para climas fríos ya que tiende a absorber mejor la radiación y soportan menos sobrecalentamiento, mientras que las placas solares de silicio policristalino son para climas cálidos ya que pueden absorber el calor con mayor facilidad y le afecta en menos medida el sobrecalentamiento y por ende hay menos pérdida de eficiencia.

- La mayor parte de la energía entregada al sistema híbrido eólico fotovoltaico corresponde a los módulos fotovoltaicos, cuando ambos sistemas trabajan en conjunto pueden alcanzar una eficiencia real que va en un rango entre 10% y 14.69%. Pero, ¿Que sucede cuando el recurso solar disminuye (Condición que corresponde al horario nocturno)? Pues la energía entregada al sistema híbrido solo dependerá del recurso eólico por medio del aerogenerador, entonces la eficiencia solo corresponderá a los valores del coeficiente de potencia el cual tiene un valor nominal real del 25%, se puede decir que la eficiencia aumenta, pero la potencia entregada al sistema disminuye considerablemente.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Se ha evaluado que la eficiencia energética del sistema híbrido eólico fotovoltaico instalado en el campus de la Escuela Profesional Ingeniería en Energía de la Universidad Nacional del Santa, ascendiendo está a valores máximos de 14.69% al cual le corresponde a una potencia promedio generada de 1187 W y bajo las circunstancias de trabajo analizadas se puede llegar obtener una eficiencia mínima de 10.81% con una potencia promedio generada de 970 W, para estos días de medición el recurso eólico es prácticamente despreciable.
- Se determinó que el recurso eólico medido a una altura de 8 m, en el campus de la Universidad Nacional del Santa, osciló alrededor de los 3.6 m/s alcanzando una velocidad promedio máximo de 5.05 m/s con una potencia generada de 351 W para este valor demostrando que el aporte del recurso eólico presenta un comportamiento limitado para la generación eléctrica del sistema híbrido eólico fotovoltaico.
- Se determinó que el recurso solar fotovoltaico alcanzó un valor promedio máximo de 715.49 W/m² generando una potencia de 1262.36 W, sin embargo, en base a los datos obtenidos a tiempo real un valor de 678.3 W/m² generó 1318 W demostrando, asimismo, el efecto negativo que puede producir la radiación solar sobre la generación eléctrica por parte de los 03 grupos de módulos fotovoltaicos de 2 tecnologías diferentes (Silicio Policristalino y Película delgada CSI).
- Se identificó y caracterizó los parámetros que influyen en la eficiencia del sistema híbrido. Para ello se ha recolectado información de las condiciones climáticas del lugar donde se encuentra instalado el sistema, tales como la velocidad de viento, la irradiancia solar y la temperatura ambiente, adicional a ello se presenta en la Figura 23 el diagrama unifilar de los elementos que conforman el sistema híbrido eólico fotovoltaico. Para el aerogenerador Antaris 2.5kW se presenta la Tabla 11 donde se puede observar un “Resumen de cálculo de los parámetros del aerogenerador”, en comparación de lo que es proporcionado por el fabricante y lo evaluado en campo tenemos un coeficiente de potencia nominal de 45% y 25% respectivamente, así

como un TSR de 5 y un coeficiente de torque que cumple los rangos establecidos para este tipo de turbina eólica. Del mismo modo para los módulos fotovoltaicos los cuales tienen una eficiencia nominal que van 15.28% (Silicio policristalino) y 13.8% (Película delgada CSI), estos se encuentran bajo Condiciones Estándares de Medida (CEM) establecidos.

- Se determinó la potencia energética generada por el sistema híbrido eólico fotovoltaico, este alcanza valores en un rango que va entre 692 y 1633 W.
- Se estableció que la eficiencia del sistema híbrido eólico solar fotovoltaico para el periodo de máxima irradiancia (donde se alcanzó el pico de 715 W/m^2 para el mes de Diciembre) fue de 10.85%, cabe señalar que este valor no corresponde a la eficiencia máxima que puede alcanzar el sistema, ya que esta tiene una relación directa con el efecto de la temperatura ambiente y su impacto directo sobre la temperatura de los módulos fotovoltaicos.

5.2. RECOMENDACIONES

- Considerar como máxima descarga de las baterías un 50% de su capacidad, ya que las descargas profundas producen una reducción de la vida útil, de igual modo, mantener una adecuada temperatura de las baterías, pudiendo ser este factor el desencadenante de la sulfatación y dilatación de estas que (al estar fabricadas con iones de litio) conlleva altas probabilidades de explosión y destrucción.
- Con la finalidad de reducir la incertidumbre en la cantidad de energía generada, se recomienda continuar con el monitoreo permanente y toma de datos durante periodos de tiempo más extensos con lapsos más estrechos, la consideración de la proyección de sombras por elementos cercanos y propias del sistema para la generación fotovoltaica, así como, comparar el comportamiento eólico diurno y nocturno en busca de alguna divergencia.
- Considerar la posibilidad de emplear la energía eléctrica que es generada pero no aprovechada para la inyección de las luminarias del cerco perimétrico de la loza solar (donde se localiza el sistema) o bien satisfacer la demanda de un laboratorio adyacente.

- Se sugiere, para futuras investigaciones, cuantificar la reducción de la eficiencia de conversión de los generadores fotovoltaicos por el aumento de temperatura, asimismo, las posibles soluciones, mediante sistemas de refrigeración para los paneles a fin de aminorar este efecto.

- Se plantea una reubicación del sistema híbrido eólico fotovoltaico con la finalidad de un mejor aprovechamiento de los recursos presentes en la zona que pueden ser afectados por las estructuras próximas a la instalación.

- Realizar periódicamente un análisis de los equipos instalados en el sistema, simultáneamente, ejecutar los correspondientes mantenimientos preventivos para garantizar su correcta operatividad y durabilidad. Cabe destacar que en el sistema actual existen dos mantenimientos correctivos improrrogables siendo estos: Proceder al respectivo trabajo de limpieza de los paneles fotovoltaicos así como su revisión semanal con el propósito de verificar que no acumule polvo, arena o cualquier otro agente que pueda afectar su funcionamiento y eficiencia, de igual manera, proceder a la reprogramación del sistema de procesamiento y almacenamiento de datos automático, esto mejoraría la captura, monitoreo, interpretación y análisis de la data de una manera más precisa y eficiente.

- Se propone la instalación de un sistema de contingencia, ya sea un grupo electrógeno o una conexión a la red externa. El recurso eólico-solar para los peores meses del año no puede asegurar cubrir totalmente la demanda, resultando en que la autonomía del sistema se vea realmente afectada. El sistema reacciona con un apagado automático de emergencia que podría conllevar a pérdidas de datos, desfases en la calibración de los sensores, daños de los diferentes componentes y reducción de la vida útil de todo el sistema.

CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y VIRTUALES

6.1. TESIS

- Bardales, E. y Egusquiza, T. (2019). *Influencia del paso variable de los alabes, en la regulación de potencia de un aerogenerador tripala mediante SoliWorks Flow Simulation*. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional del Santa, Perú.
- Chercca, J. (2014). *Aprovechamiento del Recurso Eólico y Solar en la Generación de energía eléctrica y la Reducción de emisiones de CO2 en el poblado rural La gramita de Casma*. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú.
- Cristóbal, A. (2017). *Evaluación de la implantación de Energía solar fotovoltaica en plantas de tratamiento de residuos municipales*. (Tesis de Pregrado). Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España.
- Cruz, J. (2014). *Actualidad de materiales para la captación de energía solar térmica y fotovoltaica*. (Tesis de Pregrado). Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México.
- Herrera, V. (2011). *Sistema Híbrido eólico-fotovoltaico para la generación de energía eléctrica en el Departamento del Ilustre Municipio de Baños de Agua Santa*. (Tesis de Pregrado). Universidad Técnica de Ambato. Ambato, Ecuador.
- Hervas, S. y Moscoso, A. (2015). *Análisis del potencial eólico y solar para la implementación de un sistema híbrido de generación eléctrica en base al uso de energías alternativas en el páramo chalupas, periodo 2015*. (Tesis de Pregrado). Universidad Técnica de Cotopaxi. Latacunga, Ecuador.
- Negrón, F. y Salcedo, J. (2017). *Comparación de la eficiencia de sistemas fotovoltaicos mediante seguimiento solar*. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo, Perú.
- Pantano, L. y Galindo, J. (2017). *Estudio de prefactibilidad y dimensionamiento de un sistema solar fotovoltaico para las instalaciones del jardín botánico de Bogotá José Celestino Mutis*. (Tesis de Grado). Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia.
- Rodríguez, J. (2014). *Análisis de las características generales del viento*. (Tesis de Pregrado). Universidad Politécnica de Catalunya. Barcelona, España.

Santa Cruz, K. (2018) Diseño de un Sistema Híbrido Eólico Fotovoltaico para el Suministro de Energía Eléctrica del Centro Poblado Nueva Esperanza ubicado en el distrito de Catache – Santa Cruz – Cajamarca. (Tesis de Pregrado). Universidad nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque, Perú.

6.2. TEXTOS

Alonso, J., Fernández, A., Jiménez, C., Lecuona, A., Mellado, F., Plaza, J.,...Sala, G. (2002). *Energía Solar Fotovoltaica*. Madrid, España: Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación.

Barry, R y Chorley, R. (1999). *Atmósfera, tiempo y clima*. Barcelona, España: Omega.

Cádiz, J. (1984). *La Energía Eólica, tecnología e historia*. España: H.Blume.

Castejón, A. y Santamaría, G. (2015). *Instalaciones Solares Fotovoltaicas*. Madrid, España: Editorial Editex.

Díaz, T. y Carmona, G. (2010). *Instalaciones Solares Fotovoltaicas*. Madrid, España: Mcgraw-Hill /Interamericana De España, S.A.

Fernandez, C y Baptista, L. (2014). *Metodología de la investigación*. México D.F. México: Interamericana Editores S.A.

Fortalecimiento de la Capacidad en Energía Renovable para Centroamérica (2002). *Manuales sobre energía renovable: Solar Fotovoltaica*. San José, Costa Rica: Biomass Users Network.

Gonzales, J. (2009). *Energías renovables*. Barcelona, España: Reverté.

López, J. M. (2003). *Manual de energía eólica*. Madrid, España: Mundi-Prensa.

Manwell, J. (2002). *Wind energy explained: theory, design and application*. Chichester, Inglaterra: John Wiley & Sons Ltd.

Mur, J. (1999). *Curso de Energía Eólica*. Zaragoza, España: Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Zaragoza.

Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (2017). *La industria de la energía renovable en el Perú: 10 años de contribuciones a la mitigación del cambio climático*. Lima, Perú.

Pinto, M. (2012). *Fundamentos de la energía eólica*. Rio de Janeiro, Brasil: Editorial Edel.

Rosato, M. (1991). *Diseño de Máquinas Eólicas de Pequeña Potencia*. Sevilla, España: PROGENSA.

6.3. ARTÍCULOS CIENTÍFICOS

Araújo, A., Melo, G., Medeiros, A. y Dos Santos, M. (2009). *Simulación de la Producción de Energía Eléctrica con Aerogeneradores de Pequeño Tamaño*. Información Tecnológica, 20(3), 37-44. doi: <https://doi.org/10.1612/inf.tecnol.4054it.08>.

Cepeda, J. y Sierra, A. (2017). *Aspectos que afectan la eficiencia en los paneles fotovoltaicos y sus potenciales soluciones*. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/11634/4196>

Cucaita, O. y Cabeza, I. (2017). *Tendencias en ingeniería de materiales para la fabricación de células solares fotovoltaicas*. Ingeniería Solidaria, 13(23), 151-162. doi: <https://doi.org/10.16925/in.v13i23.2070>

Feitosa, E., Salviano, T., Albiero, D., Castro, A. y Montero, A. (2014). *Curvas de potencia de aerogeneradores para baja velocidad del viento en la generación de energía eléctrica para agricultura familiar*. Energía na Agricultura, 29(3), 190-196. doi: <https://doi.org/10.17224/EnergAgric.2014v29n3p190-196>

Marčiukaitis, M., Zutautaitė, I., Zutautaitė, L., Joksas, B., Gecevicius, G. y Sfetsos, A. (2017). *Non-linear regression model for wind turbine power curve*. Renewable Energy. 113 (1), 732-741.

Palomino, J. (Noviembre de 2019). *La física e ingeniería de celdas fotovoltaicas*. XXVI Simposio Peruano de Energía Solar y del Ambiente (XXVI- SPES). Simposio llevado a cabo en Ayacucho, Perú.

Pérez, R. y Pérez, M. (Noviembre de 2015). *A fundamental look at supply side energy reserves for the planet*. IEA-SHCP-Newsletter Vol. 62, 4-6.

Polo, A. y De la gala, A. (Noviembre de 2017). *Evaluación del funcionamiento de un sistema fotovoltaico de 3.3 kW interconectado a la red eléctrica del CERT-UNJBG, Tacna: Octubre 2016 – Octubre 2017*. XXIV Simposio Peruano de Energía Solar y del Ambiente (XXIV- SPES). Simposio llevado a cabo en Huaraz, Perú.

Villena, M., Serrano, V., Montero, M. y Zutara, F. (Noviembre de 2017). *Caracterización de un módulo fotovoltaico de silicio amorfo y simulación con GNU Octave*. XXIV Simposio Peruano de Energía Solar y del Ambiente (XXIV- SPES). Simposio llevado a cabo en Huaraz, Perú.

6.4. LINKOGRAFÍA

Díez, J. (31 de Julio de 2019). *Eficiencia en las nuevas tecnologías de células fotovoltaicas*.

[Mensaje en un blog] Recuperado de: <https://www.eadic.com/eficiencia-en-las-nuevas-tecnologías-de-celulas-fotovoltaicas/>

Eólica, A. (7 de mayo de 2003). *Danish Wind Industry Association*. Recuperado de <http://www.windpower.org/es/tour/wres/pwr.htm>

Landin, P. (17 de Abril de 2014). *¿Cómo funciona una unión P-N?*. [Mensaje en un blog] Recuperado de: <http://pelandintecno.blogspot.com/2014/04/como-funciona-una-union-pn.html>

Rojas, A. (2018). *Ingeniería eólica*. Universidad Nacional del Santa. Perú. Recuperado de <https://docplayer.es/78477610-Mg-arrrf-mg-amancio-rojas-flores.html>

World Bank Group, ESMAP y Solargis (Junio de 2020). *Global Solar Atlas*. Recuperado de: [Globalsolaratlas.info/map](https://globalsolaratlas.info/map)

Zimmer, T., Billaud, M., D. Fylladitakis, E. y Axaopoulos, P. (13 de Febrero 2017). *HeliosLab: Open Educational Resources*. Capítulo 6. Recuperado de: <https://www.labri.fr/perso/billaud/travaux/Helios/Helios2/>

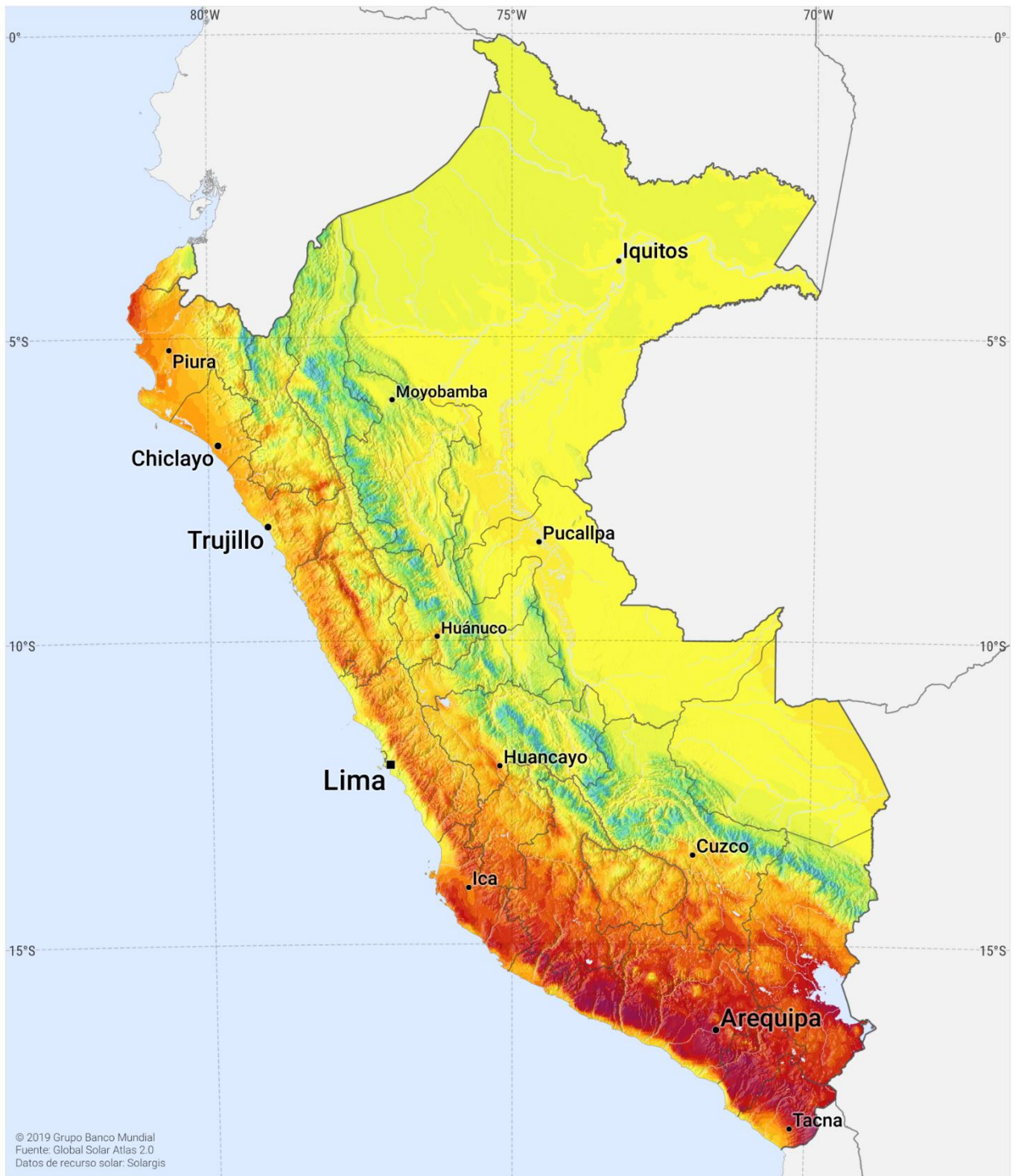
CAPÍTULO VII: ANEXOS

Anexo 1. Ubicación del Sistema Híbrido en estudio

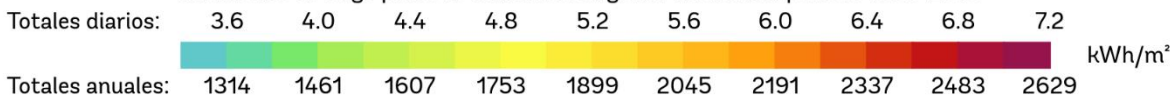


Fuente: <https://www.google.com/maps/@-9.1229114,-78.5121042,97m/data=!3m1!1e3?hl=es-419>

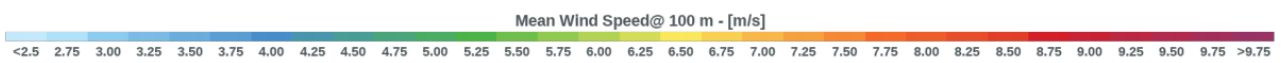
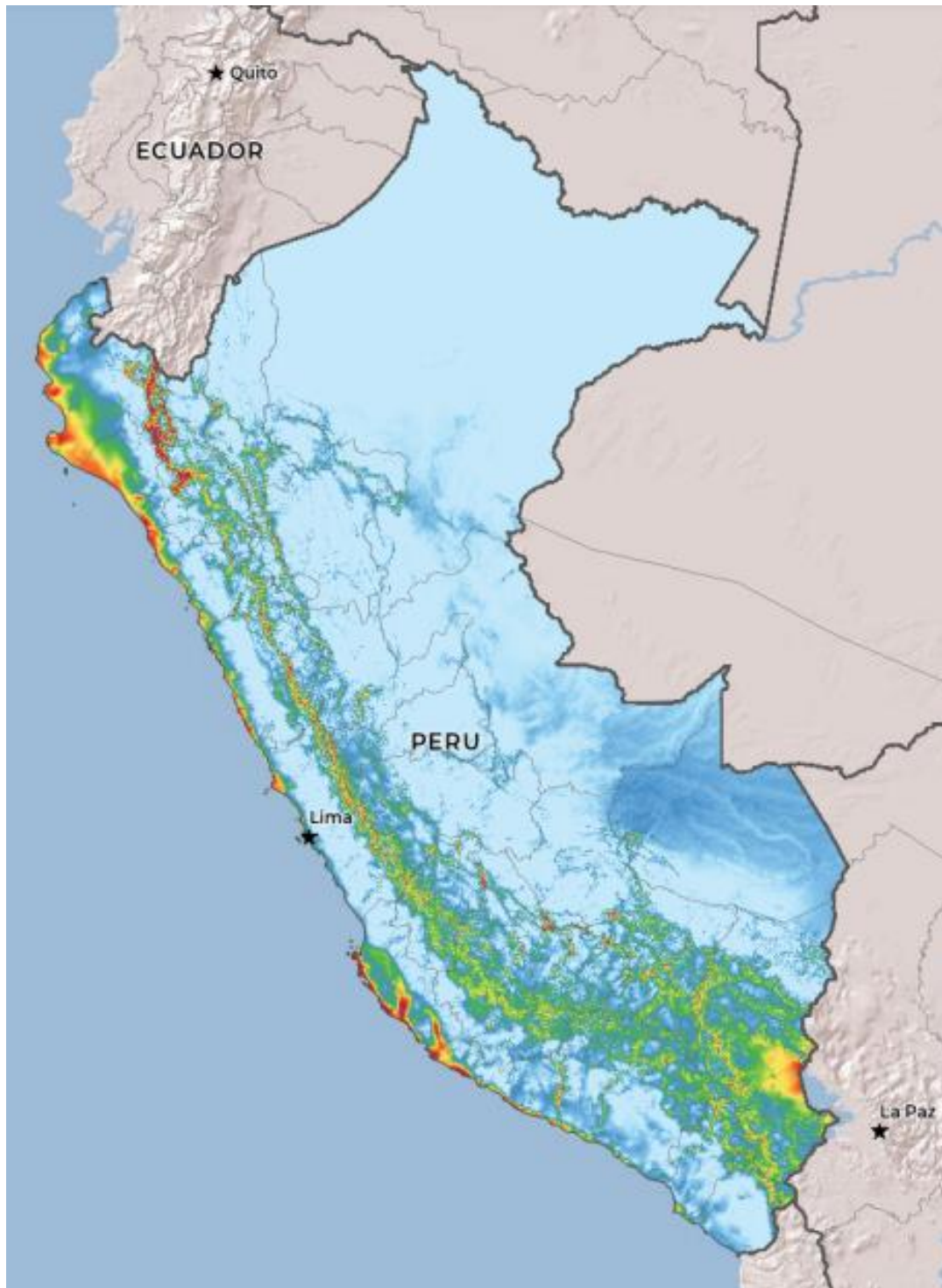
Anexo 2. Irradiación Global Horizontal que alcanza la superficie del Perú



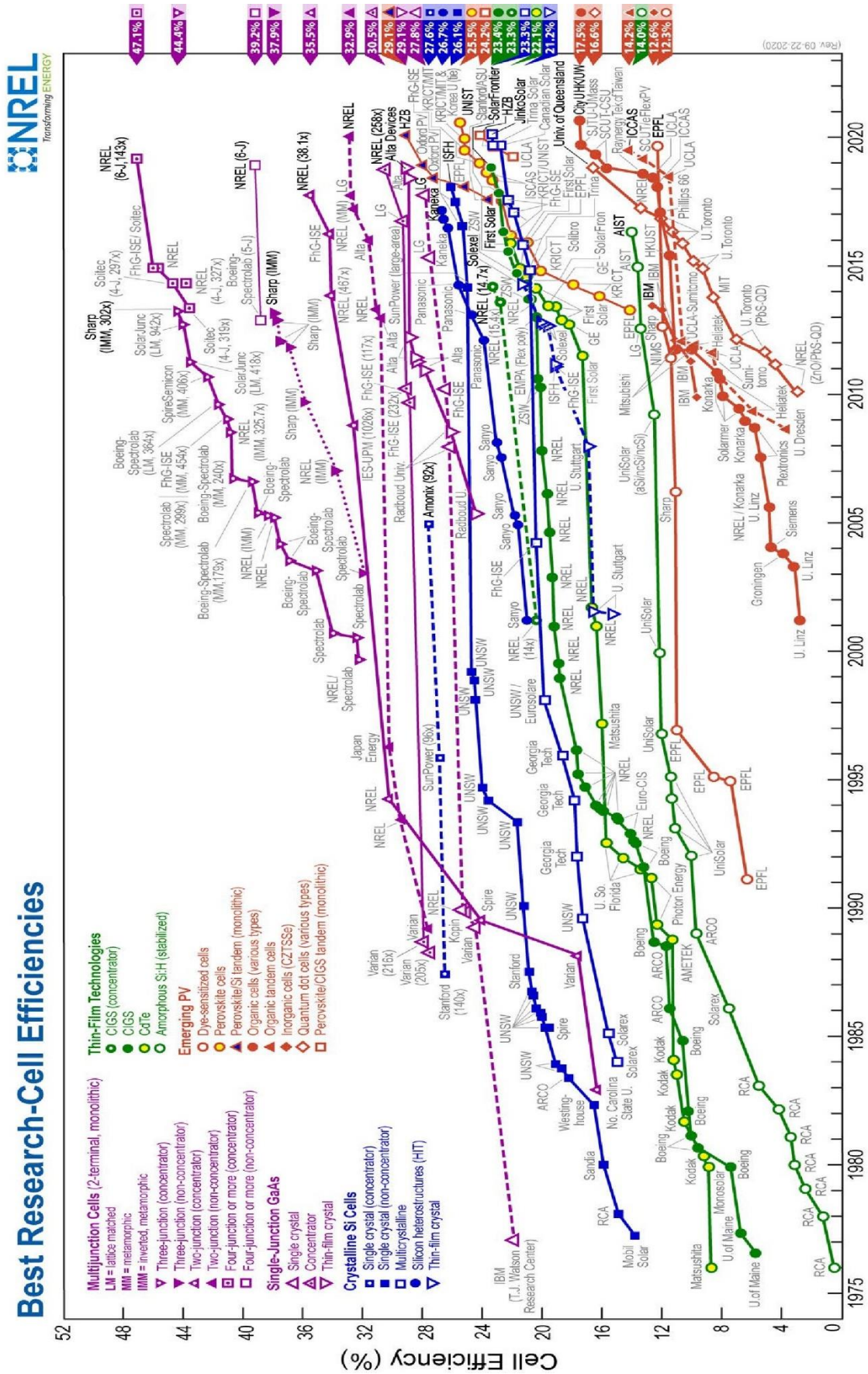
Promedios de largo plazo de la irradiación global horizontal, periodo 1999-2018



Anexo 3. Mapa de velocidad media del viento para el Perú



Anexo 4. Cuadro de eficiencias de las diferentes células en investigación



Anexo 5. Ficha técnica de los generadores fotovoltaicos policristalinos



Ficha de datos

Módulos fotovoltaicos cristalinos

Serie ASM6610P

240 245 250 255 260 265 DE

PROPIEDADES ELÉCTRICAS ¹						
Potencia nominal en STC ² (Pmax)	240 Wp	245 Wp	250 Wp	255 Wp	260 Wp	265 Wp
Tolerancia de potencia	-0/+3%					
Potencia mínima garantizada en STC (Pmpp min)	240 Wp	245 Wp	250 Wp	255 Wp	260 Wp	265 Wp
Voltaje nominal en STC (Vmpp)	29,86 V	30,12 V	30,38 V	30,64 V	30,90 V	31,16 V
Corriente nominal en STC (Impp)	8.10 A	8.20 A	8.29 A	8.39 A	8.48 A	8.57 A
Voltaje de circuito abierto en STC (Voc)	36,45 V	36,78 V	37,12 V	37,45 V	37,78 V	38,12 V
Corriente de cortocircuito en STC (Isc)	8.59 A	8.68 A	8.76 A	8.85 A	8.93 A	9.01 A
Eficiencia del módulo (eta)	14.67%	14.98%	15.28%	15.59%	15.98%	16.20%
Potencia nominal en NOCT ³ (Pmpp)	178,7 Wp	182,3 Wp	186,0 Wp	189,6 Wp	193,4 Wp	197,3 Wp
Voltaje nominal en NOCT (Vmpp)	27,83 V	28,07 V	28,31 V	28,56 V	28,80 V	28,90 V
Corriente nominal en NOCT (Impp)	6.42 A	6.49 A	6.57 A	6.64 A	6.72 A	6.89 A
Voltaje de circuito abierto en NOCT (Voc)	34,63 V	34,94 V	35,26 V	35,58 V	35,89 V	36,20 V
Corriente de cortocircuito en NOCT (Isc)	6.88 A	6.94 A	7.01 A	7.08 A	7.14 A	7.21 A

Coefficiente de temperatura (Pmpp)	-0,42%/K	Voltaje máximo del sistema	1000 VDC
Coefficiente de temperatura (Isc)	+0.059%/K	Número de diodos de derivación	3
Coefficiente de temperatura (Voc)	-0,32%/K	Clasificación de corriente interna (IR)	20A
Temperatura nominal de celda operativa (NOCT)	46°C ± 2°C	Valor máximo de fusible previo	15A

¹Tolerancia de medición Pmpp: +/- 3%; Tolerancia para Voc, Isc, Vmpp e Impp: +/- 10%.

²STC (Condiciones de prueba estándar), condiciones de prueba estándar que se definen a continuación: Potencia de radiación de 1.000 W/m² con una densidad espectral de AM 1,5 y una temperatura de celda de 25 ° C.

³Temperatura nominal de funcionamiento de la celda con radiación de 800 W/m², temperatura ambiente de 20 ° C, velocidad del viento de 1 m / s.

«Producido en una instalación certificada ISO 9001/14001



Anexo 6. Ficha técnica de los generadores fotovoltaicos de película delgada



Especificaciones bajo STC ¹⁾		SF145-S	SF150-S	SF155-S	SF160-S	SF165-S	SF170-S
Capacidad nominal	P_{max}	145 W	150 W	155 W	160 W	165 W	170 W
Tolerancia de potencia		Salida del módulo hasta 5 W superior a la salida nominal					
Eficiencia de módulo	%	11,8 %	12,2 %	12,6 %	13,0 %	13,4 %	13,8 %
Voltaje de circuito abierto	V_{oc}	107,0 V	108,0 V	109,0 V	110,0 V	110,0 V	112,0 V
Corriente de corto circuito	I_{sc}	2,20 A	2,20 A	2,20 A	2,20 A	2,20 A	2,20 A
Voltaje nominal	V_{mpp}	81,0 V	81,5 V	82,5 V	84,0 V	85,5 V	87,5 V
Corriente nominal	I_{mpp}	1,80 A	1,85 A	1,88 A	1,91 A	1,93 A	1,95 A

Especificaciones bajo NOCT ²⁾		SF145-S	SF150-S	SF155-S	SF160-S	SF165-S	SF170-S
Capacidad en NOCT	P_{max}	108 W	111 W	115 W	119 W	123 W	126 W
Voltaje de circuito abierto	V_{oc}	97,4 V	98,3 V	99,2 V	100,0 V	100,0 V	102,0 V
Corriente de corto circuito	I_{sc}	1,76 A	1,76 A	1,76 A	1,76 A	1,76 A	1,76 A
Voltaje nominal en NOCT	V_{mpp}	76,0 V	76,4 V	77,4 V	78,8 V	80,2 V	82,1 V
Corriente nominal en NOCT	I_{mpp}	1,43 A	1,47 A	1,49 A	1,51 A	1,53 A	1,55 A

¹⁾ Datos medidos en condiciones de prueba estándar "STC", definidas por la norma IEC (irradiación de 1.000 W/m², temperatura del módulo 25 °C y AM 1,5). I_{sc} y V_{oc} están dentro de una tolerancia de $\pm 10\%$ de los valores especificados en STC. Cuando se mide en un momento después de la entrega de fábrica, P_{max} puede tener una tolerancia de $\pm 10\%$ / -5% . La eficiencia del módulo por debajo de 200 W/m² de irradiación es típicamente del 98% ($\pm 1,9\%$) de la eficiencia del STC.

²⁾ Datos medidos en condiciones de temperatura nominal de la celda "NOCT", definida por la norma IEC (irradiación de 800 W/m², temperatura del aire de 20 °C, fuerza del viento de 1 m/s y funcionamiento en reposo).

Thermische Kenndaten	
NOCT	47 °C
Coefficiente de temperatura - I_{sc}	α +0,01 %/K
Coefficiente de temperatura - V_{oc}	β -0,30 %/K
Coefficiente de temperatura - P_{max}	δ -0,31 %/K

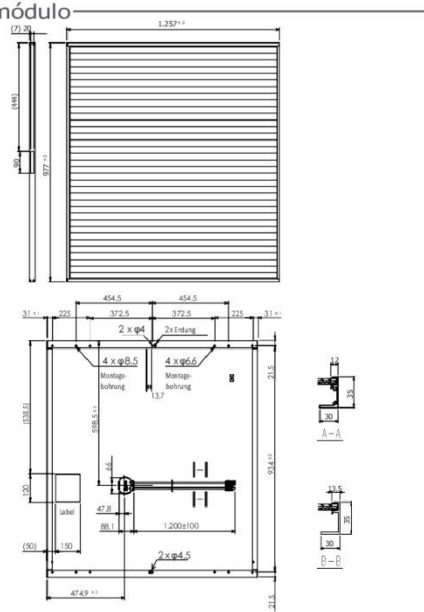
Características del diseño	
Voltaje máximo del sistema	1.000 V DC
Capacidad de corriente inversa	7 A
Temperatura de funcionamiento	-40°C hasta +85°C
Clase e aplicación (IEC 61730)	Clase A
Protección contra incendios	Clase C
Clase de seguridad (IEC 61140)	II

Características mecánicas	
Dimensiones (Largo x Ancho x Alto)	1.257 x 977 x 35 mm
Peso	20 kg
Carga de nieve y viento (IEC 61646)	2.400 Pa

Material y componentes	
Tipo de célula	CIS (Sin Cadmio) sobre sustrato de vidrio
Portada	Vidrio transparente de 3.2 mm térmicamente tratado
Laminación	EVA
Contraportada	Película de plástico resistente a la interperie
Cuadro	Aleación de aluminio anodizado (negro)
Sello de borde	Butilo
Caja de conexiones	Clase de protección: IP67 (Sin diodo de derivación)
Adesivo	Silicona
Cable	2 x 1.200 mm / 2,5 mm ² (Sin halógenos)
Sistema de conexión	Hosiden HSC (MC4 enchufable)

Embalaje	
Material de empaque	Sin cartón: Esquineros reutilizables
Módulos por palet	25
Palets por contener	36

Dibujo del módulo



Certificación



IEC 61646: Bauartzertifizierung von PV-Modulen
IEC 61730: Sicherheitszertifizierung für PV Module
IEC 61701: Beständigkeit gegen Salznebel
IEC 62716: Beständigkeit gegen Ammoniak
ID 0000023497 www.tuv.com



Garantías



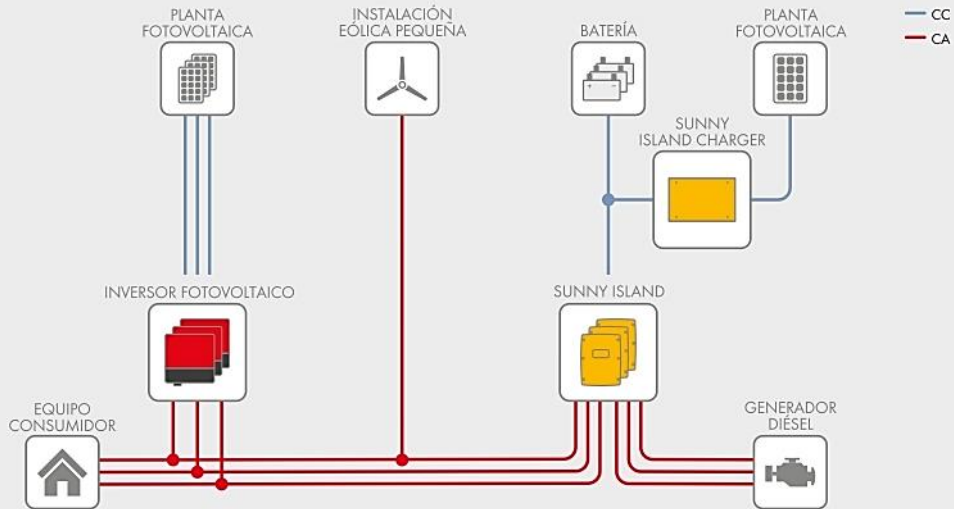
Contacto

Solar Frontier Europe GmbH
Bavariafilmplatz 8
82031 Grünwald, Deutschland
Tel: +49 (0) 89 92 86 142 0
www.solar-frontier.eu
www.solar-frontier.com

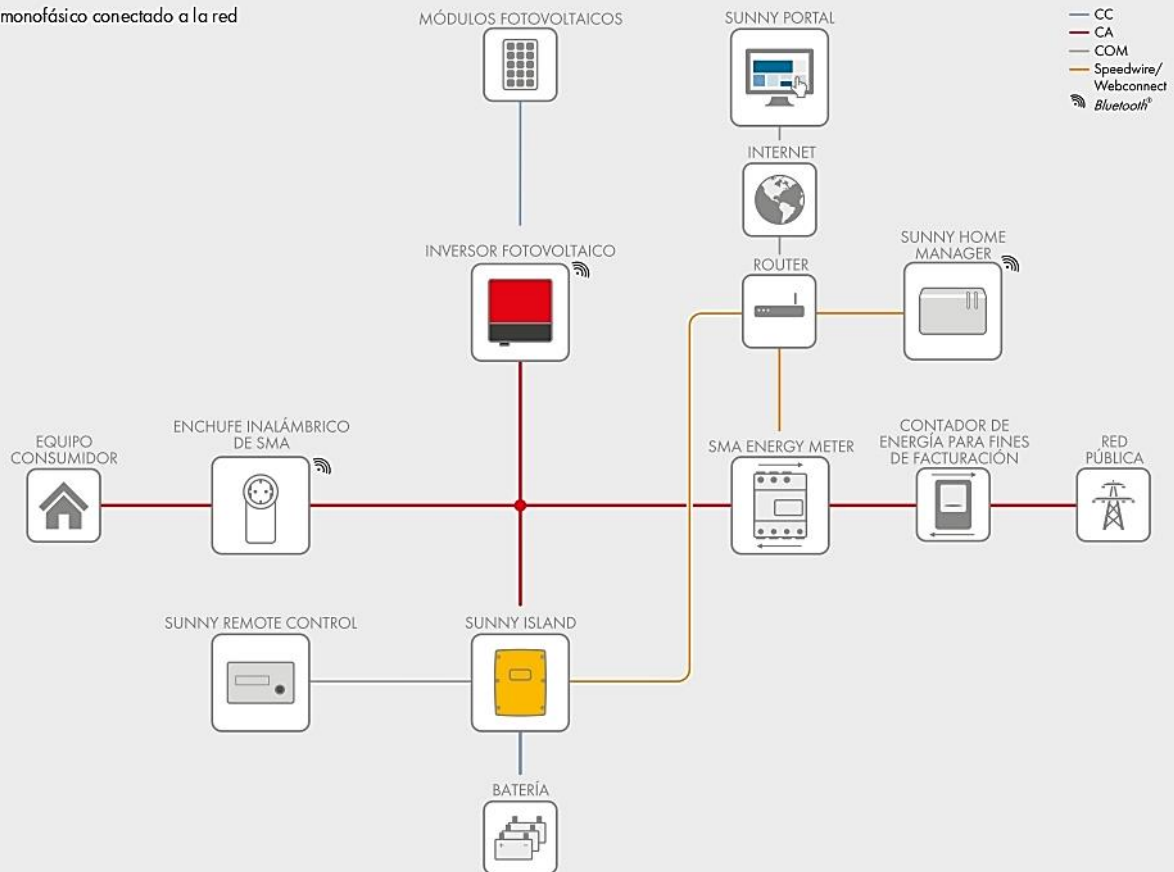
FlyerPowerModules-S-3-65-

Anexo 7. Aplicaciones conectadas a red y en sistemas aislados

Sistema aislado trifásico



Sistema monofásico conectado a la red



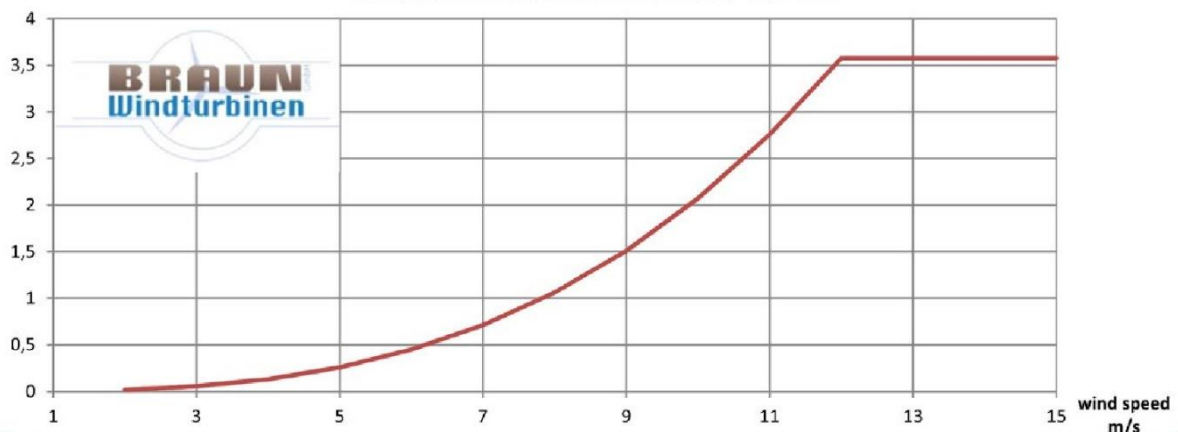
Anexo 8. Ficha técnica del generador eólico – Antaris

ANTARIS 2.5 kW

Alternator		Turbine Data	
Type	3-phasing permanent magnet	Type	Grid connected heating system
Efficiency	92%	Speed range	0 rpm – 600 rpm
Nominal capacity	3.0 kW	Working range	130 rpm – 400 rpm
Maximum capacity	4.5 kW	Engagement speed	2.8 m/s
Nominal voltage	350 VAC	Storm safety	13.0 m/s
Protection class	IP56	Max. wind velocity	58 m/s

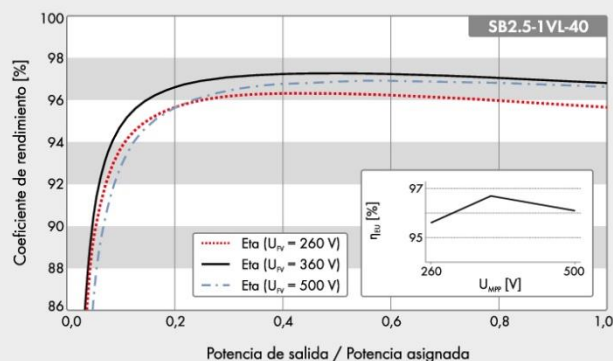
Mechanical Data		Storm Protection	
Repeller diameter	3.00 m (2.35 m)	Automatic system	Helicopter position, braking resistance, electromagnetic brake (optional)
Sweep area	7.065 m ² (4.335 m ²)	Manually	Short-circuit braking, braking resistance
Rotor blades	3 piece carbon / glass fibre	Standard norms and certificates: CE-DIN EN 60204-1 DIN VDE 0113 T 1 DIN EN 12100 DIN EN 418 Accident prevention regulation BGV A3 (VBG4) accordingly IEC 61400-2	
Rotor blade protection	UV-, chemistry and temperature resistant		
Turbine material	High-temperature galvanized		
Colour	RAL 9010		
Total weight	95 kg		

Turbine characteristic ANTARIS 2.5 kW



Anexo 9. Ficha técnica del inversor fotovoltaico – Sunny Boy

Curva de rendimiento



● De serie ○ Opcional – No disponible

Datos en condiciones nominales

Versión de 11/2019

Datos técnicos	Sunny Boy 1.5	Sunny Boy 2.0	Sunny Boy 2.5
Entrada (CC)			
Potencia máx. del generador fotovoltaico	3000 Wp	4000 Wp	5000 Wp
Tensión de entrada máx.	600 V	600 V	600 V
Rango de tensión del MPP	160 V a 500 V	210 V a 500 V	260 V a 500 V
Tensión asignada de entrada		360 V	
Tensión de entrada mín. / de inicio		50 V / 80 V	
Corriente máx. de entrada por string		10 A	
Corriente de cortocircuito máx. por string		18 A	
Número de entradas de MPP independientes / strings por entrada de MPP		1 / 1	
Salida (CA)			
Potencia asignada (a 230 V, 50 Hz)	1500 W	2000 W	2500 W
Potencia máx. aparente de CA	1500 VA	2000 VA	2500 VA
Tensión nominal de CA		220 V / 230 V / 240 V	
Rango de tensión nominal de CA		180 V a 280 V	
Frecuencia de red de CA/Rango		50 Hz, 60 Hz / -5 Hz a +5 Hz	
Frecuencia / tensión asignadas de red		50 Hz / 230 V	
Corriente máx. de salida	7 A	9 A	11 A
Factor de potencia a potencia asignada		1	
Factor de desfase ajustable		0,8 inductivo a 0,8 capacitivo	
Fases de inyección / fases de conexión		1 / 1	
Rendimiento			
Rendimiento máx. / europeo	97,2 % / 96,1 %	97,2 % / 96,4 %	97,2 % / 96,7 %
Dispositivos de protección			
Punto de desconexión en el lado de CC		●	
Monitorización de toma a tierra / de red		● / ●	
Protección contra polarización inversa de CC / resistencia al cortocircuito de CA / con separación galvánica		● / ● / -	
Unidad de seguimiento de la corriente residual sensible a la corriente universal		●	
Clase de protección (según IEC 61140) / categoría de sobretensión (según IEC 60664-1)		I/III	
Protección contra corriente inversa		No es necesario.	
Datos generales			
Dimensiones (ancho / alto / fondo)	460 / 357 / 122 mm (18,1 / 14,1 / 4,8 in)		
Peso	9,2 kg (20,3 lb)		
Rango de temperatura de funcionamiento	-40 °C a +60 °C (-40 °F a +140 °F)		
Emisión sonora, típica	< 25 dB		
Autoconsumo (nocturno)	2,0 W		
Topología	Sin transformador		
Sistema de refrigeración	Convección		
Tipo de protección (según IEC 60529)	IP65		
Clase climática (según IEC 60721-3-4)	4K4H		
Valor máximo permitido para la humedad relativa (sin condensación)	100 %		
Equipamiento			
Conexión de CC/CA	SUNCLIX / conector de enchufe		
Visualización a través de teléfono inteligente, tableta o portátil	●		
Interfaces: WLAN / ethernet	● / ●		
Protocolos de comunicación	Modbus (SMA, Sunspec), Webconnect		
Gestión de sombras integrada SMA ShadeFix	●		
Garantía: 5 / 10 / 15 / 20 años	● / ○ / ○ / ○		
Certificados y autorizaciones (otros a petición)	AS4777, C10/11, CE, CEI0-21, DIN EN 62109-1/IEC 62109-1, DIN EN 62109-2/IEC 62109-2, EN50438, G83/2, IEC61727, IEC62116, NBR16149, NEN-EN50438, NRS097-2-1, VDE-AR-N4105, VDE 0126-1-1, VFR2014, RfG compliant		
Disponibilidad de SMA Smart Connected en los países	AU, AT, BE, CH, DE, ES, FR, IT, LU, NL, UK		
Modelo comercial	SB1.5-1VL-40	SB2.0-1VL-40	SB2.5-1VL-40

Anexo 10. Ficha técnica del inversor eólico – Smart Power Electronics



TECHNICAL DATA I

General details	SW-5.5
Size	656 x 472 x 234 mm
Wight	42 kg
Protection type	IP54
Cooling	Air passiv / fan controlled need-based
Temperature range operation	-25°C ... +40°C – automatic derating
Total efficiency	max. 94 %
Own consumption	< 18 W – stand-by < 83 W – active feed-in

Input generator side	SW-5.5
Generator type	PM generator / 3-phase
Rectifier generator side	B6
Input voltage range (conductor-conductor)	60...500 V _{LL} 180 ... 500 V _{LL} – for full power 5.5 kW 600 V _{LL} – maximum value
Input current (nominal value)	20 A – nominal value t 40 A – max. 5 s
Input capacity	12 kW – nominal value
Maximum value limited by dump load	24 kW – max. 5 s
Input frequency	0 Hz ...300 Hz
Generator monitoring	Isolations monitoring Temperature monitoring RPM monitoring

Output mains	SW-5.5
Inverter mains side	IGBT B6
Phases	3
Output power (nominal value)	5,5 kW
Output voltage	400 V _{LL} – nominal value 318 ...460 V _{LL} – permitted range
Output current (nominal value)	0 ...8 A
Output frequency	50 Hz ...60 Hz
Isolation concept	no transformer, no galvanic isolation
Distortion factor current	< 3 %
Power factor – cos φ	regulated on 1 – regulation after VDE AR-N 4105
Overcurrent protection	Current control
Grid / plant protection – ENS	integrated according to VDE AR-N 4105

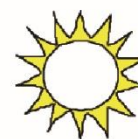
Anexo 11. Ficha técnica del inversor de baterías – Sunny Island

SUNNY ISLAND 3.0M/4.4M

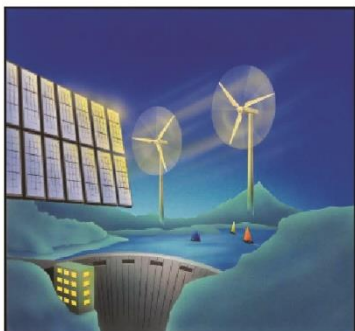
Datos técnicos	Sunny Island 3.0M	Sunny Island 4.4M
Funcionamiento en la red pública o generador fotovoltaico		
Tensión asignada de entrada/rango de la tensión de entrada CA	230 V/172,5 V ... 264,5 V	230 V/172,5 V ... 264,5 V
Frecuencia asignada de entrada/rango de frecuencia de entrada permitida	50 Hz/40 Hz ... 70 Hz	50 Hz/40 Hz ... 70 Hz
Corriente máxima de entrada de CA	50 A	50 A
Potencia máxima de entrada CA	11 500 W	11 500 W
Funcionamiento en red aislada o para corriente de repuesto		
Tensión asignada de red/rango de tensión CA	230 V/202 V ... 253 V	230 V/202 V ... 253 V
Frecuencia nominal/rango de frecuencia (ajustable)	50 Hz/45 Hz ... 65 Hz	50 Hz/45 Hz ... 65 Hz
Potencia asignada (a Unom/fnom/25 °C/cos φ=1)	2 300 W	3 300 W
Potencia de CA a 25 °C durante 30 min/5 min/3 s	3 000 W/3 500 W/5 500 W	4 400 W/4 600 W/5 500 W
Potencia de CA a 45 °C	2 000 W	3 000 W
Corriente asignada/corriente de cortocircuito (valor pico)	10 A/60 A	14,5 A/60 A
THD de la tensión de salida/factor de potencia con potencia asignada	< 4,5%/-1 ... +1	< 4,5%/-1 ... +1
Batería de entrada de CC		
Tensión asignada de entrada/rango de tensión CC	48 V/41 V ... 63 V	48 V/41 V ... 63 V
Corriente de carga máx. de la batería/de carga asignada de CC/descarga asignada de CC	51 A/45 A/51 A	75 A/63 A/75 A
Tipo de batería/capacidad de la batería (rango)	Li-Ion*, FLA, VRLA/100 Ah ... 10 000 Ah (plomo) 50 Ah ... 10 000 Ah (Li-Ion)	Li-Ion*, FLA, VRLA/100 Ah ... 10 000 Ah (plomo) 50 Ah ... 10 000 Ah (Li-Ion)
Regulación de carga	Procedimiento de carga IUoU con carga completa y de compensación automáticas	Procedimiento de carga IUoU con carga completa y de compensación automáticas
Rendimiento/autoconsumo		
Rendimiento máximo	95,3%	95,3%
Autoconsumo sin carga/en espera	18 W/6,8 W	18 W/6,8 W
Dispositivo de protección (equipo)		
Cortocircuito de CA/sobrecarga de CA	●/●	●/●
Protección contra polarización inversa de CC/fusible de CC	-/-	-/-
Sobretensión/descarga total de la batería	●/●	●/●
Categoría de sobretensión según IEC 60664-1	III	III
Datos generales		
Dimensiones (anchura x altura x profundidad)	467 mm x 612 mm x 242 mm (18,4 in/24,1 in/9,5 in)	467 mm x 612 mm x 242 mm (18,4 in/24,1 in/9,5 in)
Peso	44 kg (97 lb)	44 kg (97 lb)
Rango de temperatura de servicio	-25 °C ... +60 °C (-13 °F ... +140 °F)	-25 °C ... +60 °C (-13 °F ... +140 °F)
Clase de protección según IEC 62103	I	I
Clase climática según IEC 60721	3K6	3K6
Tipo de protección según IEC 60529	IP54	IP54
Equipamiento/función		
Manejo y pantalla/relé multifunción	Externo mediante SRC-20/2	Externo mediante SRC-20/2
Sistemas trifásicos/función de alimentación de repuesto	●/●	●/●
Cálculo del nivel de carga/carga completa/carga de compensación	●/●/●	●/●/●
Arranque suave integrado/asistencia de generador	●/●	●/●
Sensor de temperatura de la batería/cables de datos	●/●	●/●
Certificados y autorizaciones	www.SMA-Solar.com	www.SMA-Solar.com
Garantía	5 años	5 años
Accesorios		
Para sistemas aislados (off-grid)		
Cables de la batería/fusibles de la batería	○/○	○/○
Interfaz SI-COM SMA (RS485)	○	○
Contactor de deslumbre de carga/medición externa de la corriente de la batería	○/○	○/○
Sunny Island Charger SIC50-MPT	○	○
Para aplicaciones conectadas a red (on-grid)		
Cables de la batería/fusibles de la batería	○/○	○/○
Interfaz SWDMSI-NR (Speedwire)	○	○
Sunny Home Manager/SMA Energy Meter	○/○	○/○
Equipo de conmutación para alimentación de repuesto (a través de un proveedor externo)	○	○
Modelo comercial	SI3.0M-11	SI4.4M-11
● Equipamiento de serie ○ Opcional – No disponible		
Datos en condiciones nominales		
* De Akasol, Leclanché, LG-Chem, SAFT, Samsung, Sony, Dispatch Energy, Hoppecke		
Todas las especificaciones actualizadas a agosto de 2014		

Anexo 12. Ficha técnica de los acumuladores – BAE (1)

BAE SECURA PVV CELL solar



Technical Specification for Valve Regulated Lead-Acid Batteries (VRLA)



1. Application

BAE PVV cell solar batteries are maintenance-free and used to store electric energy in medium and large solar photovoltaic installations.

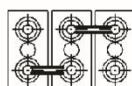
2. Technical data (Reference temperature 20°C)

Type	C _{1h} Ah	C _{10h} Ah	C _{20h} Ah	C _{72h} Ah	C _{100h} Ah	C _{120h} Ah	C _{240h} Ah	R _i 1) mΩ	I _k 2) kA	Length mm	Width mm	Height mm	Weight kg
Ue [V per cell]	1.65	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80						
4 PVV 280	136	239	262	315	329	334	348	1.20	1.70	105	208	420	20
5 PVV 350	165	286	314	378	394	400	415	0.96	2.15	126	208	420	23
6 PVV 420	198	344	378	453	473	481	499	0.80	2.57	147	208	420	28.8
5 PVV 550	252	444	496	573	587	594	609	0.71	2.88	126	208	535	32
6 PVV 660	303	532	596	688	705	712	732	0.60	3.46	147	208	535	36.7
7 PVV 770	341	597	666	763	785	793	813	0.51	4.04	168	208	535	41
6 PVV 900	391	700	794	907	932	942	979	0.45	4.58	147	208	710	52
8 PVV 1200	506	903	1022	1166	1190	1200	1255	0.34	6.10	215	193	710	68.9
10 PVV 1500	647	1150	1312	1504	1530	1548	1620	0.27	7.63	215	235	710	84.6
12 PVV 1800	762	1360	1540	1764	1800	1812	1896	0.23	9.15	215	277	710	99.6
12 PVV 2280	954	1640	1854	2160	2200	2220	2294	0.24	8.58	215	277	855	115
16 PVV 3040	1291	2240	2520	2944	3010	3036	3120	0.18	11.40	215	400	815	156.2
20 PVV 3800	1618	2820	3160	3700	3780	3816	3936	0.14	14.30	215	490	815	195
22 PVV 4180	1749	3020	3400	3960	4040	4080	4200	0.13	15.67	215	580	815	216
24 PVV 4560	1960	3430	3860	4521	4610	4656	4800	0.12	17.10	215	580	815	236
26 PVV 4940	2067	3570	4000	4680	4770	4824	4968	0.11	18.52	215	580	815	250

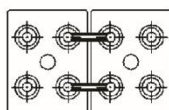
1) R_i and 2) I_k values according to IEC 60896-21

All values given in the table correspond to 100 % DOD. Please consider item 7.

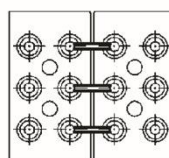
3. Terminal position



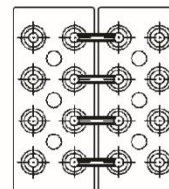
4 PVV 280 to 6 PVV 900



8 PVV 1200 to 12 PVV 2280



16 PVV 3040



20 PVV 3800 to 26 PVV 4940

Terminals are designed as female poles with brass inlay M10 for flexible insulated copper cables with cross-section 25, 35, 50, 70, 95 or 120 mm² or insulated solid copper connectors with cross-section 90, 150 or 300 mm².

ENERGY FROM BATTERIES



Anexo 13. Ficha técnica de los acumuladores – BAE (2)

Technical Specification of BAE *SECURA PVV CELL solar*

4. Design

positive electrode	tubular - plate with a polyester gauntlet and solid grids in a corrosion-resistant PbCaSn - alloy
negative electrode	grid - plate in PbCaSn alloy with long life expander material
separation	microporous separator
electrolyte	sulphuric acid with a density of 1.24 kg/l, fixed as GEL by fumed silica
container and lid	high impact, ABS (Acrylonitrile-Butadiene-Styrene), grey coloured, UL-94 rating: HB, on request also in UL-94 rating: V-0
valve	one valve per cell with flame arrestor, opening pressure approx. 120 mbar
pole-bushing	100% gas- and electrolyte-tight, sliding, plastic-coated "Panzerpol"
kind of protection	IP 25 regarding DIN 40050, touch protected according to VBG 4

5. Installation

BAE SECURA PVV CELL solar batteries are designed for indoor applications.

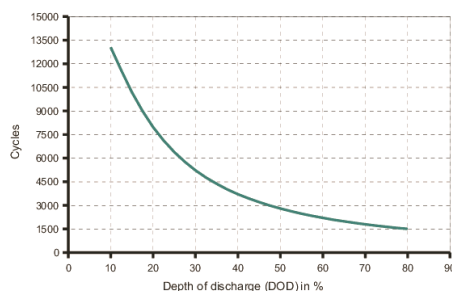
6. Maintenance

every 6 months	check battery voltage as well as temperature
every 12 months	check of mechanical and electrical connections, record battery cell voltage as well as temperature

7. Operational data

depth of discharge (DOD)	max. 80 % ($U_e = 1.91$ V/cell for discharge times >10 h; 1.74 V/cell for 1 h), deep discharges of more than 80 % DOD have to be avoided
charge current	may vary from $5 \times I_{10}$ down to $0.01 \times I_{10}$
floating voltage	2.25 V per cell
charge voltage at cyclic operation	
• DOD per day < 40 % C_{10}	2.30 V – 2.35 V per cell
• DOD per day > 40 % - 60 % C_{10}	2.35 V – 2.40 V per cell
adjustment of charge voltage	no adjustment necessary if battery temperature is between 10 °C and 45 °C in the monthly average, otherwise $\Delta U/\Delta T = -0.003$ Vpc/K
recharge to 100 %	within a period of one up to 4 weeks
IEC 61427 cycles	3000 (A+B)
operational temperature	-20 °C to 45 °C, recommended temperature range 10 °C to 30 °C
self-discharge	approx. 2 % per month at 20°C

8. Number of cycles as function of DOD (Depth of discharge)



9. Transport

Batteries are not subject to ADR (road transport), if the conditions of special rule 598 (chapter 3.3) are observed.

10. Standards

Test standard	IEC 60896-21, IEC 61427
Safety standard, ventilation	EN 50272-2



Anexo 14. Recopilación de data a tiempo real

19 Setiembre 2019	SOLAR DATA					WIND DATA				19 Setiembre 2019	SOLAR DATA					WIND DATA			
	M1 (W)	M2 (W)	M3 (W)	IRRADIAN (W/m2)	T-AMB (°C)	V-WIND (m/s)	RPM	POT. ELECT. (W)	M1 (W)		M2 (W)	M3 (W)	IRRADIAN (W/m2)	T-AMB (°C)	V-WIND (m/s)	RPM	POT. ELECT. (W)		
09:00	242	236	176	354	22.6	1	0	0	13:20	432	209	447	787	22.3	5	203	206.2		
09:05	257	249	186	367	22	1	0	0	13:25	360	354	422	735	22.6	5	223	283.7		
09:10	260	271	200	380	22	1	0	0	13:30	432	467	487	851	23.3	3	156	84.3		
09:15	263	281	208	376	22.4	3	144	64.5	13:35	386	364	427	743	22.6	5	223	283.7		
09:20	262	285	212	381	22.6	3	151	75.5	13:40	323	478	454	729	23.3	3	156	84.3		
09:25	281	306	226	412	22.9	3	122	36.6	13:45	276	490	429	686	23.3	3	141	59.2		
09:30	258	282	207	389	22.2	3	136	52.9	13:50	315	467	424	678	23	3	134	50.2		
09:35	272	295	212	407	22.2	3	120	34.6	13:55	316	588	426	673	22.8	2	106	22.9		
09:40	351	382	281	520	22.6	1	48	1.5	14:00	320	598	476	756	22.6	3	125	39.9		
09:45	318	347	256	475	22.6	3	156	84.3	14:05	398	641	491	787	22.5	3	134	50.8		
09:50	300	320	230	432	23.1	1	0	0	14:10	365	632	485	777	23	4	168	109.3		
09:55	325	345	258	469	23.3	1	0	0	14:15	291	509	385	625	22.3	3	119	34.0		
10:00	585	618	450	850	23.5	3	127	41.9	14:20	317	481	364	591	22.5	3	145	65.6		
10:05	274	294	222	396	23.3	4	160	91.9	14:25	214	483	366	594	22.9	5	205	213.2		
10:10	560	601	445	820	23.5	3	124	38.7	14:30	307	471	356	578	21.8	3	142	61.6		
10:15	694	624	471	847	23.1	3	134	50.3	14:35	227	451	342	554	22	3	152	76.5		
10:20	646	654	492	827	23.1	2	89	12.5	14:40	284	468	354	575	21.4	5	217	257.8		
10:25	740	722	546	911	23.4	3	127	41.9	14:45	271	480	363	590	21.6	4	158	88.4		
10:30	357	339	265	450	23.3	4	174	122.2	14:50	265	498	363	582	21.6	3	150	74.0		
10:35	325	313	237	410	23.1	5	206	216.7	14:55	295	489	348	561	21.4	3	126	40.4		
10:40	684	615	463	840	23.9	3	144	64.2	15:00	298	485	357	567	22.1	3	134	50.8		
10:45	690	647	481	854	23.6	3	134	50.3	15:05	181	314	317	511	21.2	3	127	41.4		
10:50	686	621	487	859	24.3	3	116	30.8	15:10	170	361	279	413	21.4	8	306	831.0		
10:55	682	619	464	867	23.4	3	152	77.2	15:15	202	339	261	400	21.6	5	202	202.8		
11:00	698	626	488	870	23.9	3	136	52.9	15:20	212	356	274	402	20	4	191	166.2		
11:05	720	639	519	873	24.1	4	184	147.7	15:25	237	359	277	406	21	5	198	187.8		
11:10	675	630	512	877	23.4	4	160	91.9	15:30	201	360	245	383	21.4	3	134	50.3		
11:15	632	630	486	878	23.6	3	149	72.1	15:35	169	282	209	304	20.7	3	137	53.7		
11:20	712	638	476	887	24.8	4	167	106.3	15:40	219	395	266	399	20.4	5	214	247.9		
11:25	422	650	522	894	23.2	4	193	173.7	15:45	181	330	220	332	20.5	4	161	93.6		
11:30	622	684	502	892	23.6	3	145	65.8	15:50	182	320	230	341	20	3	124	38.4		
11:35	696	690	481	889	23.9	4	174	122.2	15:55	198	310	234	353	20.5	3	134	50.4		
11:40	672	661	461	896	23.4	6	243	379.8	16:00	110	181	130	201	20	3	135	51.5		
11:45	565	743	531	895	23.9	3	142	61.3	16:05	94	164	117	173	20.2	3	125	39.3		
11:50	546	666	570	896	23.2	4	182	142.3	16:10	99	157	110	181	20.2	3	135	51.2		
11:55	394	659	530	894	23	8	303	803.7	16:15	134	212	146	245	19.9	4	169	110.6		
12:00	571	651	443	889	23.4	6	250	418.3	16:20	124	201	141	226	19.5	3	136	52.9		
12:05	281	693	531	891	22.7	6	248	407.0	16:25	130	199	139	234	19.5	4	171	114.5		
12:10	381	657	513	872	23.2	6	255	447.4	16:30	136	221	149	249	19.3	4	177	128.5		
12:15	562	671	520	884	23.4	6	244	385.2	16:35	130	202	145	234	18.6	4	180	137.8		
12:20	555	648	497	884	23.7	3	148	70.5	16:40	108	168	105	178	19.3	3	154	80.7		
12:25	483	736	516	881	23	4	189	161.8	16:45	84	134	86	138	18.8	5	209	226.9		
12:30	547	709	521	882	23.4	7	283	637.3	16:50	83	128	80	129	18.8	3	154	79.8		
12:35	505	673	517	876	22.7	7	312	887.7	16:55	64	101	61	102	18.8	4	169	109.5		
12:40	513	699	508	865	23	4	168	108.4	17:00	51	84	48	80	18.7	4	159	90.3		
12:45	526	606	495	875	23.2	7	297	750.9	17:05	36	62	32	58	18.6	4	194	175.8		
12:50	500	536	445	884	23.4	7	366	1526.6	17:10	36	57	30	56	17.5	3	134	50.1		
12:55	456	543	427	840	23.5	6	248	407.0	17:15	32	55	29	53	17.5	3	122	36.7		
13:00	349	505	456	832	22.7	8	307	840.3	17:20	32	50	28	52	17.6	4	181	140.2		
13:05	448	474	454	803	22.7	4	183	145.0	17:25	31	52	27	50	17.4	2	96	16.2		
13:10	471	511	495	876	22.5	3	132	47.8	17:30	31	51	26	49	17.2	3	136	52.4		
13:15	433	462	447	792	22.5	5	203	206.2	17:35	29	49	24	47	17	3	129	43.7		

20 Setiembre 2019	SOLAR DATA					WIND DATA			20 Setiembre 2019	SOLAR DATA					WIND DATA		
	M1 (W)	M2 (W)	M3 (W)	IRRADIAN (W/m2)	T-AMB (°C)	V-WIND (m/s)	RPM	POT. ELECT. (W)		M1 (W)	M2 (W)	M3 (W)	IRRADIAN (W/m2)	T-AMB (°C)	V-WIND (m/s)	RPM	POT. ELECT. (W)
09:00	71	77	56	104	19.4	1	0	0	13:20	565	686	516	912	22.2	7	263	496.9
09:05	76	83	58	106	19	1	0	0	13:25	581	703	523	910	22.9	6	235	339.0
09:10	79	85	60	110	19.2	1	0	0	13:30	561	810	555	986	23.4	4	162	95.8
09:15	104	102	78	140	19.2	1	0	0	13:35	377	609	428	759	23.2	6	248	407.0
09:20	105	115	81	145	19.2	1	0	0	13:40	308	429	335	526	22.9	5	226	296.9
09:25	118	126	89	163	18.5	1	0	0	13:45	649	689	531	860	22.2	9	334	1118.9
09:30	119	122	85	162	18.9	1	0	0	13:50	561	562	407	698	21.8	10	343	1224.6
09:35	129	127	96	170	18.8	1	0	0	13:55	185	623	160	680	21.1	5	212	238.9
09:40	136	137	98	183	18.8	1	0	0	14:00	491	499	537	618	22.1	4	178	132.0
09:45	145	144	106	194	19.2	1	0	0	14:05	811	875	682	970	21.6	7	268	529.7
09:50	157	155	115	209	18.5	1	0	0	14:10	291	364	287	422	20.9	8	296	742.4
09:55	170	172	131	233	18.8	1	0	0	14:15	519	538	405	615	20.7	4	165	102.0
10:00	187	183	137	241	18.6	1	0	0	14:20	230	342	272	413	20.7	3	131	46.6
10:05	205	192	141	248	18.9	1	0	0	14:25	459	420	351	485	20.5	5	225	292.5
10:10	202	185	136	241	18.9	1	0	0	14:30	506	522	376	588	20.3	8	310	868.5
10:15	203	195	144	258	18.9	1	0	0	14:35	243	247	185	282	20.7	4	194	176.8
10:20	203	199	150	251	19.2	1	0	0	14:40	387	389	289	467	21	4	173	119.8
10:25	183	174	133	226	19.1	1	0	0	14:45	371	386	274	457	20.5	4	161	93.8
10:30	207	207	144	249	19.1	1	0	0	14:50	317	313	221	351	20.3	3	151	75.5
10:35	242	219	155	265	19.3	1	0	0	14:55	292	280	201	332	19.6	5	214	246.7
10:40	214	216	150	266	19.2	1	0	0	15:00	263	260	183	291	19.4	3	131	46.6
10:45	251	221	170	304	19	1	0	0	15:05	323	321	216	365	19.2	8	306	831.0
10:50	255	244	180	326	19.5	2	80	8.7	15:10	151	223	152	249	19	5	202	202.8
10:55	330	309	226	381	19.2	1	0	0	15:15	211	210	139	242	19.2	4	191	166.2
11:00	332	328	238	429	19.5	1	0	0	15:20	241	241	156	284	18.7	5	198	187.8
11:05	238	230	178	311	20	1	0	0	15:25	245	245	157	289	18.7	3	134	50.3
11:10	206	192	142	258	20.1	1	0	0	15:30	240	237	165	283	19	3	137	53.7
11:15	271	269	191	347	20.3	1	0	0	15:35	240	238	162	298	18.5	5	214	247.9
11:20	169	166	120	216	20.8	1	0	0	15:40	387	382	275	483	17.1	4	161	93.6
11:25	219	235	169	317	21.3	1	0	0	15:45	269	301	227	379	17.8	3	124	38.4
11:30	268	297	220	393	20.8	1	0	0	15:50	247	280	224	347	17.6	3	134	50.4
11:35	236	280	200	357	21.5	3	140	58.4	15:55	233	282	235	346	17.4	3	135	51.5
11:40	262	336	238	424	20.3	2	63	3.9	16:00	182	226	210	271	17.6	3	125	39.3
11:45	254	316	228	384	20.8	3	143	62.7	16:05	194	255	193	289	17.6	3	135	51.2
11:50	244	319	225	394	20.8	3	139	57.0	16:10	190	245	187	282	17.6	4	169	110.6
11:55	250	319	207	390	20.8	3	141	59.8	16:15	130	150	119	188	17.9	3	136	52.9
12:00	260	343	237	408	21.2	3	136	52.9	16:20	114	133	103	165	17.9	4	171	114.5
12:05	343	453	327	562	21.3	2	83	9.9	16:25	112	132	94	164	17.6	4	177	128.5
12:10	399	437	320	517	21.1	4	159	89.9	16:30	95	111	89	134	17.5	4	180	137.8
12:15	429	468	337	556	21	3	129	44.2	16:35	115	125	98	164	17.5	3	154	80.7
12:20	398	439	313	534	21.5	3	117	31.7	16:40	95	118	95	153	17.6	5	209	226.9
12:25	361	408	284	493	21.8	3	148	70.5	16:45	127	159	126	204	17.6	3	154	79.8
12:30	339	387	284	458	22	3	132	47.8	16:50	106	142	110	172	17.6	4	169	109.5
12:35	341	413	294	477	21.8	6	245	390.6	16:55	98	122	94	148	17.6	4	159	90.3
12:40	329	420	301	477	21.4	4	185	150.4	17:00	92	117	89	141	17.6	4	194	175.8
12:45	407	453	333	487	21.8	3	135	51.6	17:05	87	110	83	134	17.6	3	134	50.1
12:50	337	429	323	489	21.4	3	135	51.6	17:10	120	153	107	185	17.6	3	122	36.7
12:55	797	811	593	978	22.1	4	159	89.9	17:15	107	138	102	167	17.4	4	181	140.2
13:00	402	484	320	572	22.3	6	237	348.9	17:20	93	120	86	145	17.6	2	96	16.2
13:05	516	645	466	793	22.1	7	275	578.2	17:25	84	108	69	131	17.2	3	136	52.4
13:10	516	613	463	808	22.5	9	337	1153.4	17:30	65	85	55	103	17	3	129	43.7
13:15	584	648	475	875	23.2	7	272	557.0	17:35	56	73	47	89	17	3	129	43.7

26 Setiembre 2019	SOLAR DATA					WIND DATA			26 Setiembre 2019	SOLAR DATA					WIND DATA		
	M1 (W)	M2 (W)	M3 (W)	IRRADIAN (W/m2)	T-AMB (°C)	V-WIND (m/s)	RPM	POT. ELECT. (W)		M1 (W)	M2 (W)	M3 (W)	IRRADIAN (W/m2)	T-AMB (°C)	V-WIND (m/s)	RPM	POT. ELECT. (W)
09:00	89	89	66	119	18.4	1	0	0	13:20	261	259	214	326	22.2	3	132	47.8
09:05	82	89	64	115	18	1	0	0	13:25	210	252	176	321	21.9	3	125	39.7
09:10	78	82	57	105	18.2	1	0	0	13:30	210	247	210	315	22.4	6	242	374.6
09:15	75	76	56	97	18.2	1	0	0	13:35	268	323	266	335	22.2	3	130	45.4
09:20	74	76	56	103	18.2	3	141	59.8	13:40	268	271	213	342	22.9	4	168	108.4
09:25	86	88	64	120	18.5	3	135	51.6	13:45	306	381	237	365	22.2	3	126	40.8
09:30	97	108	79	135	17.9	1	0	0	13:50	281	431	269	417	20.8	3	133	49.0
09:35	102	103	75	135	17.8	3	144	64.2	13:55	545	611	410	617	21.1	3	133	49.0
09:40	109	112	81	150	17.8	3	142	61.3	14:00	343	369	293	447	21.1	2	95	15.6
09:45	126	122	89	155	18.2	2	97	16.8	14:05	378	410	286	420	20.6	3	134	50.3
09:50	153	147	109	189	17.5	3	153	78.9	14:10	360	410	279	419	19.9	4	179	134.5
09:55	144	137	103	182	17.8	1	0	0	14:15	452	549	430	628	19.7	3	135	51.6
10:00	141	137	100	175	17.6	4	186	153.2	14:20	592	673	416	656	19.7	2	104	21.3
10:05	144	139	102	179	17.9	3	131	46.6	14:25	487	554	323	520	19.5	4	157	86.2
10:10	139	125	99	173	17.9	2	78	8.0	14:30	81	466	255	424	19.3	4	161	93.8
10:15	155	151	109	184	17.6	3	139	57.0	14:35	351	551	350	574	19.7	8	303	803.7
10:20	162	154	116	199	18.2	3	139	57.0	14:40	495	807	545	854	20	3	113	28.2
10:25	169	164	123	206	18.1	3	141	59.8	14:45	471	777	515	805	19.5	4	177	129.5
10:30	173	169	122	208	18.1	2	109	24.9	14:50	438	710	519	736	19.3	5	208	224.0
10:35	177	173	117	216	18.3	3	147	68.9	14:55	445	708	505	734	18.6	3	137	54.2
10:40	183	181	125	220	18.2	4	169	110.6	15:00	467	1743	470	705	18.4	4	170	112.9
10:45	168	167	117	198	18	2	107	23.4	15:05	553	635	475	722	18.2	3	132	47.8
10:50	155	152	108	182	18.5	2	88	12.1	15:10	465	592	461	684	19	2	80	8.7
10:55	161	160	109	185	18.2	1	0	0	15:15	520	603	465	678	19.2	4	166	104.1
11:00	168	164	116	196	18.5	1	0	0	15:20	502	591	464	669	18.7	5	219	266.8
11:05	184	180	127	207	19	1	0	0	15:25	437	574	469	653	18.7	5	218	262.7
11:10	190	189	138	223	19.1	2	85	10.7	15:30	423	663	504	719	19	6	247	401.5
11:15	205	201	141	240	19.3	1	0	0	15:35	352	640	490	702	18.5	3	132	47.8
11:20	228	227	154	269	19.8	3	132	47.8	15:40	296	464	376	529	17.1	4	177	129.5
11:25	226	222	158	262	20.3	3	116	30.8	15:45	283	439	360	510	17.8	2	87	11.6
11:30	212	215	152	257	19.8	4	195	179.9	15:50	315	488	400	563	17.6	4	165	102.0
11:35	216	221	159	258	20.5	4	192	170.7	15:55	293	463	376	523	17.4	3	146	67.3
11:40	251	269	194	305	19.3	4	187	156.0	16:00	260	444	354	488	17.6	6	249	412.6
11:45	307	318	225	365	19.8	3	138	55.6	16:05	282	445	358	497	17.6	3	142	61.3
11:50	291	307	221	356	19.8	4	158	88.0	16:10	257	410	329	456	17.4	5	223	283.7
11:55	309	337	240	392	19.8	4	186	153.2	16:15	251	399	319	445	17.6	4	186	153.2
12:00	270	324	231	383	20.2	3	118	32.7	16:20	243	385	308	425	17.9	2	94	15.1
12:05	320	348	242	409	20.3	4	157	86.2	16:25	215	363	289	412	17.6	6	257	459.4
12:10	317	333	231	383	20.1	3	151	75.5	16:30	254	426	310	450	17.5	4	193	173.7
12:15	336	335	236	395	20	5	220	271.0	16:35	145	245	175	249	17.5	4	161	93.8
12:20	331	334	233	382	20.5	3	154	80.7	16:40	164	275	197	287	17.2	3	136	52.9
12:25	253	312	229	362	20.8	4	162	95.8	16:45	154	258	183	270	17.6	3	139	57.0
12:30	273	311	220	355	21	4	186	153.2	16:50	144	237	168	250	17	3	146	67.3
12:35	290	322	229	357	20.8	4	187	156.0	16:55	125	227	157	237	17.6	7	286	660.6
12:40	290	317	235	370	20.4	3	142	61.3	17:00	114	176	122	197	17.4	5	207	220.3
12:45	279	319	226	356	20.8	3	117	31.7	17:05	98	149	110	179	17.6	3	144	64.4
12:50	245	290	197	316	20.4	4	168	108.4	17:10	88	133	98	160	17.6	3	140	58.2
12:55	195	285	205	306	21.1	3	135	51.6	17:15	82	122	90	149	17.2	3	113	28.1
13:00	207	257	207	309	21.3	3	128	43.1	17:20	69	100	76	127	17	2	92	14.1
13:05	246	238	238	303	21.1	3	131	46.6	17:25	67	94	73	122	17.2	2	109	24.9
13:10	258	239	216	307	21.5	3	129	44.2	17:30	59	84	61	111	16.8	2	103	20.3
13:15	309	251	238	319	22.2	4	180	137.1	17:35	52	74	57	100	16.8	3	119	33.8

2 Octubre 2019	SOLAR DATA					WIND DATA				2 Octubre 2019	SOLAR DATA					WIND DATA			
	M1 (W)	M2 (W)	M3 (W)	IRRADIAN (W/m2)	T-AMB (°C)	V-WIND (m/s)	RPM	POT. ELECT. (W)	M1 (W)		M2 (W)	M3 (W)	IRRADIAN (W/m2)	T-AMB (°C)	V-WIND (m/s)	RPM	POT. ELECT. (W)		
09:00	78	80	59	115	20.1	1	0	0	13:25	493	690	507	924	22	2	87	11.6		
09:05	88	90	66	126	20	1	0	0	13:30	472	705	526	948	21.8	5	201	198.4		
09:10	78	80	59	115	20	1	0	0	13:35	279	797	580	1008	21.4	3	143	63.2		
09:15	87	90	65	125	20.2	1	0	0	13:40	431	753	571	937	21.8	3	152	77.5		
09:20	68	70	52	101	20.2	1	0	0	13:45	253	554	484	819	21.4	3	126	41.3		
09:25	72	74	54	103	19.5	1	0	0	13:50	190	431	289	493	22.1	3	137	54.5		
09:30	83	85	62	120	19.9	3	0	0	13:55	262	558	417	706	22.3	3	126	40.3		
09:35	94	96	68	135	19.8	1	0	0	14:00	233	518	379	628	22.1	3	134	50.3		
09:40	137	142	101	198	19.8	2	0	0	14:05	294	546	392	616	22.5	4	180	136.0		
09:45	120	123	90	177	20.2	2	0	0	14:10	397	758	544	855	23.2	4	169	110.4		
09:50	179	184	134	256	19.5	2	0	0	14:15	334	631	455	647	22.3	3	145	65.8		
09:55	183	187	135	264	19.8	1	0	0	14:20	340	589	403	639	22.7	3	139	57.0		
10:00	182	186	132	262	19.6	2	0	0	14:25	324	556	371	611	22.9	4	171	115.2		
10:05	164	170	121	237	19.9	2	0	0	14:30	423	720	552	798	21.8	7	279	607.3		
10:10	170	173	126	239	19.9	3	0	0	14:35	317	714	547	775	22	8	307	840.3		
10:15	194	200	144	277	19.9	2	0	0	14:40	382	704	515	773	21.4	3	112	27.4		
10:20	164	167	126	230	20.2	2	0	0	14:45	236	463	361	513	21.8	4	173	119.8		
10:25	168	173	132	224	20.1	2	0	0	14:50	316	609	403	693	21.6	4	183	145.0		
10:30	167	162	130	242	20.1	2	0	0	14:55	363	658	419	690	21.4	5	216	254.6		
10:35	186	190	142	261	20.3	2	0	0	15:00	344	628	452	654	22.1	3	131	46.6		
10:40	183	187	140	269	20.2	3	0	0	15:05	223	329	444	629	21.4	6	253	435.6		
10:45	207	213	155	299	20	3	0	0	15:10	258	559	442	625	21.4	4	167	106.3		
10:50	211	217	162	307	19.5	3	0	0	15:15	309	588	444	612	21.6	5	217	258.6		
10:55	240	244	184	328	20.1	3	0	0	15:20	313	575	419	593	20.5	5	211	235.1		
11:00	235	243	183	344	20	3	0	0	15:25	298	550	398	511	21	5	215	250.6		
11:05	223	240	184	318	20	1	0	0	15:30	276	527	388	525	21.4	8	310	868.5		
11:10	219	219	168	324	21.1	4	0	0	15:35	283	518	375	510	20.7	5	198	189.5		
11:15	219	226	174	321	19.3	2	0	0	15:40	278	500	362	506	21.4	8	311	873.3		
11:20	243	250	193	357	19.8	4	0	0	15:45	267	485	347	489	20.5	6	256	452.8		
11:25	526	551	419	768	20.3	3	0	0	15:50	248	436	313	465	21	6	253	433.3		
11:30	515	533	403	725	19.8	3	0	0	15:55	282	442	333	502	20.7	3	144	64.1		
11:35	506	528	395	715	20.5	2	0	0	16:00	264	432	311	480	21	3	152	77.4		
11:40	521	540	394	719	19.3	4	0	0	16:05	240	416	297	439	21.2	3	156	83.4		
11:45	504	507	386	694	19.8	3	0	0	16:10	254	404	283	465	21.2	3	136	52.6		
11:50	537	556	397	729	19.8	5	0	0	16:15	242	382	262	440	20.9	5	206	215.0		
11:55	476	523	397	704	19.8	2	0	0	16:20	231	365	260	420	20.5	3	126	40.3		
12:00	515	534	384	699	20.2	4	0	0	16:25	218	342	243	392	20.5	4	189	161.8		
12:05	529	546	391	708	20.3	4	0	0	16:30	207	324	225	378	20.3	5	204	209.3		
12:10	437	450	326	585	20.3	5	0	0	16:35	200	310	219	360	19.6	4	167	106.0		
12:15	410	425	319	563	20.3	3	0	0	16:40	209	340	234	343	20.3	3	151	75.5		
12:20	388	402	307	541	20.1	2	0	0	16:45	198	339	226	326	19.8	3	139	57.0		
12:25	330	354	265	460	19.6	2	0	0	16:50	196	319	212	307	19.8	4	157	86.2		
12:30	408	500	380	637	20.5	3	0	0	16:55	181	296	198	287	19.8	3	132	47.8		
12:35	9	369	278	485	19.8	3	0	0	17:00	169	264	181	265	19.7	3	132	47.8		
12:40	257	381	280	483	20.9	3	0	0	17:05	151	266	166	243	19.6	3	132	47.8		
12:45	440	578	422	840	20.9	2	0	0	17:10	110	142	53	77	18.5	4	158	88.0		
12:50	373	386	307	594	21.6	3	0	0	17:15	100	132	49	72	18.5	3	134	50.3		
12:55	308	334	285	551	22.9	2	0	0	17:20	37	60	41	60	18.6	2	90	13.0		
13:00	553	709	631	1149	22.7	3	0	0	17:25	32	52	36	52	17.9	3	134	50.3		
13:05	298	325	308	551	22.1	3	0	0	17:30	30	49	33	49	17.9	3	128	43.1		
13:10	323	339	326	578	21	4	0	0	17:35	26	42	29	42	17.9	2	95	15.6		
13:15	453	473	484	862	22.5	3	0	0	17:40	22	35	24	35	17.4	3	133	49.0		
13:20	508	683	505	914	21.8	4	0	0											

3 Octubre 2019	SOLAR DATA					WIND DATA			3 Octubre 2019	SOLAR DATA					WIND DATA		
	M1 (W)	M2 (W)	M3 (W)	IRRADIAN (W/m2)	T-AMB (°C)	V-WIND (m/s)	RPM	POT. ELECT. (W)		M1 (W)	M2 (W)	M3 (W)	IRRADIAN (W/m2)	T-AMB (°C)	V-WIND (m/s)	RPM	POT. ELECT. (W)
09:00	94	102	74	138	19.1	2	0	0	13:20	446	807	607	914	22.2	3	154	80.7
09:05	97	106	75	136	19	1	0	0	13:25	469	775	622	924	22.9	3	118	32.7
09:10	98	96	67	125	19.4	1	0	0	13:30	540	841	627	948	23.4	3	124	38.7
09:15	92	90	64	114	19.2	0	0	0	13:35	501	874	569	1008	23.2	4	190	164.7
09:20	79	80	56	101	19.2	2	0	0	13:40	549	825	597	937	22.9	4	183	145.0
09:25	94	93	65	120	18.5	1	0	0	13:45	618	817	586	819	22.2	7	267	523.0
09:30	75	78	54	103	18.9	1	0	0	13:50	396	397	287	493	21.8	6	259	471.7
09:35	103	101	77	135	18.8	1	0	0	13:55	192	646	166	706	21.1	3	124	38.7
09:40	110	110	79	148	18.8	2	0	0	14:00	499	507	545	628	22.1	3	121	35.6
09:45	122	112	82	150	19.2	2	0	0	14:05	515	596	433	616	21.6	4	169	110.6
09:50	126	115	85	155	18.5	2	0	0	14:10	590	793	581	855	20.9	4	165	102.0
09:55	150	152	106	189	18.8	1	0	0	14:15	602	624	470	714	20.7	9	326	1030.4
10:00	164	161	111	195	18.6	2	0	0	14:20	256	380	302	459	20.7	6	258	465.5
10:05	149	151	102	180	18.9	2	0	0	14:25	482	508	369	510	20.5	5	222	279.4
10:10	150	149	101	179	18.9	3	0	0	14:30	541	558	402	629	20.3	3	125	39.7
10:15	140	147	100	179	18.9	2	0	0	14:35	518	566	394	601	20.7	7	274	571.1
10:20	155	153	105	192	19.2	4	0	0	14:40	531	534	396	641	21	3	134	50.3
10:25	163	154	108	200	19.1	3	0	0	14:45	363	378	268	447	20.5	7	264	503.3
10:30	173	173	120	208	19.1	4	0	0	14:50	379	374	265	420	20.3	3	126	40.8
10:35	192	188	133	210	19.3	3	0	0	14:55	319	306	220	363	19.6	5	211	235.1
10:40	177	179	125	220	19.2	3	0	0	15:00	317	314	221	351	19.4	4	189	161.8
10:45	186	164	126	226	19	3	0	0	15:05	271	269	181	306	19.2	5	220	271.0
10:50	233	223	165	298	19.5	2	0	0	15:10	200	296	202	330	19	4	169	110.6
10:55	166	156	114	192	20	3	0	0	15:15	261	259	171	299	19.2	4	169	110.6
11:00	139	137	100	180	20	3	0	0	15:20	188	188	122	222	18.7	4	167	106.3
11:05	158	152	108	206	20	4	0	0	15:25	187	172	120	220	18.7	4	166	104.3
11:10	165	154	114	207	21.1	3	0	0	15:30	169	167	116	199	19	3	143	63.3
11:15	190	188	134	243	21.3	3	0	0	15:35	127	126	86	158	18.5	4	192	169.5
11:20	568	555	401	725	21.8	4	0	0	15:40	118	116	84	147	17.1	10	347	1272.5
11:25	553	541	390	730	22.3	2	0	0	15:45	81	90	68	114	17.8	3	153	78.9
11:30	589	548	405	725	21.8	3	0	0	15:50	75	84	68	106	17.6	5	231	319.8
11:35	567	562	402	715	22.5	2	0	0	15:55	84	82	71	104	17.4	7	282	632.0
11:40	594	579	410	729	21.3	4	0	0	16:00	88	87	85	110	17.6	5	231	317.5
11:45	510	489	353	594	21.8	3	0	0	16:05	96	95	80	120	17.6	4	190	165.0
11:50	472	509	359	629	21.8	2	0	0	16:10	102	101	84	127	17.6	6	256	453.4
11:55	355	412	267	504	21.8	2	0	0	16:15	120	116	92	146	17.9	4	187	155.7
12:00	421	505	348	599	22.2	4	0	0	16:20	125	122	95	152	17.9	4	182	142.6
12:05	343	409	296	508	22.3	4	0	0	16:25	117	116	82	144	17.6	5	198	188.2
12:10	489	494	362	585	22.1	2	98	17.4	16:30	106	104	91	137	17.9	6	254	440.9
12:15	471	474	341	563	21	4	162	95.8	16:35	96	95	75	125	17.9	7	275	576.8
12:20	439	445	317	541	22.5	3	134	50.3	16:40	88	89	73	117	17.6	3	156	84.3
12:25	367	381	265	460	21.8	2	85	10.7	16:45	88	89	72	117	17.6	4	179	134.0
12:30	555	539	395	637	22	3	112	27.4	16:50	82	84	71	110	17.6	3	134	50.2
12:35	125	420	299	485	21.8	3	129	44.2	16:55	87	84	70	110	17.6	3	134	50.2
12:40	428	425	305	483	21.4	2	93	14.6	17:00	82	80	66	105	17.9	4	169	110.2
12:45	702	782	574	840	21.8	4	169	110.6	17:05	83	80	66	106	17.6	3	128	43.1
12:50	371	521	393	594	21.4	3	127	41.9	17:10	79	77	59	102	17.6	3	142	61.6
12:55	449	457	334	551	22.1	2	85	10.7	17:15	78	77	61	101	17.6	3	131	46.3
13:00	582	971	755	1149	22.3	3	129	44.2	17:20	57	56	44	74	17.6	3	133	48.5
13:05	431	484	351	551	22.1	6	232	324.5	17:25	44	43	30	57	17.2	3	116	30.5
13:10	407	741	558	578	22.5	3	122	36.6	17:30	36	36	25	47	17.2	5	220	271.8
13:15	406	751	553	862	23.2	3	121	35.6	17:35	31	30	21	40	17.2	3	127	41.9

9 Octubre 2019	SOLAR DATA					WIND DATA			9 Octubre 2019	SOLAR DATA					WIND DATA		
	M1 (W)	M2 (W)	M3 (W)	IRRADIAN (W/m2)	T-AMB (°C)	V-WIND (m/s)	RPM	POT. ELECT. (W)		M1 (W)	M2 (W)	M3 (W)	IRRADIAN (W/m2)	T-AMB (°C)	V-WIND (m/s)	RPM	POT. ELECT. (W)
09:00	80	81	61	107	18.5	2	0	0	13:20	145	202	118	180	22.2	3	154	80.7
09:05	104	104	77	124	19.2	1	0	0	13:25	144	142	121	221	22.9	3	118	32.7
09:10	86	90	63	115	19	1	0	0	13:30	151	178	152	227	23.4	3	124	38.7
09:15	81	82	61	105	19	2	0	0	13:35	145	175	144	181	23.2	4	190	164.7
09:20	76	71	53	97	19.2	1	0	0	13:40	151	153	120	193	22.9	4	183	145.0
09:25	74	75	55	103	18.5	2	0	0	13:45	113	141	88	135	22.2	7	267	523.0
09:30	94	96	70	120	18.9	3	0	0	13:50	57	87	66	84	21.8	6	259	471.7
09:35	102	103	75	135	18.8	1	0	0	13:55	113	127	104	128	21.1	3	124	38.7
09:40	106	108	78	145	18.8	2	0	0	14:00	70	76	74	92	22.1	3	121	35.6
09:45	122	118	86	150	19.2	2	0	0	14:05	263	285	242	292	23.6	4	169	110.6
09:50	126	121	90	155	18.5	2	0	0	14:10	235	267	222	273	23.9	4	165	102.0
09:55	149	142	106	189	18.8	2	0	0	14:15	388	471	379	540	24.7	9	326	1030.4
10:00	147	143	104	182	18.6	3	0	0	14:20	512	583	556	568	24.7	6	258	465.5
10:05	140	135	99	175	18.9	2	0	0	14:25	556	633	603	594	24.5	5	222	279.4
10:10	144	130	102	179	18.9	3	0	0	14:30	120	686	498	625	24.5	3	129	44.6
10:15	146	141	102	173	18.9	2	0	0	14:35	374	667	493	612	24.3	3	154	81.2
10:20	150	143	108	184	19.2	4	0	0	14:40	362	672	491	625	23.1	5	218	263.5
10:25	163	158	119	199	19.1	1	0	0	14:45	358	671	482	612	23.1	6	237	348.9
10:30	171	167	121	206	19.1	4	0	0	14:50	353	650	477	593	22.5	3	129	44.1
10:35	171	167	113	208	19.3	3	0	0	14:55	361	652	468	595	22.2	3	131	46.6
10:40	180	177	123	216	19.2	3	0	0	15:00	351	616	457	530	51.8	3	150	73.8
10:45	186	186	130	220	19	3	0	0	15:05	344	512	450	449	22	4	161	93.8
10:50	169	166	118	198	19.5	3	0	0	15:10	332	518	353	488	21.4	6	236	343.9
10:55	158	156	107	182	20	3	0	0	15:15	325	488	416	424	22.1	3	130	45.4
11:00	159	156	110	185	20.2	3	0	0	15:20	306	440	403	408	21.6	5	197	186.2
11:05	175	170	121	196	20	4	0	0	15:25	279	449	402	417	21.6	4	186	153.2
11:10	176	175	128	207	21.1	3	0	0	15:30	307	550	392	522	21.4	7	268	529.7
11:15	190	187	131	223	21.3	1	0	0	15:35	270	526	376	538	21.4	3	143	62.7
11:20	616	613	416	725	21.8	2	0	0	15:40	279	502	354	498	21.2	3	124	38.7
11:25	619	606	432	716	22.3	3	0	0	15:45	278	496	353	500	21.2	3	132	47.8
11:30	598	606	428	725	21.8	3	0	0	15:50	271	483	344	484	20.5	6	256	451.6
11:35	598	611	441	715	22.5	2	0	0	15:55	261	474	335	466	20.3	4	184	147.7
11:40	591	634	457	719	21.3	4	0	0	16:00	234	429	319	440	20.7	3	147	68.9
11:45	584	606	428	694	21.8	3	0	0	16:05	235	426	299	415	21	4	158	88.0
11:50	595	628	452	729	21.8	5	0	0	16:10	228	417	292	405	20	4	175	124.6
11:55	556	606	432	704	21.8	2	0	0	16:15	216	394	275	383	20.5	5	207	220.3
12:00	492	591	421	699	22.2	2	0	0	16:20	208	377	263	363	21	4	174	122.2
12:05	555	602	419	708	22.3	3	0	0	16:25	179	347	241	343	20.3	3	147	68.9
12:10	542	571	396	656	22.1	2	100	18.6	16:30	184	330	225	326	20.1	3	147	68.9
12:15	543	540	381	638	21	3	152	77.2	16:35	171	308	207	294	20.3	3	133	49.0
12:20	548	553	387	634	22.5	3	124	38.7	16:40	159	284	191	278	19.4	3	136	53.3
12:25	399	491	362	571	21.8	2	85	10.7	16:45	153	274	182	268	19.6	3	149	72.1
12:30	274	313	221	356	22	3	112	27.4	16:50	144	253	190	250	19.2	7	264	503.3
12:35	339	377	269	419	21.8	3	129	44.2	16:55	121	234	152	229	19	3	121	35.6
12:40	301	329	244	384	21.4	2	93	14.6	17:00	122	202	141	210	19.2	3	121	35.6
12:45	293	335	237	374	21.8	4	169	110.6	17:05	83	155	115	173	18.6	3	128	43.1
12:50	282	334	226	363	21.4	3	127	41.9	17:10	82	141	112	170	18.6	3	142	61.6
12:55	222	324	233	347	22.1	2	85	10.7	17:15	80	135	108	165	18.6	3	131	46.3
13:00	239	297	240	357	22.3	3	129	44.2	17:20	76	125	103	158	18.4	3	133	48.5
13:05	269	260	259	330	22.1	6	232	324.5	17:25	66	107	89	138	17	3	116	30.5
13:10	85	99	71	101	22.5	3	122	36.6	17:30	55	90	73	118	17.2	5	220	271.8
13:15	136	147	105	141	23.2	3	121	35.6	17:35	52	84	70	113	17	3	127	41.9

10 Octubre 2019	SOLAR DATA					WIND DATA				10 Octubre 2019	SOLAR DATA					WIND DATA			
	M1 (W)	M2 (W)	M3 (W)	IRRADIAN (W/m2)	T-AMB (°C)	V-WIND (m/s)	RPM	POT. ELECT. (W)	M1 (W)		M2 (W)	M3 (W)	IRRADIAN (W/m2)	T-AMB (°C)	V-WIND (m/s)	RPM	POT. ELECT. (W)		
09:00	347	368	260	473	22.1	1	0	0	13:20	225	785	583	830	23.1	3	146	67.3		
09:05	309	330	229	425	22	1	0	0	13:25	351	719	584	579	23.4	3	136	52.9		
09:10	188	216	154	345	22	1	0	0	13:30	421	772	582	832	23.6	4	183	145.0		
09:15	236	192	139	313	22.2	0	0	0	13:35	406	729	576	876	22.9	4	193	173.7		
09:20	308	313	230	385	22.2	1	0	0	13:40	350	781	566	816	22.7	3	150	73.8		
09:25	354	359	271	472	22.5	1	0	0	13:45	402	768	566	845	22.9	3	144	64.2		
09:30	311	311	230	370	21.9	3	0	0	13:50	398	750	555	831	23.4	3	148	70.5		
09:35	338	325	249	385	21.8	1	0	0	13:55	337	760	542	818	22.2	3	137	54.2		
09:40	423	431	321	550	21.8	2	0	0	14:00	388	746	532	814	22.7	3	153	78.9		
09:45	398	369	245	553	22.2	2	0	0	14:05	393	730	537	800	23.2	3	116	30.8		
09:50	342	351	256	587	21.5	2	0	0	14:10	413	749	538	797	23.8	3	138	55.6		
09:55	436	444	324	606	21.8	1	0	0	14:15	406	712	531	781	22.5	3	139	57.0		
10:00	425	514	311	619	21.6	5	0	0	14:20	372	700	522	784	23.4	4	157	86.2		
10:05	455	465	338	625	21.9	2	0	0	14:25	394	717	513	780	23.4	4	191	167.7		
10:10	447	495	240	638	21.9	3	0	0	14:30	121	758	518	760	22.5	3	125	39.7		
10:15	348	359	259	644	21.9	2	0	0	14:35	486	674	483	752	23.6	4	157	86.2		
10:20	479	489	368	658	22.2	4	0	0	14:40	456	596	419	760	22.9	5	228	305.9		
10:25	507	522	400	656	22.1	4	0	0	14:45	390	505	392	740	22.2	4	187	156.0		
10:30	483	521	378	761	22.1	4	0	0	14:50	404	647	461	756	22	4	187	156.0		
10:35	496	508	380	776	23.3	4	0	0	14:55	310	596	421	725	21.6	4	171	115.2		
10:40	485	599	371	790	23.2	3	0	0	15:00	312	591	418	704	22	5	197	186.2		
10:45	478	592	318	789	23	3	0	0	15:05	315	612	462	706	22.3	4	161	93.8		
10:50	496	560	340	797	22.5	2	0	0	15:10	317	595	421	680	21.8	4	170	112.9		
10:55	524	640	444	798	23	3	0	0	15:15	314	582	413	657	22.1	5	206	216.7		
11:00	493	509	384	805	23	3	0	0	15:20	269	558	408	560	22.1	4	159	89.9		
11:05	541	580	446	815	23	4	0	0	15:25	231	539	393	568	21.6	3	153	78.9		
11:10	456	455	349	821	23.1	2	0	0	15:30	298	544	386	553	21.4	4	191	168.0		
11:15	477	492	378	822	22.3	1	0	0	15:35	250	502	368	524	21.8	3	148	70.5		
11:20	458	634	364	828	22.8	3	0	0	15:40	273	499	362	516	21.2	4	161	93.8		
11:25	419	657	334	832	22.3	3	0	0	15:45	276	495	349	494	21.2	3	147	68.9		
11:30	422	711	330	836	22.8	3	0	0	15:50	263	475	334	473	21.2	3	152	77.2		
11:35	502	632	516	869	23.5	2	0	0	15:55	240	458	328	459	21.2	3	146	67.3		
11:40	484	719	531	845	22.3	4	0	0	16:00	227	434	311	437	21.2	3	154	80.7		
11:45	492	719	501	860	22.8	3	0	0	16:05	220	419	295	414	20.5	5	220	271.0		
11:50	487	729	533	876	22.8	3	0	0	16:10	218	382	283	399	20.1	5	213	242.8		
11:55	508	741	556	897	22.8	2	0	0	16:15	214	391	270	377	20.1	3	129	44.2		
12:00	556	811	598	955	22.3	2	82	9.5	16:20	193	337	252	451	20.3	3	116	30.8		
12:05	461	782	591	950	21.7	4	164	99.9	16:25	188	342	238	336	20.1	3	149	72.1		
12:10	417	799	600	962	24.2	2	96	16.2	16:30	157	317	226	316	20.3	3	144	64.2		
12:15	484	806	603	961	24.9	4	164	99.9	16:35	165	297	101	288	19.8	2	88	12.1		
12:20	447	806	601	959	24.7	3	123	37.6	16:40	156	279	187	274	20.1	4	185	150.4		
12:25	286	801	504	959	24.2	3	145	65.8	16:45	144	258	173	256	19.6	3	141	59.8		
12:30	176	656	597	918	23.8	2	86	11.2	16:50	125	238	159	236	19.6	4	174	122.2		
12:35	334	824	601	950	24.2	3	136	52.9	16:55	125	221	144	217	19.2	3	143	62.7		
12:40	334	824	601	950	24.2	3	136	52.9	17:00	113	187	130	198	19.2	4	196	183.0		
12:45	318	771	599	943	24.7	4	173	119.8	17:05	101	156	114	177	19	4	173	119.8		
12:50	374	715	595	929	24.7	3	124	38.7	17:10	91	143	101	158	18.7	4	187	156.0		
12:55	306	643	593	932	25.2	4	165	102.0	17:15	81	124	88	140	18.5	4	172	117.5		
13:00	279	795	594	926	23.6	3	132	47.8	17:20	69	111	74	119	18.5	3	132	47.8		
13:05	268	794	591	909	23.8	4	170	112.9	17:25	60	98	65	105	18.5	3	132	47.8		
13:10	368	803	592	924	23.6	3	141	59.8	17:30	52	83	54	89	18.3	4	162	95.8		
13:15	286	750	593	910	23.8	3	148	70.5	17:35	22	37	24	40	18.2	4	162	95.8		

14 Octubre 2019	SOLAR DATA					WIND DATA				14 Octubre 2019	SOLAR DATA					WIND DATA			
	M1 (W)	M2 (W)	M3 (W)	IRRADIAN (W/m2)	T-AMB (°C)	V-WIND (m/s)	RPM	POT. ELECT. (W)	M1 (W)		M2 (W)	M3 (W)	IRRADIAN (W/m2)	T-AMB (°C)	V-WIND (m/s)	RPM	POT. ELECT. (W)		
09:00	430	469	326	674	22.1	1	0	0	13:20	280	595	421	758	24	5	217	258.6		
09:05	386	418	287	591	21	1	0	0	13:25	286	582	413	763	23.6	5	201	199.4		
09:10	236	240	190	365	21	1	0	0	13:30	318	558	408	701	22.7	4	158	88.0		
09:15	242	239	174	356	20.2	0	0	0	13:35	326	539	393	738	23.4	6	242	374.6		
09:20	340	345	254	485	21.2	1	0	0	13:40	384	544	386	783	24.1	5	212	238.9		
09:25	393	398	300	592	20.5	1	0	0	13:45	387	502	368	408	24.1	2	105	22.0		
09:30	482	482	359	654	19.9	3	0	0	13:50	302	420	350	845	23.4	5	205	213.2		
09:35	521	508	386	698	20.8	1	0	0	13:55	362	420	350	831	23.6	4	162	95.8		
09:40	557	604	428	770	21.2	6	254	441.5	14:00	239	420	350	818	23.6	3	142	61.3		
09:45	611	591	432	773	21.2	7	267	523.0	14:05	220	420	350	814	23.4	8	294	725.5		
09:50	624	598	444	787	21.2	7	268	529.7	14:10	353	420	350	800	23.6	4	161	93.8		
09:55	641	609	456	806	21.4	4	193	173.7	14:15	215	420	350	797	22.9	4	176	127.0		
10:00	660	642	469	819	22.3	4	181	139.7	14:20	397	420	350	781	22.9	4	191	167.7		
10:05	669	646	473	825	21.1	4	191	167.7	14:25	266	420	350	784	23.2	2	87	11.6		
10:10	681	615	483	838	22.5	3	149	72.1	14:30	290	420	350	780	23.9	2	87	11.6		
10:15	697	665	491	844	22.3	3	120	34.6	14:35	255	420	350	760	22.9	7	270	543.3		
10:20	708	678	497	848	22.5	3	136	52.9	14:40	403	420	350	792	23.6	4	175	124.6		
10:25	730	680	502	856	23	4	174	122.2	14:45	311	420	350	790	23.6	3	132	47.8		
10:30	736	677	507	861	23	3	126	40.8	14:50	355	420	350	790	24.1	3	132	47.8		
10:35	743	655	516	876	23.2	3	125	39.7	14:55	375	420	350	456	23.4	3	145	65.8		
10:40	747	718	529	890	23.2	3	118	32.7	15:00	363	420	350	425	22.9	5	220	271.0		
10:45	766	723	530	889	23.4	4	166	104.1	15:05	406	420	350	507	21.8	3	135	51.6		
10:50	688	750	536	897	23	3	118	32.7	15:10	380	420	350	467	21.6	4	176	127.0		
10:55	699	753	541	698	22.7	3	121	35.6	15:15	300	420	350	417	22.1	7	265	509.8		
11:00	769	725	546	905	22.7	5	197	186.2	15:20	301	420	298	352	22.2	5	221	275.2		
11:05	802	775	557	915	23.4	4	186	153.2	15:25	363	420	350	452	21.4	3	126	40.8		
11:10	786	784	565	921	23.2	4	164	99.9	15:30	315	420	315	357	20.7	7	282	629.7		
11:15	729	786	568	922	23.4	5	227	301.4	15:35	344	420	350	396	21	4	183	145.0		
11:20	692	790	568	928	23	3	122	36.6	15:40	306	420	283	340	20.7	4	160	91.9		
11:25	766	771	569	932	23.6	3	133	49.0	15:45	282	320	254	325	20.8	3	133	49.0		
11:30	740	760	560	936	23.9	5	211	235.1	15:50	261	320	203	285	20.3	3	146	67.3		
11:35	694	760	560	939	23.6	3	149	72.1	15:55	253	320	183	273	19.8	6	235	339.0		
11:40	643	760	560	940	22.9	5	209	227.6	16:00	242	320	181	270	20.3	3	133	49.0		
11:45	801	856	560	943	23.2	8	292	708.8	16:05	241	259	171	259	19.2	4	169	110.6		
11:50	693	760	560	945	23.2	4	166	104.1	16:10	188	220	144	222	18.7	4	167	106.3		
11:55	685	760	560	943	23.1	5	215	250.6	16:15	187	215	144	220	18.7	4	166	104.3		
12:00	581	660	560	945	23.6	9	319	957.2	16:20	169	180	121	199	19	3	143	63.3		
12:05	587	660	560	944	22.9	4	175	124.6	16:25	127	136	96	158	18.5	4	192	169.5		
12:10	522	660	560	944	23.9	3	131	46.6	16:30	118	126	86	147	17.1	10	347	1272.5		
12:15	527	660	560	943	24.6	5	210	231.4	16:35	81	97	66	114	17.8	3	153	78.9		
12:20	267	760	560	938	23.8	7	271	550.1	16:40	75	88	61	106	17.6	5	231	319.8		
12:25	448	760	560	940	22.6	5	225	293.3	16:45	74	85	60	104	17.4	7	282	632.0		
12:30	448	760	560	940	22.2	6	231	320.3	16:50	93	88	63	110	17.6	5	231	317.5		
12:35	448	760	560	940	22	5	210	232.9	16:55	99	96	79	120	17.6	4	190	165.0		
12:40	352	591	418	931	22	5	230	317.0	17:00	102	101	70	127	17.6	6	256	453.4		
12:45	322	612	462	927	22.8	5	202	202.1	17:05	120	116	89	146	17.9	4	187	155.7		
12:50	232	595	421	922	23.4	6	262	490.5	17:10	125	122	85	152	17.9	4	182	142.6		
12:55	283	582	413	919	23.6	4	161	93.8	17:15	117	116	79	144	17.6	5	198	188.2		
13:00	308	558	408	915	23.8	7	289	684.4	17:20	106	104	73	137	17.9	6	254	440.9		
13:05	319	539	393	942	24.5	3	137	54.2	17:25	96	94	66	125	17.9	7	275	576.8		
13:10	324	591	418	842	23.6	6	234	334.1	17:30	88	87	60	117	17.6	3	156	84.3		
13:15	272	612	462	616	24.1	7	269	536.5	17:35	88	87	60	117	17.6	4	179	134.0		

17 Octubre 2019	SOLAR DATA					WIND DATA				17 Octubre 2019	SOLAR DATA					WIND DATA			
	M1 (W)	M2 (W)	M3 (W)	IRRADIAN (W/m2)	T-AMB (°C)	V-WIND (m/s)	RPM	POT. ELECT. (W)	M1 (W)		M2 (W)	M3 (W)	IRRADIAN (W/m2)	T-AMB (°C)	V-WIND (m/s)	RPM	POT. ELECT. (W)		
09:00	343	337	260	526	21	1	0	0	13:20	479	474	392	598	25	5	217	258.6		
09:05	385	362	229	581	21	1	0	0	13:25	679	874	570	1037	25.7	3	121	35.6		
09:10	234	216	154	355	21	1	0	0	13:30	569	670	570	853	24.3	5	217	258.6		
09:15	240	192	139	343	21.2	0	0	0	13:35	473	570	470	590	23.6	3	143	62.7		
09:20	308	313	230	465	21.2	1	0	0	13:40	349	470	370	594	22.5	3	133	49.0		
09:25	354	359	271	569	20.5	1	0	0	13:45	328	670	370	571	21.8	5	211	235.1		
09:30	311	311	230	465	20.9	3	0	0	13:50	349	467	334	517	21.2	4	189	161.8		
09:35	338	325	249	475	20.8	1	0	0	13:55	424	413	390	480	21.4	4	178	132.0		
09:40	557	604	428	760	21.2	6	254	441.5	14:00	502	540	525	654	21.2	6	259	471.7		
09:45	611	591	432	753	21.2	7	267	523.0	14:05	488	494	450	543	21.4	5	197	186.2		
09:50	624	598	444	767	21.2	7	268	529.7	14:10	518	590	490	603	21.9	5	198	189.5		
09:55	641	609	456	810	21.4	4	193	173.7	14:15	420	510	410	584	22.3	6	233	329.3		
10:00	660	642	469	819	22.3	4	181	139.7	14:20	369	420	300	409	21.4	6	257	459.4		
10:05	669	646	473	835	21.1	4	191	167.7	14:25	317	343	265	394	21.4	6	251	424.0		
10:10	681	615	483	848	22.5	3	149	72.1	14:30	312	380	228	381	21.4	5	220	271.0		
10:15	730	708	511	866	22.6	3	123	37.6	14:35	297	286	219	363	21.9	6	241	369.3		
10:20	765	725	547	936	24.1	3	123	37.6	14:40	261	290	260	302	21.2	6	256	453.4		
10:25	606	587	440	738	24.3	3	127	41.9	14:45	237	226	156	254	21	3	139	57.0		
10:30	573	560	405	691	24.5	4	175	124.6	14:50	167	172	120	180	22.2	6	256	453.4		
10:35	474	463	314	578	23.1	2	98	17.4	14:55	161	180	117	180	20.3	5	205	213.2		
10:40	533	525	363	638	23.6	3	153	78.9	15:00	133	160	104	156	19.9	3	151	75.5		
10:45	681	678	476	802	22.9	3	137	54.2	15:05	118	116	101	147	18.1	10	347	1272.5		
10:50	704	691	491	824	22.9	3	139	57.0	15:10	81	103	85	114	18.8	3	153	78.9		
10:55	596	590	403	685	23.4	3	140	58.4	15:15	76	107	79	106	18.6	5	231	319.8		
11:00	498	487	345	580	22.7	3	149	72.1	15:20	89	104	78	104	18.4	7	282	632.0		
11:05	704	686	487	789	23	5	211	235.1	15:25	88	102	85	110	18.6	5	231	317.5		
11:10	750	745	544	879	23.2	3	119	33.6	15:30	106	118	103	120	18.6	4	190	165.0		
11:15	463	454	318	542	23.9	4	163	97.9	15:35	102	110	100	127	18.6	6	256	453.4		
11:20	434	432	293	511	23.2	2	105	22.0	15:40	120	116	122	146	18.9	4	187	155.7		
11:25	566	554	395	655	22.9	3	139	57.0	15:45	125	122	119	152	18.9	4	182	142.6		
11:30	626	635	448	759	23.4	3	120	34.6	15:50	117	116	103	144	18.6	5	198	188.2		
11:35	722	738	533	864	23.6	3	116	30.8	15:55	106	122	92	137	18.9	6	254	440.9		
11:40	714	765	552	868	23.4	6	241	369.3	16:00	96	113	84	125	18.9	7	275	576.8		
11:45	661	686	485	786	23.6	3	126	40.8	16:05	88	101	77	117	18.6	3	156	84.3		
11:50	765	807	581	937	23.6	3	141	59.8	16:10	88	100	76	117	18.6	4	179	134.0		
11:55	695	758	540	880	23.4	3	148	70.5	16:15	82	93	72	110	18.6	3	134	50.2		
12:00	511	613	437	725	24.1	3	125	39.7	16:20	87	91	67	110	18.6	3	134	50.2		
12:05	466	506	352	595	23.4	5	197	186.2	16:25	82	85	64	105	18.9	4	169	110.2		
12:10	438	461	320	530	22.3	3	139	57.0	16:30	83	85	62	106	18.6	3	128	43.1		
12:15	382	380	268	449	22.7	3	137	54.2	16:35	80	82	59	102	18.6	3	142	61.6		
12:20	422	426	298	488	22.1	3	134	50.3	16:40	79	81	58	101	18.6	3	131	46.3		
12:25	508	625	460	726	21.8	3	148	70.5	16:45	72	75	54	94	18.6	3	133	48.5		
12:30	471	537	380	612	23	5	203	206.2	16:50	66	70	50	87	18.2	3	116	30.5		
12:35	466	518	369	575	22.3	2	99	18.0	16:55	57	62	51	77	18.2	5	220	271.8		
12:40	454	496	368	580	22.5	3	129	44.2	17:00	44	46	33	60	18.2	3	127	41.9		
12:45	490	559	396	624	22.8	3	121	35.6	17:05	39	41	33	54	18.6	3	133	48.5		
12:50	473	560	380	610	23	4	163	97.9	17:10	40	43	32	57	18.2	3	116	30.5		
12:55	462	675	485	724	23	2	85	10.7	17:15	38	41	30	55	18.2	5	220	271.8		
13:00	483	600	484	721	23.2	3	116	30.8	17:20	34	37	27	50	18.2	3	127	41.9		
13:05	339	355	286	416	23	3	146	67.3	17:25	32	35	25	48	17.5	3	132	47.8		
13:10	353	381	274	419	24.1	4	177	129.5	17:30	29	32	23	44	17.3	4	162	95.8		
13:15	522	494	348	539	24.1	3	121	35.6	17:35	26	29	20	40	17.2	3	127	41.9		

21 Octubre 2019	SOLAR DATA					WIND DATA				21 Octubre 2019	SOLAR DATA					WIND DATA			
	M1 (W)	M2 (W)	M3 (W)	IRRADIAN (W/m2)	T-AMB (°C)	V-WIND (m/s)	RPM	POT. ELECT. (W)	M1 (W)		M2 (W)	M3 (W)	IRRADIAN (W/m2)	T-AMB (°C)	V-WIND (m/s)	RPM	POT. ELECT. (W)		
09:00	462	513	359	673	22	1	0	0	13:20	604	886	714	1047	24.1	3	135	51.6		
09:05	532	525	396	681	21.5	1	0	0	13:25	408	838	631	953	23.4	4	169	110.6		
09:10	506	534	393	694	21	1	0	0	13:30	448	725	621	895	23.2	3	146	67.3		
09:15	517	514	381	703	21.2	0	0	0	13:35	417	794	323	502	22.5	3	136	52.9		
09:20	587	592	439	709	21.2	1	0	0	13:40	418	706	580	881	23.2	3	120	34.6		
09:25	587	592	446	713	20.5	1	0	0	13:45	396	795	583	891	23.2	3	116	30.8		
09:30	499	545	406	717	20.9	3	0	0	13:50	392	797	582	891	24.1	3	121	35.6		
09:35	527	562	391	724	20.8	1	0	0	13:55	330	791	546	861	23.9	4	184	147.7		
09:40	557	604	428	729	21.2	6	254	441.5	14:00	344	772	554	853	24.3	3	146	67.3		
09:45	611	591	432	736	21.2	7	267	523.0	14:05	371	365	491	813	23.4	3	152	77.2		
09:50	624	598	444	745	21.2	7	268	529.7	14:10	325	358	487	808	23.2	4	169	110.6		
09:55	641	609	456	749	21.4	4	193	173.7	14:15	370	521	489	803	24.3	3	135	51.6		
10:00	561	593	469	754	22.3	4	181	139.7	14:20	302	568	481	791	23.8	3	136	52.9		
10:05	669	646	473	758	21.1	4	191	167.7	14:25	371	530	437	775	23.6	7	289	684.4		
10:10	611	615	483	762	22.5	3	149	72.1	14:30	381	532	422	760	25	3	156	84.3		
10:15	580	608	436	767	22.6	3	123	37.6	14:35	369	518	455	741	23.6	6	255	447.4		
10:20	563	574	429	772	22.1	3	123	37.6	14:40	346	520	452	728	23.4	4	177	129.5		
10:25	606	587	440	775	22.3	3	127	41.9	14:45	418	615	464	780	23.9	4	177	129.5		
10:30	573	560	405	779	22.5	4	175	124.6	14:50	365	558	420	694	22.5	6	233	329.3		
10:35	474	463	314	783	22.1	2	98	17.4	14:55	378	536	423	680	22.5	7	269	536.5		
10:40	533	525	363	788	22.6	3	153	78.9	15:00	383	534	411	660	22.3	3	143	62.7		
10:45	681	678	476	791	21.9	3	137	54.2	15:05	406	420	350	628	21.8	3	135	51.6		
10:50	704	691	491	795	21.9	3	139	57.0	15:10	380	420	350	602	21.6	4	176	127.0		
10:55	596	642	442	799	21.4	3	140	58.4	15:15	300	420	350	583	22.1	7	265	509.8		
11:00	427	452	345	542	22.7	3	149	72.1	15:20	301	420	350	569	22.2	5	221	275.2		
11:05	446	465	349	563	21	5	211	235.1	15:25	363	420	350	556	21.4	3	126	40.8		
11:10	477	484	339	596	21.2	3	119	33.6	15:30	315	420	350	557	20.7	7	282	629.7		
11:15	463	494	348	619	21.9	4	163	97.9	15:35	344	420	350	533	21	4	183	145.0		
11:20	471	506	349	565	21.2	2	105	22.0	15:40	306	420	350	517	20.7	4	160	91.9		
11:25	494	482	341	552	20.9	3	139	57.0	15:45	282	320	350	502	20.8	3	133	49.0		
11:30	434	428	291	480	20.3	3	126	40.8	15:50	253	320	350	466	20.3	3	146	67.3		
11:35	419	406	275	467	20.3	3	120	34.6	15:55	242	320	350	444	19.8	6	235	339.0		
11:40	415	418	278	469	20.3	2	106	22.7	16:00	241	320	244	432	20.3	3	133	49.0		
11:45	472	467	322	520	20.6	3	149	72.1	16:05	220	338	254	412	20.5	5	220	271.0		
11:50	422	437	301	491	20.6	3	156	84.3	16:10	218	303	224	400	20.1	5	213	242.8		
11:55	446	435	304	495	20.5	4	157	86.2	16:15	214	293	215	375	20.1	3	129	44.2		
12:00	465	459	316	511	21.7	3	149	72.1	16:20	193	266	199	359	20.3	3	116	30.8		
12:05	466	475	331	534	21	4	173	119.8	16:25	188	239	176	316	20.1	3	149	72.1		
12:10	492	470	333	541	20.5	5	197	186.2	16:30	157	220	167	298	20.3	3	144	64.2		
12:15	482	486	336	544	20.8	3	127	41.9	16:35	165	221	101	290	19.8	2	88	12.1		
12:20	496	488	338	548	20.3	3	125	39.7	16:40	156	242	173	285	20.1	4	185	150.4		
12:25	508	502	347	564	21.2	4	188	158.9	16:45	144	205	147	269	19.6	3	141	59.8		
12:30	483	470	328	537	21	3	119	33.6	16:50	125	202	159	272	19.6	4	174	122.2		
12:35	500	522	361	582	21.2	3	150	73.8	16:55	125	204	144	253	19.2	3	143	62.7		
12:40	573	569	397	634	22.1	3	134	50.3	17:00	113	187	130	224	19.2	4	196	183.0		
12:45	534	528	376	610	21.4	3	139	57.0	17:05	101	144	114	181	19	4	173	119.8		
12:50	540	551	382	612	21.2	4	157	86.2	17:10	91	115	85	141	18.7	4	167	106.3		
12:55	533	538	375	602	21.9	4	193	173.7	17:15	81	107	74	127	18.5	4	172	117.5		
13:00	623	643	453	708	22.8	3	145	65.8	17:20	74	96	65	116	18.5	3	132	47.8		
13:05	523	518	355	578	22.8	3	147	68.9	17:25	65	85	56	103	18.5	3	122	36.6		
13:10	649	730	523	788	22.5	4	178	132.0	17:30	60	78	51	97	18.3	4	162	95.8		
13:15	477	664	474	677	22.3	3	136	52.9	17:35	53	69	44	87	17.2	3	130	45.4		

22 Octubre 2019	SOLAR DATA					WIND DATA				22 Octubre 2019	SOLAR DATA					WIND DATA			
	M1 (W)	M2 (W)	M3 (W)	IRRADIAN (W/m2)	T-AMB (°C)	V-WIND (m/s)	RPM	POT. ELECT. (W)	M1 (W)		M2 (W)	M3 (W)	IRRADIAN (W/m2)	T-AMB (°C)	V-WIND (m/s)	RPM	POT. ELECT. (W)		
09:00	549	585	411	821	23.3	1	0	0	13:20	253	882	655	932	22.1	3	135	51.6		
09:05	555	593	490	834	23.1	1	0	0	13:25	559	844	546	923	21.6	4	169	110.6		
09:10	569	582	451	842	23	1	0	0	13:30	462	847	638	913	21.6	3	146	67.3		
09:15	644	524	379	855	23.2	1	0	0	13:35	411	738	583	887	21.6	3	136	52.9		
09:20	689	700	514	861	23.2	1	0	0	13:40	377	842	610	880	22.3	3	120	34.6		
09:25	653	662	500	870	23.5	1	0	0	13:45	417	796	587	876	21.9	3	116	30.8		
09:30	735	735	543	874	22.9	3	0	0	13:50	417	785	581	870	21.4	3	121	35.6		
09:35	774	744	570	881	22.8	1	0	0	13:55	353	796	568	857	21	4	184	147.7		
09:40	683	696	519	889	22.2	6	250	418.3	14:00	402	772	551	843	21.2	3	146	67.3		
09:45	649	603	400	902	22.2	7	256	453.4	14:05	410	762	561	835	21.4	3	152	77.2		
09:50	531	545	397	911	22.2	7	268	529.7	14:10	427	720	556	824	21.7	4	169	110.6		
09:55	661	673	491	918	22.4	4	173	119.8	14:15	418	680	507	804	21.4	3	135	51.6		
10:00	635	769	466	927	22.6	4	181	139.7	14:20	377	658	490	795	21.9	3	136	52.9		
10:05	681	696	506	937	22.6	4	191	167.7	14:25	395	667	476	782	22.2	7	289	684.4		
10:10	667	738	358	951	22.3	3	149	72.1	14:30	371	612	483	764	22.4	3	156	84.3		
10:15	512	528	381	947	22.3	3	123	37.6	14:35	391	631	450	759	22.7	6	255	447.4		
10:20	508	519	390	698	22.1	3	123	37.6	14:40	354	592	416	755	22.2	4	177	129.5		
10:25	624	643	492	807	22.5	3	127	41.9	14:45	270	531	402	691	22.1	9	323	998.6		
10:30	491	530	384	774	22.3	4	175	124.6	14:50	305	523	373	676	22.1	6	242	374.6		
10:35	480	491	367	750	22.4	2	98	17.4	14:55	295	452	353	600	22.3	5	202	202.8		
10:40	537	663	411	874	21.9	3	153	78.9	15:00	234	484	395	643	21.4	4	175	124.6		
10:45	660	818	439	1090	21.9	3	137	54.2	15:05	233	441	393	630	21.6	6	238	353.9		
10:50	461	520	316	740	22	3	139	57.0	15:10	216	430	390	613	21.4	5	198	189.5		
10:55	378	461	320	575	22.1	3	140	58.4	15:15	297	428	300	598	21.4	6	236	343.9		
11:00	332	343	259	542	22.5	3	149	72.1	15:20	263	426	310	580	22.1	4	191	168.3		
11:05	374	401	308	563	21.6	5	211	235.1	15:25	288	376	327	556	21.6	4	177	130.0		
11:10	331	330	253	596	22.3	3	119	33.6	15:30	230	376	300	545	21.9	5	207	220.3		
11:15	359	370	285	619	22.8	4	163	97.9	15:35	283	375	300	530	21.9	4	194	176.8		
11:20	313	433	262	565	22.1	2	105	22.0	15:40	220	366	270	508	21.4	4	180	137.1		
11:25	269	435	243	552	22.5	3	139	57.0	15:45	263	363	270	485	21.4	6	249	412.6		
11:30	315	531	339	625	22.8	3	126	40.8	15:50	201	331	270	468	21.4	5	206	216.7		
11:35	338	426	348	585	22.3	3	120	34.6	15:55	125	326	248	446	21.2	5	217	258.6		
11:40	335	497	367	585	23	2	106	22.7	16:00	200	284	238	398	20.2	6	249	412.6		
11:45	452	660	461	790	22.8	3	149	72.1	16:05	201	283	237	393	20.3	5	199	192.7		
11:50	383	574	420	690	23.2	3	156	84.3	16:10	210	281	217	387	20.3	3	155	82.5		
11:55	339	495	372	599	23	4	157	86.2	16:15	187	264	200	366	20.3	3	135	51.7		
12:00	571	832	614	980	22.8	3	149	72.1	16:20	192	240	200	347	20.1	3	140	58.4		
12:05	286	486	367	590	23	4	173	119.8	16:25	177	221	180	317	20.6	3	146	67.3		
12:10	293	561	421	675	23	5	197	186.2	16:30	164	200	180	304	20.1	3	145	65.8		
12:15	440	732	548	873	23.4	3	127	41.9	16:35	152	190	170	287	20.6	6	262	490.5		
12:20	514	926	691	1102	23.1	3	125	39.7	16:40	144	259	176	266	20.1	4	181	139.7		
12:25	316	884	556	1058	22.8	4	188	158.9	16:45	121	196	150	223	19.6	6	238	353.9		
12:30	193	720	656	1008	23	3	119	33.6	16:50	116	198	153	210	19.4	6	240	364.1		
12:35	335	827	603	953	22.5	3	150	73.8	16:55	122	205	139	211	19.2	6	245	390.6		
12:40	357	880	642	1015	22.1	3	134	50.3	17:00	107	179	125	191	19.2	4	185	150.4		
12:45	308	746	580	912	23.5	3	139	57.0	17:05	104	160	108	173	19	5	211	235.1		
12:50	336	642	534	835	22.3	4	157	86.2	17:10	92	132	120	156	18.8	3	132	47.8		
12:55	232	487	449	706	22.1	4	193	173.7	17:15	85	119	110	138	19	5	230	315.1		
13:00	223	635	474	739	21.9	3	145	65.8	17:20	80	85	82	121	19	3	144	64.2		
13:05	252	745	555	853	22.3	3	147	68.9	17:25	75	80	77	104	18.3	5	207	220.3		
13:10	335	731	539	841	22.3	4	178	132.0	17:30	72	76	74	89	18.6	3	133	49.0		
13:15	319	837	662	1016	21.9	3	136	52.9	17:35	0	0	0	40	17.2	3	133	49.0		

24 Octubre 2019	SOLAR DATA					WIND DATA				24 Octubre 2019	SOLAR DATA					WIND DATA			
	M1 (W)	M2 (W)	M3 (W)	IRRADIAN (W/m2)	T-AMB (°C)	V-WIND (m/s)	RPM	POT. ELECT. (W)	M1 (W)		M2 (W)	M3 (W)	IRRADIAN (W/m2)	T-AMB (°C)	V-WIND (m/s)	RPM	POT. ELECT. (W)		
09:00	484	487	373	766	23.1	1	0	0	13:20	316	565	431	823	22.1	4	196	183.0		
09:05	510	503	380	768	23	1	0	0	13:25	267	541	427	799	21.6	4	174	122.2		
09:10	542	520	382	773	23	1	0	0	13:30	202	541	427	797	21.6	4	180	137.1		
09:15	553	550	408	781	23.2	1	0	0	13:35	185	539	464	791	21.6	4	161	93.8		
09:20	566	571	424	788	23.2	1	0	0	13:40	251	536	423	781	22.3	6	234	334.1		
09:25	560	565	426	787	23.5	1	0	0	13:45	295	529	420	761	21.9	4	163	97.9		
09:30	571	623	425	795	22.9	1	0	0	13:50	281	476	417	748	21.4	8	303	803.7		
09:35	549	588	407	804	22.8	1	0	0	13:55	208	350	383	742	21	6	240	364.1		
09:40	600	588	428	812	22.2	6	254	441.5	14:00	373	380	370	725	21.2	9	319	957.2		
09:45	611	591	432	819	22.2	7	267	523.0	14:05	270	300	280	718	21.4	5	225	292.5		
09:50	602	598	444	825	22.2	7	268	529.7	14:10	271	300	280	701	21.7	6	255	447.4		
09:55	641	609	456	828	22.4	4	193	173.7	14:15	267	300	280	689	21.4	9	329	1063.0		
10:00	653	628	458	798	22.6	5	222	279.4	14:20	307	320	310	676	21.9	10	353	1350.2		
10:05	686	687	490	855	22.6	4	180	137.1	14:25	258	300	260	659	21.2	8	312	887.7		
10:10	749	717	533	912	22.3	3	128	43.1	14:30	333	360	350	640	21.4	8	298	759.5		
10:15	729	724	522	904	22.3	3	151	75.5	14:35	251	300	270	629	21.7	5	219	266.8		
10:20	674	707	512	852	22.1	3	131	46.6	14:40	320	300	310	602	21.2	4	185	150.4		
10:25	732	718	526	892	22.5	2	92	14.0	14:45	259	300	270	584	21.7	8	300	777.0		
10:30	658	586	432	920	22.3	7	283	637.3	14:50	302	350	340	569	21.7	3	142	61.3		
10:35	719	697	520	901	22.4	3	132	47.8	14:55	245	270	240	551	21.2	7	282	629.7		
10:40	754	721	539	909	21.9	5	219	266.8	15:00	218	250	230	535	21.4	4	164	99.9		
10:45	786	714	541	911	21.9	3	145	65.8	15:05	213	250	230	514	21.7	6	242	374.6		
10:50	785	745	551	920	22	3	126	40.8	15:10	207	250	230	499	21	7	265	509.8		
10:55	808	755	555	927	22.1	5	218	262.7	15:15	247	250	230	478	20.3	11	365	1512.5		
11:00	807	764	560	930	22.5	4	173	119.8	15:20	218	250	230	459	20.3	6	255	447.4		
11:05	790	775	562	929	21.6	4	164	99.9	15:25	207	250	230	432	20.3	3	145	65.8		
11:10	794	767	561	929	22.3	10	351	1324.3	15:30	206	250	230	413	20.5	8	303	803.7		
11:15	597	789	575	947	22.8	2	84	10.3	15:35	209	250	230	393	20.1	7	282	629.7		
11:20	675	789	575	936	22.1	4	158	88.0	15:40	188	230	200	369	20.3	5	211	235.1		
11:25	620	672	590	944	22.5	8	296	742.4	15:45	161	230	200	351	19.9	6	244	385.2		
11:30	452	625	596	945	22.8	6	256	453.4	15:50	154	230	200	333	19.7	3	157	85.6		
11:35	572	673	520	943	22.3	4	157	86.2	15:55	160	230	200	310	19.7	6	237	348.9		
11:40	523	686	490	948	23	7	267	523.0	16:00	152	230	200	294	19.4	7	289	681.2		
11:45	535	685	490	944	22.8	10	350	1311.6	16:05	141	230	200	258	19.2	8	294	725.5		
11:50	494	666	470	947	23.2	3	156	84.3	16:10	133	242	168	251	19.2	4	194	176.8		
11:55	522	685	490	943	23	4	187	156.0	16:15	119	224	154	232	19	5	207	220.3		
12:00	313	708	456	940	22.8	4	174	122.2	16:20	103	179	121	191	19	6	240	364.1		
12:05	398	696	420	906	23	3	153	78.9	16:25	100	162	111	178	18.8	5	227	301.4		
12:10	291	696	420	905	23	3	155	82.5	16:30	89	130	90	158	19	3	156	84.3		
12:15	277	700	420	917	23.4	6	246	396.0	16:35	77	122	90	135	15.5	4	160	91.9		
12:20	250	699	420	913	23.1	5	198	189.5	16:40	67	80	90	121	15.5	5	205	213.2		
12:25	230	698	420	910	22.8	3	152	77.2	16:45	55	80	70	98	18.3	4	196	183.0		
12:30	350	685	420	872	23	5	217	258.6	16:50	47	72	54	88	18.4	6	240	364.1		
12:35	233	686	420	874	22.5	8	306	831.0	16:55	46	69	53	83	18.2	6	245	390.6		
12:40	315	692	420	893	22.1	5	197	186.2	17:00	38	59	45	71	18.2	4	185	150.4		
12:45	335	690	420	887	23.5	6	262	490.5	17:05	34	52	40	63	18	5	211	235.1		
12:50	349	619	420	835	22.3	6	233	329.3	17:10	28	39	31	49	18.8	3	132	47.8		
12:55	315	400	420	559	22.1	9	328	1052.0	17:15	20	29	22	38	18	5	197	186.2		
13:00	313	492	420	702	21.9	6	241	369.3	17:20	18	25	20	33	18	3	133	49.0		
13:05	349	624	420	855	22.3	11	381	1749.7	17:25	16	19	16	28	18.3	5	204	209.7		
13:10	313	621	420	843	22.3	12	401	2081.8	17:30	12	16	13	24	18.6	3	128	43.1		
13:15	316	600	427	828	21.9	4	162	95.8	17:35	0	0	0	20	18.2	3	125	39.7		

28 Octubre 2019	SOLAR DATA					WIND DATA				28 Octubre 2019	SOLAR DATA					WIND DATA			
	M1 (W)	M2 (W)	M3 (W)	IRRADIAN (W/m2)	T-AMB (°C)	V-WIND (m/s)	RPM	POT. ELECT. (W)	M1 (W)		M2 (W)	M3 (W)	IRRADIAN (W/m2)	T-AMB (°C)	V-WIND (m/s)	RPM	POT. ELECT. (W)		
09:00	427	524	341	716	23.3	1	0	0	13:20	416	533	556	885	23	9	333	1107.5		
09:05	398	537	335	717	23.1	1	0	0	13:25	162	533	556	582	22.7	6	249	412.6		
09:10	428	592	340	718	23	1	0	0	13:30	336	533	556	872	23.2	9	319	957.2		
09:15	444	567	318	716	23.2	1	0	0	13:35	333	533	556	862	23.4	10	353	1350.2		
09:20	445	548	329	718	23.2	1	0	0	13:40	330	533	556	737	23.4	3	149	72.1		
09:25	454	547	333	719	23.5	2	0	0	13:45	264	533	556	839	23.4	3	141	59.8		
09:30	468	547	347	721	22.9	1	0	0	13:50	296	533	556	829	23.4	8	293	717.1		
09:35	466	562	348	725	22.8	1	0	0	13:55	288	533	556	823	23	4	194	176.8		
09:40	438	604	314	728	22.2	6	254	441.5	14:00	290	533	556	813	23.2	6	235	339.0		
09:45	480	591	359	730	22.2	7	267	523.0	14:05	317	533	556	799	23.9	4	187	156.0		
09:50	492	598	365	733	22.2	7	268	529.7	14:10	283	533	556	789	23.7	5	214	246.7		
09:55	517	609	371	735	22.4	4	193	173.7	14:15	321	533	556	778	23.7	5	197	186.2		
10:00	496	580	369	738	22.6	5	222	279.4	14:20	278	533	556	766	23.9	7	267	523.0		
10:05	502	542	371	738	22.6	4	180	137.1	14:25	310	533	556	752	23.6	3	149	72.1		
10:10	508	571	381	742	22.3	3	128	43.1	14:30	265	533	556	741	23	10	353	1350.2		
10:15	516	578	383	743	22.3	3	151	75.5	14:35	342	533	556	724	22.5	4	169	110.6		
10:20	520	609	388	747	22.1	3	131	46.6	14:40	311	651	467	713	22.8	5	214	246.7		
10:25	529	620	395	752	22.5	2	92	14.0	14:45	283	605	467	702	23	7	287	668.5		
10:30	531	586	395	750	22.3	7	283	637.3	14:50	275	606	467	685	23.2	3	116	30.8		
10:35	536	599	403	753	22.4	3	132	47.8	14:55	254	607	467	671	22.5	4	196	183.0		
10:40	538	622	402	753	21.9	5	219	266.8	15:00	276	565	467	656	22.1	4	163	97.9		
10:45	546	615	408	756	21.9	3	145	65.8	15:05	274	551	424	642	22.5	5	208	224.0		
10:50	526	597	445	756	22	3	126	40.8	15:10	133	552	424	619	21.9	5	202	202.8		
10:55	554	606	451	759	22.1	5	218	262.7	15:15	291	555	395	585	21.9	4	184	147.7		
11:00	546	614	456	766	22.5	4	173	119.8	15:20	221	521	370	554	21.4	6	252	429.8		
11:05	571	624	426	770	21.6	4	164	99.9	15:25	215	410	309	467	21.7	4	180	137.1		
11:10	569	616	425	772	22.3	10	351	1324.3	15:30	265	200	139	207	21.7	4	163	97.9		
11:15	570	635	473	782	22.8	2	84	10.3	15:35	275	515	368	544	21.4	3	154	80.7		
11:20	803	764	563	933	23.4	6	238	353.9	15:40	251	503	362	531	21.2	5	220	271.0		
11:25	795	967	564	933	23.2	4	190	164.7	15:45	240	485	346	511	21.2	6	242	374.6		
11:30	725	787	571	935	22.5	3	130	45.4	15:50	231	470	332	490	21	4	193	173.7		
11:35	537	798	571	938	23	6	258	465.5	15:55	232	445	314	464	21	7	271	550.1		
11:40	457	781	574	941	23.4	3	136	52.9	16:00	232	445	314	448	21.2	8	315	917.0		
11:45	371	796	581	942	23	8	311	881.0	16:05	113	402	285	544	21.4	3	154	80.7		
11:50	537	796	581	943	23	5	217	258.6	16:10	181	369	257	383	20.8	3	147	68.9		
11:55	574	796	581	944	22.8	7	264	503.3	16:15	182	371	261	383	20.5	2	88	12.1		
12:00	501	796	581	947	23	4	174	122.2	16:20	177	326	225	336	20.3	4	164	99.9		
12:05	504	796	581	946	23.4	5	227	301.4	16:25	180	341	237	348	20.2	3	117	31.7		
12:10	584	796	581	944	22.5	8	314	907.2	16:30	174	318	221	328	20.1	4	181	139.7		
12:15	534	796	581	944	23	10	342	1212.5	16:35	167	299	207	308	20.3	3	156	84.3		
12:20	500	796	581	941	22.8	6	246	396.0	16:40	161	287	198	296	20.1	3	146	67.3		
12:25	486	796	581	936	23	5	202	202.8	16:45	156	260	180	280	19.6	5	207	220.3		
12:30	497	796	581	927	22.8	7	276	585.4	16:50	153	256	172	270	19.9	7	278	599.9		
12:35	267	796	581	915	23.2	8	303	803.7	16:55	151	238	162	252	20.3	3	126	40.8		
12:40	176	796	581	903	23.4	10	341	1200.5	17:00	147	215	145	238	20.6	5	221	275.2		
12:45	217	796	581	922	22.5	6	244	385.2	17:05	135	206	142	234	20	5	210	231.4		
12:50	181	796	581	920	23.4	4	174	122.2	17:10	121	205	131	222	19.8	3	142	61.3		
12:55	265	796	581	914	23	7	279	607.3	17:15	130	208	132	227	20	6	236	343.9		
13:00	161	796	581	872	23.4	9	330	1074.0	17:20	123	199	125	218	20	3	142	61.3		
13:05	246	796	581	904	23.7	7	278	599.9	17:25	116	191	129	211	19.3	5	204	209.7		
13:10	345	533	556	900	23.4	8	313	897.4	17:30	113	186	125	209	19.6	3	130	45.4		
13:15	277	533	556	891	23.4	7	263	496.9	17:35	102	167	111	188	18.4	2	107	23.4		

5 Noviembre 2019	SOLAR DATA					WIND DATA				5 Noviembre 2019	SOLAR DATA					WIND DATA			
	M1 (W)	M2 (W)	M3 (W)	IRRADIAN (W/m2)	T-AMB (°C)	V-WIND (m/s)	RPM	POT. ELECT. (W)	M1 (W)		M2 (W)	M3 (W)	IRRADIAN (W/m2)	T-AMB (°C)	V-WIND (m/s)	RPM	POT. ELECT. (W)		
09:00	663	655	471	895	22.8	1	0	0	13:20	428	367	512	904	22.3	5	203	206.2		
09:05	331	324	222	441	22.3	3	0	0	13:25	365	505	539	895	22.6	5	223	283.7		
09:10	602	581	419	813	23	3	0	0	13:30	369	500	538	872	23.3	3	156	84.3		
09:15	540	534	386	750	23.4	3	144	64.5	13:35	330	450	510	825	22.6	5	223	283.7		
09:20	612	585	427	815	23.6	3	151	75.5	13:40	309	425	500	810	23.3	3	156	84.3		
09:25	589	545	409	790	23.9	3	122	36.6	13:45	364	416	488	809	23.7	3	141	59.2		
09:30	574	588	423	806	23.2	3	136	52.9	13:50	392	508	471	786	23	3	134	50.2		
09:35	278	276	194	399	23.2	3	120	34.6	13:55	390	447	500	827	22.8	2	106	22.9		
09:40	606	599	430	803	23.6	2	48	1.5	14:00	381	368	416	701	22.6	3	125	39.9		
09:45	624	586	434	809	23.6	3	156	84.3	14:05	382	377	45	658	23.1	3	134	50.8		
09:50	641	591	452	832	24.1	1	0	0	14:10	401	373	424	681	22.9	4	168	109.3		
09:55	631	635	452	831	24.3	1	0	0	14:15	449	530	499	790	23.3	3	119	34.0		
10:00	648	644	455	832	24.5	3	127	41.9	14:20	384	517	446	727	23.3	3	145	65.6		
10:05	638	646	461	841	24.3	4	160	91.9	14:25	360	464	387	624	23.3	5	205	213.2		
10:10	647	653	468	844	24.5	3	124	38.7	14:30	374	686	534	725	23.5	3	142	61.6		
10:15	675	638	471	847	24.1	3	134	50.3	14:35	310	589	464	739	22.8	3	152	76.5		
10:20	666	643	478	854	24.1	2	89	12.5	14:40	378	612	478	756	23	5	217	257.8		
10:25	678	663	492	870	23.8	3	127	41.9	14:45	348	640	494	783	22.8	4	158	88.4		
10:30	682	679	497	878	24.3	4	174	122.2	14:50	317	543	433	695	23	3	150	74.0		
10:35	688	681	499	878	24.1	5	206	216.7	14:55	386	579	443	704	22.1	3	126	40.4		
10:40	666	712	512	890	23.9	3	144	64.2	15:00	376	547	419	670	22.1	3	134	50.8		
10:45	704	687	515	893	23.6	3	134	50.3	15:05	391	523	400	641	22.3	3	127	41.4		
10:50	707	682	518	899	24.3	3	116	30.8	15:10	390	498	377	610	22.1	8	306	831.0		
10:55	729	712	528	909	23.4	3	152	77.2	15:15	395	479	365	588	21.7	5	202	202.8		
11:00	716	716	530	912	23.9	3	136	52.9	15:20	403	486	371	592	21.2	4	191	166.2		
11:05	727	724	537	923	24.1	4	184	147.7	15:25	400	474	362	583	21.9	5	198	187.8		
11:10	741	722	544	928	23.4	4	160	91.9	15:30	372	420	322	520	21.2	3	134	50.3		
11:15	773	733	551	937	23.6	3	149	72.1	15:35	351	383	293	482	21.7	3	137	53.7		
11:20	733	752	561	945	24.8	4	167	106.3	15:40	328	344	258	428	21.2	5	214	247.9		
11:25	661	765	572	961	23.2	4	193	173.7	15:45	317	332	248	412	21	4	161	93.6		
11:30	568	798	596	993	23.6	3	145	65.8	15:50	306	312	240	398	21	3	124	38.4		
11:35	432	629	453	788	23.9	4	174	122.2	15:55	325	366	268	437	21.6	3	134	50.4		
11:40	472	854	629	1004	23.4	6	243	379.8	16:00	320	344	267	434	21.8	3	135	51.5		
11:45	475	798	577	942	23.9	3	142	61.3	16:05	239	244	180	306	21.9	3	125	39.3		
11:50	495	876	636	1041	23.2	4	182	142.3	16:10	210	217	160	276	21.9	3	135	51.2		
11:55	502	827	606	989	23	8	303	803.7	16:15	203	205	149	254	21.7	4	169	110.6		
12:00	538	816	587	980	23.4	6	250	418.3	16:20	185	186	131	239	21.9	3	136	52.9		
12:05	523	813	576	953	22.7	6	248	407.0	16:25	165	164	123	216	21.3	4	171	114.5		
12:10	495	876	636	947	23.2	6	255	447.4	16:30	148	150	114	208	21.3	4	177	128.5		
12:15	517	807	573	945	23.4	6	244	385.2	16:35	127	129	101	178	20.8	4	180	137.8		
12:20	421	714	574	936	23.7	3	148	70.5	16:40	111	110	85	157	20.6	3	154	80.7		
12:25	252	667	539	934	23	4	189	161.8	16:45	106	104	79	145	20.4	5	209	226.9		
12:30	479	625	574	936	23.4	7	283	637.3	16:50	103	106	76	145	20.4	3	154	79.8		
12:35	479	625	574	935	22.7	8	312	887.7	16:55	104	105	72	145	20.2	4	169	109.5		
12:40	472	482	583	936	23	4	168	108.4	17:00	102	104	72	145	20.2	4	159	90.3		
12:45	458	400	500	921	23.2	8	297	750.9	17:05	98	102	68	140	20.9	4	194	175.8		
12:50	433	400	500	917	23.4	11	366	1526.6	17:10	90	90	58	130	20.2	3	134	50.1		
12:55	227	400	500	913	23.7	6	248	407.0	17:15	83	85	54	122	0	3	122	36.7		
13:00	438	400	500	906	22.7	8	307	840.3	17:20	74	81	52	116	20.4	4	181	140.2		
13:05	375	553	567	898	22.7	4	183	145.0	17:25	72	76	48	108	20.2	2	96	16.2		
13:10	385	500	500	882	22.5	3	132	47.8	17:30	69	74	47	106	20.4	3	136	52.4		
13:15	380	510	505	882	22.5	5	203	206.2	17:35	65	71	46	102	20.4	3	129	43.7		

7	SOLAR DATA					WIND DATA				7	SOLAR DATA					WIND DATA			
Noviembre 2019	M1 (W)	M2 (W)	M3 (W)	IRRADIAN (W/m2)	T-AMB (°C)	V-WIND (m/s)	RPM	POT. ELECT. (W)	Noviembre 2019	M1 (W)	M2 (W)	M3 (W)	IRRADIAN (W/m2)	T-AMB (°C)	V-WIND (m/s)	RPM	POT. ELECT. (W)		
09:00	205	191	132	251	21.2	2	0	0	13:20	242	331	553	870	23.4	7	263	496.9		
09:05	204	205	130	250	21.5	2	0	0	13:25	261	312	549	865	23.7	6	235	339.0		
09:10	227	223	144	276	21.7	2	0	0	13:30	265	227	547	861	23.6	4	162	95.8		
09:15	257	254	166	313	22.1	1	0	0	13:35	272	541	544	853	23.6	6	248	407.0		
09:20	351	346	231	431	22.3	2	0	0	13:40	269	573	538	843	23.9	5	226	296.9		
09:25	269	466	329	600	22.1	1	0	0	13:45	272	585	533	836	24.3	9	334	1118.9		
09:30	349	343	240	445	23.5	1	0	0	13:50	221	465	424	665	23.9	10	343	1224.6		
09:35	388	381	268	480	22.8	2	0	0	13:55	275	621	518	812	23.6	5	212	238.9		
09:40	367	369	261	467	23.2	1	0	0	14:00	274	609	507	803	23.6	4	178	132.0		
09:45	394	388	273	501	23.4	2	0	0	14:05	272	595	495	792	23	7	268	529.7		
09:50	369	381	264	504	22.5	2	0	0	14:10	271	582	483	781	22.7	8	296	742.4		
09:55	607	594	424	795	23.2	2	0	0	14:15	264	646	494	769	23.7	4	165	102.0		
10:00	374	377	269	505	23.4	1	0	0	14:20	260	636	486	757	23.7	3	131	46.6		
10:05	381	348	257	468	24.3	3	0	0	14:25	256	628	480	747	23.6	5	225	292.5		
10:10	409	404	280	504	24.3	2	0	0	14:30	252	616	471	733	23.2	8	310	868.5		
10:15	398	392	279	488	24.3	2	0	0	14:35	247	604	462	719	23.9	4	194	176.8		
10:20	501	295	349	614	23.6	2	0	0	14:40	243	589	450	703	23.4	4	173	119.8		
10:25	580	563	402	644	23.9	1	0	0	14:45	237	602	450	694	22.7	4	161	93.8		
10:30	758	761	550	962	23.2	1	0	0	14:50	240	601	431	672	23.2	3	151	75.5		
10:35	759	763	559	985	24.8	2	0	0	14:55	229	579	427	666	22.7	5	214	246.7		
10:40	801	802	588	1027	25.9	2	0	0	15:00	392	563	415	648	23	3	131	46.6		
10:45	736	734	553	967	26.8	2	0	0	15:05	426	544	412	666	23.1	8	306	831.0		
10:50	708	748	557	972	25.4	2	80	8.7	15:10	455	552	421	678	22.7	5	202	202.8		
10:55	724	719	540	943	26.7	2	0	0	15:15	438	529	404	644	22.2	4	191	166.2		
11:00	300	296	208	391	25.6	3	0	0	15:20	465	551	421	678	22.9	5	198	187.8		
11:05	816	797	597	1023	27.2	2	0	0	15:25	553	624	479	773	22.2	3	134	50.3		
11:10	225	254	176	346	27.4	3	0	0	15:30	488	586	448	737	22.7	3	137	53.7		
11:15	794	753	570	963	26.3	2	0	0	15:35	357	410	307	510	22.2	5	214	247.9		
11:20	743	710	547	934	26.7	2	0	0	15:40	370	424	317	526	22	4	161	93.6		
11:25	627	725	553	940	27.8	1	0	0	15:45	634	706	543	901	22	3	124	38.4		
11:30	486	710	552	940	27.8	3	0	0	15:50	330	408	299	487	23.6	3	134	50.4		
11:35	499	701	547	931	27.4	3	140	58.4	15:55	298	351	273	443	23.8	3	135	51.5		
11:40	462	723	551	934	26.2	2	63	3.9	16:00	397	409	301	509	22.9	3	125	39.3		
11:45	411	743	542	937	26.2	3	143	62.7	16:05	385	394	284	494	22.9	3	135	51.2		
11:50	433	749	542	938	26.9	3	139	57.0	16:10	309	312	227	394	22.7	4	169	110.6		
11:55	378	754	566	939	25.1	3	141	59.8	16:15	343	345	243	443	22.9	3	136	52.9		
12:00	417	772	553	939	26.7	3	136	52.9	16:20	302	300	244	395	22.3	4	171	114.5		
12:05	437	758	554	936	26.3	2	83	9.9	16:25	289	292	233	395	22.3	4	177	128.5		
12:10	569	774	555	932	25.6	4	159	89.9	16:30	243	245	206	340	21.8	4	180	137.8		
12:15	488	755	554	931	25.4	3	129	44.2	16:35	233	253	190	330	21.6	3	154	80.7		
12:20	518	727	549	933	25.4	3	117	31.7	16:40	293	311	248	415	21.4	5	209	226.9		
12:25	532	678	559	929	25.4	3	148	70.5	16:45	268	311	241	391	21.4	3	154	79.8		
12:30	508	608	563	927	25.4	3	132	47.8	16:50	253	283	214	365	21.2	4	169	109.5		
12:35	487	565	555	924	24	6	245	390.6	16:55	162	189	139	230	21.2	4	159	90.3		
12:40	501	516	567	921	25.2	4	185	150.4	17:00	211	243	189	302	20.9	4	194	175.8		
12:45	466	476	565	918	24.5	3	135	51.6	17:05	188	230	175	271	21.2	3	134	50.1		
12:50	466	476	565	918	24.5	3	135	51.6	17:10	171	209	154	251	21.4	3	122	36.7		
12:55	280	494	562	908	24	4	159	89.9	17:15	143	197	142	224	21.4	4	181	140.2		
13:00	428	525	562	904	25	6	237	348.9	17:20	140	180	137	210	21.2	2	96	16.2		
13:05	210	491	554	893	23.8	7	275	578.2	17:25	114	158	114	175	21.4	3	136	52.4		
13:10	211	261	559	894	23.4	9	337	1153.4	17:30	112	156	113	176	21.4	3	129	43.7		
13:15	188	468	559	880	22.9	7	272	557.0	17:35	117	156	120	180	21.4	3	129	43.7		

12 Noviembre 2019	SOLAR DATA					WIND DATA				12 Noviembre 2019	SOLAR DATA					WIND DATA			
	M1 (W)	M2 (W)	M3 (W)	IRRADIAN (W/m2)	T-AMB (°C)	V-WIND (m/s)	RPM	POT. ELECT. (W)	M1 (W)		M2 (W)	M3 (W)	IRRADIAN (W/m2)	T-AMB (°C)	V-WIND (m/s)	RPM	POT. ELECT. (W)		
09:00	259	254	169	318	22	1	0	0	13:20	361	230	533	864	25.6	3	132	47.8		
09:05	269	262	175	324	21.8	1	0	0	13:25	305	410	572	851	24.7	3	125	39.7		
09:10	261	250	271	321	21.8	1	0	0	13:30	377	468	530	853	25.6	6	242	374.6		
09:15	296	290	197	357	21.8	1	0	0	13:35	383	413	526	843	25.4	3	130	45.4		
09:20	319	318	210	390	21.5	3	141	59.8	13:40	316	549	521	837	25.4	4	168	108.4		
09:25	324	322	219	399	21.5	3	135	51.6	13:45	281	595	521	833	24.9	3	126	40.8		
09:30	330	328	221	415	22	1	0	0	13:50	327	564	512	819	25.4	3	133	49.0		
09:35	330	326	215	413	21.5	3	144	64.2	13:55	303	564	504	645	24.9	3	133	49.0		
09:40	328	325	220	407	21.7	3	142	61.3	14:00	337	629	501	796	25.4	2	95	15.6		
09:45	340	338	229	425	21.9	2	97	16.8	14:05	294	639	490	785	25.2	3	134	50.3		
09:50	379	371	245	460	21.7	3	153	78.9	14:10	363	628	482	772	25.4	4	179	134.5		
09:55	398	387	266	483	22.1	1	0	0	14:15	307	624	472	766	24.7	3	135	51.6		
10:00	399	386	258	487	22.1	4	186	153.2	14:20	357	619	468	760	25	2	104	21.3		
10:05	395	388	269	481	22.8	3	131	46.6	14:25	276	623	471	765	26.5	4	157	86.2		
10:10	429	421	286	527	23.2	2	78	8.0	14:30	272	563	426	692	25.2	4	161	93.8		
10:15	451	442	303	551	23	3	139	57.0	14:35	316	575	435	706	25.4	8	303	803.7		
10:20	405	410	279	519	23.4	3	139	57.0	14:40	305	503	381	618	25.9	3	113	28.2		
10:25	407	397	273	501	23.2	3	141	59.8	14:45	243	496	375	609	25	4	177	129.5		
10:30	431	410	294	544	23.4	2	109	24.9	14:50	294	561	409	655	23.4	5	208	224.0		
10:35	436	420	309	550	23.6	3	147	68.9	14:55	281	537	382	617	24.1	3	137	54.2		
10:40	489	479	331	601	23.2	4	169	110.6	15:00	265	509	375	595	23.6	4	170	112.9		
10:45	486	456	339	602	23.6	2	107	23.4	15:05	283	399	212	649	23.9	3	132	47.8		
10:50	541	534	384	677	23.6	2	88	12.1	15:10	264	540	388	618	24.3	2	80	8.7		
10:55	403	399	274	512	25.2	1	0	0	15:15	206	410	292	483	24.1	4	166	104.1		
11:00	416	407	291	519	26.1	1	0	0	15:20	261	492	352	556	22.9	5	219	266.8		
11:05	635	614	458	770	25.2	1	0	0	15:25	191	494	353	558	23.4	5	218	262.7		
11:10	897	914	681	1165	24.5	2	85	10.7	15:30	203	489	353	559	23	6	247	401.5		
11:15	818	816	657	1136	26.5	1	0	0	15:35	219	462	339	536	23.4	3	132	47.8		
11:20	414	405	277	516	25.2	3	132	47.8	15:40	212	446	328	518	23.4	4	177	129.5		
11:25	523	806	647	1109	24.9	3	116	30.8	15:45	213	428	314	497	23.2	2	87	11.6		
11:30	376	413	303	539	24.9	4	195	179.9	15:50	220	413	303	479	23.2	4	165	102.0		
11:35	372	369	257	475	25.6	4	192	170.7	15:55	204	394	289	457	23.4	3	146	67.3		
11:40	283	278	194	377	24.5	4	187	156.0	16:00	186	377	276	437	22.5	6	249	412.6		
11:45	384	505	361	608	23.6	3	138	55.6	16:05	195	367	269	426	22.3	3	142	61.3		
11:50	365	524	381	599	25	4	158	88.0	16:10	183	346	254	401	23.2	5	223	283.7		
11:55	413	753	556	938	24.5	4	186	153.2	16:15	182	331	243	384	23.2	4	186	153.2		
12:00	206	235	160	321	25.2	3	118	32.7	16:20	174	323	226	362	22.3	2	94	15.1		
12:05	314	774	593	996	24.7	4	157	86.2	16:25	162	286	199	336	22.1	6	257	459.4		
12:10	412	772	554	943	24.5	3	151	75.5	16:30	151	291	196	327	21.9	4	193	173.7		
12:15	493	640	456	776	24.7	5	220	271.0	16:35	146	265	190	307	22.1	4	161	93.8		
12:20	595	695	533	947	24.3	3	154	80.7	16:40	133	249	168	283	22.5	3	136	52.9		
12:25	519	606	555	947	24.7	4	162	95.8	16:45	135	225	154	266	21.9	3	139	57.0		
12:30	587	574	559	946	24.5	4	186	153.2	16:50	121	208	138	242	21.9	3	146	67.3		
12:35	546	604	559	948	25.2	4	187	156.0	16:55	113	192	122	224	21.6	7	286	660.6		
12:40	544	501	538	917	25.2	3	142	61.3	17:00	107	175	113	207	21.2	5	207	220.3		
12:45	549	513	517	914	24.5	3	117	31.7	17:05	106	156	106	214	21.2	3	144	64.4		
12:50	514	491	547	909	25	4	168	108.4	17:10	90	124	97	179	21.5	3	140	58.2		
12:55	492	467	550	906	25.2	3	135	51.6	17:15	77	110	76	157	21.2	3	113	28.1		
13:00	380	549	540	905	25.4	3	128	43.1	17:20	71	102	71	146	21	2	92	14.1		
13:05	380	526	547	891	24.7	3	131	46.6	17:25	72	104	72	149	21	2	109	24.9		
13:10	364	463	549	894	25.2	3	129	44.2	17:30	65	94	63	134	20.6	2	103	20.3		
13:15	367	456	541	881	24.9	4	180	137.1	17:35	55	81	53	116	20.8	3	119	33.8		

14	SOLAR DATA					WIND DATA				14	SOLAR DATA					WIND DATA			
Noviembre 2019	M1 (W)	M2 (W)	M3 (W)	IRRADIAN (W/m2)	T-AMB (°C)	V-WIND (m/s)	RPM	POT. ELECT. (W)	Noviembre 2019	M1 (W)	M2 (W)	M3 (W)	IRRADIAN (W/m2)	T-AMB (°C)	V-WIND (m/s)	RPM	POT. ELECT. (W)		
09:00	171	167	121	206	21.1	1	0	0	13:20	592	309	537	907	24.7	7	263	496.9		
09:05	171	167	113	208	21.3	1	0	0	13:25	574	304	127	927	25.4	5	213	242.8		
09:10	180	177	123	216	21.2	2	0	0	13:30	617	250	586	943	25.6	4	166	104.1		
09:15	209	207	133	256	21.2	3	0	0	13:35	389	258	520	827	25.6	5	223	283.7		
09:20	218	213	138	264	21.4	1	0	0	13:40	374	286	507	821	25.6	3	145	65.8		
09:25	215	211	138	262	21.7	2	0	0	13:45	312	275	399	646	25.4	3	123	37.6		
09:30	191	191	121	237	22.1	1	0	0	13:50	353	321	505	798	26.1	6	233	329.3		
09:35	194	191	124	239	21.9	1	0	0	13:55	359	333	504	778	25.8	3	141	59.8		
09:40	186	183	115	277	21.9	1	0	0	14:00	422	357	537	846	25.8	6	243	379.8		
09:45	188	185	118	230	22.1	2	0	0	14:05	352	269	423	672	25.1	3	147	68.9		
09:50	182	178	114	224	21.9	2	0	0	14:10	295	308	351	570	24.4	5	213	242.8		
09:55	197	195	125	242	22.1	3	0	0	14:15	331	259	417	660	24.2	8	311	878.1		
10:00	214	211	137	261	22.1	1	0	0	14:20	367	392	497	750	25.2	8	295	733.9		
10:05	221	216	140	269	21.6	2	0	0	14:25	332	415	421	799	24.7	7	282	629.7		
10:10	248	246	161	299	21.9	3	0	0	14:30	349	411	522	808	24.9	3	148	70.5		
10:15	248	241	165	307	22.3	2	0	0	14:35	326	408	518	802	25.4	3	141	59.8		
10:20	271	169	176	328	22.3	3	0	0	14:40	321	462	519	804	25.8	6	245	390.6		
10:25	284	282	187	344	22.3	1	0	0	14:45	423	450	506	784	25.6	4	187	156.0		
10:30	259	254	169	318	23	3	0	0	14:50	337	499	504	780	24.5	9	321	977.7		
10:35	269	262	175	324	22.8	1	0	0	14:55	271	483	488	756	24.9	7	290	692.5		
10:40	261	250	271	321	22.8	2	0	0	15:00	309	455	460	712	24.7	6	251	424.0		
10:45	296	290	197	357	22.8	4	0	0	15:05	315	453	457	708	24	9	328	1052.0		
10:50	319	318	210	390	22.5	3	141	59.8	15:10	243	486	446	690	24	6	258	465.5		
10:55	324	322	219	399	22.5	3	135	51.6	15:15	234	480	440	681	24.3	5	228	305.9		
11:00	330	328	221	415	23	1	0	0	15:20	262	520	430	670	24.9	5	210	231.4		
11:05	330	326	215	413	22.5	3	144	64.2	15:25	260	529	426	661	24.9	5	206	216.7		
11:10	339	330	233	440	23	3	117	31.7	15:30	280	502	406	623	24.3	6	241	369.3		
11:15	374	367	250	466	23	3	136	52.9	15:35	281	491	378	580	23.8	5	207	220.3		
11:20	442	436	301	537	22.8	4	176	127.0	15:40	255	432	331	514	24.5	4	165	102.0		
11:25	445	443	320	568	22.5	6	253	435.6	15:45	288	477	379	577	24	4	164	99.9		
11:30	495	493	362	619	23	2	99	18.0	15:50	291	516	377	569	23.6	7	268	529.7		
11:35	587	565	436	728	23.7	3	130	45.4	15:55	267	478	358	552	24.1	6	238	353.9		
11:40	522	522	378	642	23.9	3	144	64.2	16:00	317	480	377	570	23.6	6	251	424.0		
11:45	528	578	402	712	24.8	3	138	55.6	16:05	379	495	391	590	24.1	3	145	65.8		
11:50	487	823	607	1003	23.9	3	149	72.1	16:10	383	492	382	573	24.5	3	140	58.4		
11:55	448	767	561	962	25	3	141	59.8	16:15	319	424	300	463	24	4	162	95.8		
12:00	486	740	547	942	25.4	3	123	37.6	16:20	224	245	165	275	23.8	3	121	35.6		
12:05	515	781	522	964	25.6	4	162	95.8	16:25	185	185	117	214	22.9	6	254	441.5		
12:10	521	762	484	956	25.6	4	187	156.0	16:30	208	224	142	248	22.7	4	176	127.0		
12:15	456	776	488	994	25.4	4	179	134.5	16:35	206	221	140	243	22	5	221	275.2		
12:20	530	770	472	999	25.1	3	139	57.0	16:40	194	203	132	230	22.3	4	158	88.0		
12:25	568	749	480	986	25.6	3	142	61.3	16:45	143	156	106	214	22.2	3	144	64.4		
12:30	413	437	294	600	25.6	6	254	441.5	16:50	122	124	89	179	22.5	3	140	58.2		
12:35	441	492	314	619	25.1	3	155	82.5	16:55	114	117	83	167	22.2	3	113	28.1		
12:40	575	549	399	808	24.7	6	235	339.0	17:00	102	106	75	151	22	2	92	14.1		
12:45	612	563	416	753	24.7	4	158	88.0	17:05	103	104	74	149	22	2	109	24.9		
12:50	471	465	369	700	25.2	4	180	137.1	17:10	93	95	67	136	21.6	2	103	20.3		
12:55	383	343	282	507	24.5	3	129	44.2	17:15	84	88	62	126	21.8	3	119	33.8		
13:00	656	511	499	930	24.7	8	301	785.8	17:20	71	77	48	113	21.6	3	127	41.7		
13:05	461	284	403	714	24.7	9	338	1165.0	17:25	70	75	47	111	21.4	1	0	0		
13:10	449	277	415	705	25.2	3	141	59.8	17:30	69	75	47	110	21.4	1	0	0		
13:15	559	333	525	893	24	8	301	785.8	17:35	68	73	46	107	21.4	1	0	0		

5 Dicembre 2019	SOLAR DATA					WIND DATA			5 Dicembre 2019	SOLAR DATA					WIND DATA		
	M1 (W)	M2 (W)	M3 (W)	IRRADIAN (W/m2)	T-AMB (°C)	V-WIND (m/s)	RPM	POT. ELECT. (W)		M1 (W)	M2 (W)	M3 (W)	IRRADIAN (W/m2)	T-AMB (°C)	V-WIND (m/s)	RPM	POT. ELECT. (W)
09:05	333	327	225	396	21.3	3	1	0	13:20	562	119	124	907	24.7	7	7	496.9
09:10	314	318	216	380	21.2	3	1	0	13:25	607	246	576	927	25.4	5	5	242.8
09:15	309	308	209	370	21.7	2	1	0	13:30	444	294	593	943	26	4	4	104.1
09:20	378	395	269	482	21.9	3	1	0	13:35	377	288	511	827	25.6	5	5	283.7
09:25	446	438	302	551	22.8	1	1	0	13:40	396	296	507	821	25.6	3	3	65.8
09:30	345	327	229	425	24.1	2	1	0	13:45	282	215	403	638	25.4	3	3	37.6
09:35	354	355	246	427	23.9	2	1	0	13:50	372	292	521	805	26.1	6	6	329.3
09:40	520	508	361	569	23.6	2	1	0	13:55	337	327	494	777	25.8	3	3	59.8
09:45	542	547	381	673	25.2	2	1	0	14:00	444	339	533	847	25.8	6	6	379.8
09:50	524	462	355	636	23.8	2	1	0	14:05	348	363	414	672	25.1	3	3	68.9
09:55	714	682	504	911	25.2	3	1	0	14:10	271	224	360	570	24.4	5	5	242.8
10:00	912	853	624	1052	25.6	3	1	0	14:15	314	345	437	660	24.2	8	8	878.1
10:05	661	653	475	856	24.7	2	2	14.6	14:20	312	390	395	750	25.2	8	8	733.9
10:10	817	787	557	1064	25.6	4	1	0	14:25	345	406	516	799	24.7	7	7	629.7
10:15	781	729	538	978	26.3	4	1	0	14:30	328	411	522	808	24.9	3	3	70.5
10:20	732	727	516	938	25.8	4	3	65.8	14:35	320	408	518	802	25.4	3	3	59.8
10:25	741	725	523	947	25.8	2	1	0	14:40	433	408	518	802	25.8	6	6	390.6
10:30	704	690	497	930	25.5	2	2	24.9	14:45	340	400	508	787	25.6	4	4	156.0
10:35	688	641	474	848	25.6	3	3	65.8	14:50	280	397	504	780	24.5	9	9	977.7
10:40	750	743	531	946	25.8	3	3	59.8	14:55	328	385	488	756	24.9	7	7	692.5
10:45	765	745	527	938	26.2	2	2	18.0	15:00	311	356	452	700	24.7	6	6	424.0
10:50	814	780	564	948	25.8	3	3	39.7	15:05	249	360	457	708	24	9	9	1052.0
10:55	713	769	543	950	25.3	4	4	95.8	15:10	237	351	446	690	24	6	6	465.5
11:00	610	708	458	865	24.9	3	3	43.1	15:15	266	529	437	681	24.3	5	5	305.9
11:05	276	528	364	627	24.9	3	3	62.7	15:20	264	536	432	670	24.9	5	5	231.4
11:10	510	674	487	837	25.4	3	3	55.6	15:25	297	533	431	661	24.9	5	5	216.7
11:15	585	789	552	1015	24.9	3	3	68.9	15:30	302	527	406	623	24.3	6	6	369.3
11:20	581	789	557	925	25.8	3	3	78.9	15:35	288	487	374	580	23.8	5	5	220.3
11:25	546	801	560	964	25.4	3	3	34.6	15:40	257	425	338	514	24.5	4	4	102.0
11:30	543	810	574	985	25.6	3	3	50.3	15:45	295	523	382	577	24	4	4	99.9
11:35	501	823	577	991	25.8	2	2	18.0	15:50	275	493	369	569	23.6	7	7	529.7
11:40	538	806	573	977	25.4	3	3	33.6	15:55	307	465	365	552	24.1	6	6	353.9
11:45	539	807	571	976	25.4	3	3	35.6	16:00	366	478	378	570	23.6	6	6	424.0
11:50	544	795	578	984	27.2	3	3	75.5	16:05	394	507	393	590	24.1	3	3	65.8
11:55	546	815	575	983	26.2	2	2	6.4	16:10	395	525	371	573	24.5	3	3	58.4
12:00	524	796	532	982	26.2	3	3	84.3	16:15	377	412	278	463	24	4	4	95.8
12:05	540	790	453	991	26	4	4	95.8	16:20	238	238	150	275	23.8	3	3	35.6
12:10	458	778	440	997	25.6	4	4	156.0	16:25	179	193	123	214	22.9	6	6	441.5
12:15	534	776	426	1006	25.4	4	4	134.5	16:30	210	226	143	248	22.7	4	4	127.0
12:20	588	776	447	1022	25.1	3	3	57.0	16:35	205	214	139	243	22	5	5	275.2
12:25	696	736	447	1011	25.6	3	3	61.3	16:40	154	168	114	230	22.3	4	4	88.0
12:30	427	477	304	600	25.6	6	6	441.5	16:45	146	148	106	214	22.2	3	3	64.4
12:35	441	421	306	619	25.1	3	3	82.5	16:50	122	125	89	179	21.5	3	3	58.2
12:40	657	604	446	808	24.7	6	6	339.0	16:55	106	110	78	157	21.2	3	3	28.1
12:45	507	500	360	753	24.7	4	4	88.0	17:00	101	102	72	146	21	2	2	14.1
12:50	529	474	389	700	25.2	4	4	137.1	17:05	102	104	74	149	21	2	2	24.9
12:55	358	279	272	507	24.5	3	3	44.2	17:10	89	94	66	134	20.6	2	2	20.3
13:00	600	370	525	930	24.7	8	8	785.8	17:15	73	79	50	116	20.8	3	3	33.8
13:05	455	281	420	714	24.7	9	9	1165.0	17:20	65	70	44	103	20.6	3	3	41.7
13:10	441	263	414	705	25.2	3	3	59.8	17:25	68	73	46	107	20.4	2	1	0
13:15	583	304	529	893	24	8	8	785.8	17:30	68	73	46	107	20.4	2	1	0

22 Enero 2020	SOLAR DATA					WIND DATA			22 Enero 2020	SOLAR DATA					WIND DATA		
	M1 (W)	M2 (W)	M3 (W)	IRRADIAN (W/m2)	T-AMB (°C)	V-WIND (m/s)	RPM	POT. ELECT. (W)		M1 (W)	M2 (W)	M3 (W)	IRRADIAN (W/m2)	T-AMB (°C)	V-WIND (m/s)	RPM	POT. ELECT. (W)
09:00	124	126	97	207	24.1	1	0	0	13:20	446	355	359	649	32.6	3	154	80.7
09:05	104	101	77	165	23.0	1	0	0	13:25	545	559	450	787	32	2	87	11.6
09:10	68	78	56	125	23.0	1	0	0	13:30	672	585	641	939	32.9	5	201	198.4
09:15	84	83	60	135	23.2	0	0	0	13:35	522	512	621	1043	34.2	3	143	63.2
09:20	87	88	65	137	23.2	1	0	0	13:40	472	426	560	946	34.6	3	152	77.5
09:25	64	65	49	103	23.5	1	0	0	13:45	407	407	571	955	34.9	3	126	41.3
09:30	103	103	76	156	23.9	3	0	0	13:50	422	391	571	961	35.1	3	137	54.5
09:35	101	97	74	145	23.8	1	0	0	13:55	337	370	521	953	35.3	3	126	40.3
09:40	98	101	75	145	23.8	2	0	0	14:00	336	289	481	800	34.4	3	134	50.3
09:45	112	115	84	165	24.0	2	0	0	14:05	294	393	483	777	33.5	4	180	136.0
09:50	119	122	89	170	23.5	2	0	0	14:10	353	407	479	784	33.3	4	169	110.4
09:55	132	135	97	190	23.8	1	0	0	14:15	385	451	508	821	33.3	3	143	62.3
10:00	119	122	87	172	23.6	5	0	0	14:20	301	325	300	643	33.3	4	160	91.3
10:05	123	128	91	178	23.9	2	0	0	14:25	346	513	504	808	32.6	3	141	59.1
10:10	142	144	106	200	23.9	3	0	0	14:30	305	562	495	601	32.6	4	168	108.2
10:15	149	154	111	213	23.9	2	0	0	14:35	348	540	474	761	33.5	3	140	58.1
10:20	144	147	111	202	24.2	4	0	0	14:40	324	513	477	766	33.5	3	130	45.9
10:25	153	157	120	204	24.1	4	0	0	14:45	281	504	476	763	33.5	4	165	102.2
10:30	149	145	116	216	24.1	4	0	0	14:50	315	525	448	723	33.3	3	128	43.3
10:35	147	151	113	207	24.3	4	0	0	14:55	330	558	444	707	33.1	3	140	58.0
10:40	147	150	112	216	24.2	3	0	0	15:00	310	584	455	719	33.1	2	89	12.7
10:45	158	162	118	228	24.0	3	0	0	15:05	302	530	429	684	33.3	3	128	43.3
10:50	122	126	94	178	24.0	5	0	0	15:10	308	543	424	684	32.2	3	128	43.1
10:55	144	146	110	196	24.0	3	0	0	15:15	279	478	379	610	32.2	3	120	34.1
11:00	120	124	93	175	24.0	3	0	0	15:20	309	508	403	643	32.4	2	107	23.2
11:05	146	157	120	208	24.0	4	0	0	15:25	286	521	408	646	32.2	3	140	57.8
11:10	146	146	112	216	24.1	4	0	0	15:30	266	485	377	603	32.2	3	126	41.3
11:15	384	396	304	562	24.3	4	0	0	15:35	248	483	374	589	31.3	3	142	60.5
11:20	494	508	392	725	25.8	4	0	0	15:40	264	489	379	598	31.3	3	145	66.1
11:25	490	514	391	716	25.3	4	0	0	15:45	231	494	382	603	31.8	3	149	72.1
11:30	515	533	403	725	25.8	3	0	0	15:50	217	395	323	551	32	4	170	112.4
11:35	506	528	395	715	26.5	2	0	0	15:55	239	448	365	575	32.2	5	215	252.2
11:40	521	540	394	719	27.3	4	0	0	16:00	278	465	369	580	32	3	134	49.8
11:45	504	507	386	694	27.8	3	0	0	16:05	268	348	286	451	31.3	3	129	43.9
11:50	537	556	397	729	27.8	5	0	0	16:10	355	476	377	577	31.3	3	152	77.0
11:55	476	523	397	704	27.8	2	0	0	16:15	282	320	252	419	31.1	2	91	13.4
12:00	515	534	384	699	29.2	4	0	0	16:20	241	247	196	323	30.6	3	135	52.0
12:05	529	546	391	708	29.3	4	0	0	16:25	238	252	182	319	30.4	3	121	35.2
12:10	491	505	366	656	29.3	2	98	17.4	16:30	239	228	177	317	30.2	4	170	112.4
12:15	464	482	362	638	29.3	4	162	95.8	16:35	219	226	164	295	29.8	3	124	38.4
12:20	455	471	360	634	29.1	3	134	50.3	16:40	193	200	141	265	29.6	3	155	82.5
12:25	410	440	329	571	29.6	2	85	10.7	16:45	192	198	138	263	29.3	2	103	20.4
12:30	229	280	212	356	30.5	3	112	27.4	16:50	143	156	106	214	28.2	3	144	64.4
12:35	8	319	240	419	29.8	3	129	44.2	16:55	122	124	89	179	28.5	3	140	58.2
12:40	205	303	223	384	30.9	2	93	14.6	17:00	107	110	78	157	28.2	3	113	28.1
12:45	196	257	188	374	30.9	4	169	110.6	17:05	99	102	65	146	28	2	92	14.1
12:50	228	236	188	363	31.6	3	127	41.9	17:10	103	104	66	149	28	2	109	24.9
12:55	203	210	180	347	32.9	2	85	10.7	17:15	92	94	59	134	27.6	2	103	20.3
13:00	219	220	196	357	31.7	3	129	44.2	17:20	77	81	56	116	27.8	3	119	33.8
13:05	222	195	185	330	31.3	6	232	324.5	17:25	65	70	44	103	27.6	3	127	41.7
13:10	296	252	242	430	31.7	3	122	36.6	17:30	68	73	46	107	27.4	1	0	0
13:15	373	312	319	268	32.9	3	121	35.6									

24 Enero 2020	SOLAR DATA					WIND DATA				24 Enero 2020	SOLAR DATA					WIND DATA			
	M1 (W)	M2 (W)	M3 (W)	IRRADIAN (W/m2)	T-AMB (°C)	V-WIND (m/s)	RPM	POT. ELECT. (W)	M1 (W)		M2 (W)	M3 (W)	IRRADIAN (W/m2)	T-AMB (°C)	V-WIND (m/s)	RPM	POT. ELECT. (W)		
09:00	336	337	260	554	30.1	1	0	0	13:20	544	536	541	979	32.6	4	183	146.2		
09:05	309	302	229	491	30	1	0	0	13:25	538	406	553	1008	31.7	4	183	146.2		
09:10	188	216	154	345	30	1	0	0	13:30	499	473	557	1003	32.2	2	75	7.1		
09:15	195	192	139	313	30.2	0	0	0	13:35	259	519	539	937	32.4	4	183	146.2		
09:20	308	313	230	485	30.2	1	0	0	13:40	437	616	578	949	30.6	3	142	61.1		
09:25	354	359	271	572	29.5	1	0	0	13:45	308	316	589	996	32.8	4	183	146.2		
09:30	311	311	230	470	28.9	3	142	61.1	13:50	385	303	585	999	32.6	2	75	7.1		
09:35	338	325	249	485	29.8	1	0	0	13:55	369	274	588	995	31	4	183	146.2		
09:40	279	287	213	414	29.8	2	0	0	14:00	378	373	614	1017	30.8	6	246	394.4		
09:45	289	297	218	427	30.2	2	75	7.1	14:05	421	414	557	922	30.9	6	246	394.4		
09:50	342	351	256	489	29.5	2	75	7.1	14:10	364	401	546	905	31.6	5	217	258.4		
09:55	317	325	235	458	29.8	1	0	0	14:15	437	616	578	949	30.6	5	217	258.4		
10:00	303	311	220	437	28.6	5	217	258.4	14:20	359	674	571	939	30.4	5	217	258.4		
10:05	291	301	215	420	28.9	2	75	7.1	14:25	274	392	323	573	30.9	3	142	61.1		
10:10	322	328	240	454	28.9	3	142	61.1	14:30	286	400	317	571	30.2	3	142	61.1		
10:15	348	359	259	497	28.9	2	75	7.1	14:35	496	696	611	995	30.4	6	246	394.4		
10:20	479	489	368	672	28.2	4	183	146.2	14:40	488	734	638	1027	30	5	217	258.4		
10:25	593	608	464	789	29.1	4	183	146.2	14:45	360	530	400	672	30.4	3	142	61.1		
10:30	483	471	378	702	29.1	4	183	146.2	14:50	367	560	422	697	31.1	6	246	394.4		
10:35	496	508	380	697	30.3	4	183	146.2	14:55	257	687	543	872	30.4	4	183	146.2		
10:40	485	496	371	713	30.2	3	142	61.1	15:00	333	702	540	868	30.7	7	271	551.5		
10:45	426	437	318	614	30	3	142	61.1	15:05	360	686	542	851	30.2	5	217	258.4		
10:50	444	456	340	646	29.5	5	217	258.4	15:10	351	406	297	502	29.3	3	142	61.1		
10:55	681	692	522	929	30	3	142	61.1	15:15	443	509	372	612	29.1	5	217	258.4		
11:00	493	509	384	721	30	3	142	61.1	15:20	415	445	334	544	29.1	6	246	394.4		
11:05	541	580	446	770	30	4	183	146.2	15:25	421	455	344	555	28.4	3	142	61.1		
11:10	456	455	349	674	31.1	4	183	146.2	15:30	425	448	341	544	28.2	3	142	61.1		
11:15	477	492	378	699	29.3	4	183	146.2	15:35	453	515	390	631	28.7	2	75	7.1		
11:20	458	471	364	673	29.8	4	183	146.2	15:40	383	404	305	506	28.7	2	75	7.1		
11:25	419	439	334	612	29.3	4	183	146.2	15:45	245	248	186	328	28.7	2	75	7.1		
11:30	422	437	330	594	29.8	3	142	61.1	15:50	214	223	158	288	28	3	142	61.1		
11:35	388	405	303	548	30.5	2	75	7.1	15:55	183	188	132	247	27.3	7	271	551.5		
11:40	373	387	282	515	29.3	4	183	146.2	16:00	161	167	115	217	26.9	4	183	146.2		
11:45	379	381	290	522	29.8	3	142	61.1	16:05	140	145	103	194	26.7	5	217	258.4		
11:50	372	385	275	505	29.8	5	217	258.4	16:10	124	130	93	175	26.7	5	217	258.4		
11:55	332	365	277	491	29.8	2	75	7.1	16:15	106	111	82	154	26.7	3	142	61.1		
12:00	354	367	264	480	30.2	4	183	146.2	16:20	88	94	69	131	26.5	4	183	146.2		
12:05	368	380	272	493.00	29.30	4	183	146.2	16:25	85	93	68	129	26.5	4	183	146.2		
12:10	367	378	274	491	29.3	5	217	258.4	16:30	84	91	67	126	26.3	4	183	146.2		
12:15	363	377	283	499	29.3	3	142	61.1	16:35	81	89	66	124	26.5	3	142	61.1		
12:20	369	382	292	514	29.1	2	75	7.1	16:40	86	128	94	178	26.3	3	142	61.1		
12:25	415	445	333	578	29.6	2	75	7.1	16:45	91	97	72	135	26.3	4	183	146.2		
12:30	454	556	422	708	30.5	3	142	61.1	16:50	98	105	77	145	26.5	3	142	61.1		
12:35	11	467	352	613	29.8	5	217	258.4	16:55	107	110	79	150	26.5	4	183	146.2		
12:40	429	635	467	805	30.9	3	142	61.1	17:00	108	110	79	150	26.5	4	183	146.2		
12:45	570	749	547	1088	30.9	5	217	258.4	17:05	92	98	71	134	26.5	3	142	61.1		
12:50	498	516	410	794	31.6	3	142	61.1	17:10	80	89	64	121	26.7	5	217	258.4		
12:55	620	672	574	1110	32.9	2	75	7.1	17:15	73	83	60	113	26.5	3	142	61.1		
13:00	491	629	560	1020	31.7	3	142	61.1	17:20	67	77	56	105	26.3	3	142	61.1		
13:05	505	550	522	933	31.3	3	142	61.1	17:25	64	73	52	99	26.5	3	142	61.1		
13:10	540	504	545	967	31.7	4	183	146.2	17:30	80	97	64	133	26.5	4	183	146.2		
13:15	515	537	550	979	32.9	3	142	61.1											

27 Enero 2020	SOLAR DATA					WIND DATA			27 Enero 2020	SOLAR DATA					WIND DATA		
	M1 (W)	M2 (W)	M3 (W)	IRRADIAN (W/m2)	T-AMB (°C)	V-WIND (m/s)	RPM	POT. ELECT. (W)		M1 (W)	M2 (W)	M3 (W)	IRRADIAN (W/m2)	T-AMB (°C)	V-WIND (m/s)	RPM	POT. ELECT. (W)
09:00	384	379	275	643	27.5	1	0	0	13:20	299	666	495	896	27.6	4	0	0
09:05	389	375	294	702	27.5	1	0	0	13:25	301	661	496	905	27.7	4	0	0
09:10	367	357	262	615	27.4	1	0	0	13:30	341	650	493	887	28.2	2	0	0
09:15	407	393	292	658	27.4	0	0	0	13:35	382	664	509	885	28.4	4	0	0
09:20	427	414	316	689	27.2	1	0	0	13:40	320	622	530	870	28.1	3	0	0
09:25	428	408	314	678	27.2	1	0	0	13:45	298	568	473	800	28.3	4	0	0
09:30	405	401	300	624	26.7	3	0	0	13:50	330	648	498	851	28.7	2	0	0
09:35	457	446	341	710	26.7	1	0	0	13:55	250	632	509	862	29.1	4	0	0
09:40	333	363	268	621	26.5	2	0	0	14:00	298	650	517	856	28	6	0	0
09:45	480	467	359	731	26.7	2	0	0	14:05	391	706	549	909	28	6	0	0
09:50	510	501	378	759	26.7	2	0	0	14:10	239	484	379	629	27.6	5	0	0
09:55	443	419	318	630	26.8	1	0	0	14:15	278	645	504	827	27.8	5	0	0
10:00	502	475	373	746	27.1	5	0	0	14:20	253	589	457	752	28.4	5	0	0
10:05	513	495	379	754	26.9	2	0	0	14:25	248	601	416	738	28.2	3	0	0
10:10	526	507	394	768	26.7	3	0	0	14:30	272	630	421	758	28.7	3	0	0
10:15	543	527	403	782	26.9	2	0	0	14:35	332	725	536	873	28.6	6	0	0
10:20	221	228	170	315	26.9	1	0	0	14:40	332	653	520	837	28.2	5	0	0
10:25	198	202	140	266	27.2	1	0	0	14:45	388	711	536	901	27.8	3	0	0
10:30	199	193	142	264	27.1	3	0	0	14:50	275	567	427	706	26.6	6	0	0
10:35	269	277	194	355	26.9	0	0	0	14:55	272	589	465	747	26.9	4	0	0
10:40	264	297	216	390	27.1	2	0	0	15:00	265	539	415	667	28.2	7	0	0
10:45	274	275	202	371	26.9	3	0	0	15:05	262	537	424	666	27.4	5	0	0
10:50	284	283	212	377	26.9	1	0	0	15:10	287	548	401	678	28.2	3	0	0
10:55	315	318	229	420	27.8	3	0	0	15:15	230	536	391	644	27.3	5	0	0
11:00	334	339	249	448	27.8	1	0	0	15:20	281	555	416	678	27.8	6	0	0
11:05	421	431	315	567	28	2	0	0	15:25	294	634	479	773	28.5	4	0	0
11:10	441	448	341	587	27.1	3	0	0	15:30	292	607	462	737	28	6	0	0
11:15	368	356	284	523	28.7	3	0	0	15:35	238	416	315	510	27.6	4	0	0
11:20	425	431	333	595	28.9	2	0	0	15:40	243	420	317	526	27.8	4	0	0
11:25	383	409	312	553	29.1	2	0	0	15:45	388	681	511	901	28.3	4	0	0
11:30	476	481	367	659	29.1	1	0	0	15:50	215	377	267	487	27.6	6	0	0
11:35	587	569	457	893	30.2	2	0	0	15:55	187	336	236	442	27.6	7	0	0
11:40	701	707	545	905	28.4	4	0	0	16:00	228	396	272	514	27.6	4	0	0
11:45	426	432	328	581	29.8	2	0	0	16:05	222	374	268	501	27.1	5	0	0
11:50	434	434	328	591	30	3	0	0	16:10	173	285	205	384	26.5	5	0	0
11:55	413	425	328	586	30	3	0	0	16:15	196	312	231	433	26	3	0	0
12:00	386	395	301	526	29.5	1	0	0	16:20	195	307	228	426	26.3	4	0	0
12:05	365	374	275	504	30.4	4	0	0	16:25	166	270	200	375	24.9	7	0	0
12:10	426	435	333	584	29.7	3	0	0	16:30	151	235	174	326	24.7	4	0	0
12:15	414	428	326	567	29.3	4	0	0	16:35	169	250	185	347	24.7	3	0	0
12:20	672	988	763	1326	29.1	2	0	0	16:40	194	296	219	410	24.5	3	0	0
12:25	422	489	371	755	29.3	3	161	93.8	16:45	181	272	202	378	24.3	4	0	0
12:30	366	427	321	570	28.4	4	159	89.9	16:50	156	235	174	326	24.1	5	0	0
12:35	489	552	417	700	27.8	6	176	127.0	16:55	169	221	161	301	23.8	4	0	0
12:40	443	588	443	749	28.2	4	152	77.2	17:00	165	221	161	302	23.8	4	0	0
12:45	506	584	473	1151	28.9	2	97	16.8	17:05	183	212	154	289	24.1	3	0	0
12:50	375	387	285	510	28.7	4	128	43.1	17:10	171	191	139	261	24.2	5	0	0
12:55	263	266	194	377	28.7	3	135	51.6	17:15	121	166	121	226	24	4	0	0
13:00	483	467	360	603	27.3	4	147	68.9	17:20	136	174	127	237	24.3	3	0	0
13:05	713	782	712	1189	27.6	3	216	254.6	17:25	121	180	131	245	24.5	3	0	0
13:10	553	679	533	946	27.7	4	0	0	17:30	138	209	138	286	24.4	4	0	0
13:15	394	622	515	916	27.9	3	0	0									

29 Enero 2020	SOLAR DATA					WIND DATA			29 Enero 2020	SOLAR DATA					WIND DATA		
	M1 (W)	M2 (W)	M3 (W)	IRRADIAN (W/m2)	T-AMB (°C)	V-WIND (m/s)	RPM	POT. ELECT. (W)		M1 (W)	M2 (W)	M3 (W)	IRRADIAN (W/m2)	T-AMB (°C)	V-WIND (m/s)	RPM	POT. ELECT. (W)
09:00	230	218	168	359	30.1	1	0	0	13:20	395	417	432	742	31.5	1	0	0
09:05	276	269	204	438	30	1	0	0	13:25	409	467	449	761	31.3	3	138	56.1
09:10	244	280	200	448	30	1	0	0	13:30	337	368	300	541	30.4	3	134	50.8
09:15	321	317	229	516	30.2	0	0	0	13:35	365	456	478	795	30.6	3	128	42.9
09:20	271	275	202	426	30.2	1	0	0	13:40	364	416	488	809	29.7	3	141	59.2
09:25	308	313	236	498	29.5	1	0	0	13:45	392	508	471	786	30	3	134	50.2
09:30	310	310	229	468	28.9	3	0	0	13:50	390	447	500	827	30	2	106	22.9
09:35	286	275	210	410	29.8	1	0	0	13:55	381	368	416	701	30	3	125	39.9
09:40	216	222	165	320	29.8	2	0	0	14:00	382	377	45	658	29.1	3	134	50.8
09:45	311	320	235	460	30.2	2	0	0	14:05	401	373	424	681	28.9	4	168	109.3
09:50	334	343	250	478	29.5	2	0	0	14:10	449	530	499	790	29.3	3	119	34.0
09:55	263	270	195	380	29.8	1	0	0	14:15	384	517	446	727	29.3	3	145	65.6
10:00	247	253	179	356	28.6	5	0	0	14:20	360	464	387	624	29.3	5	205	213.2
10:05	248	257	183	358	28.9	2	0	0	14:25	374	686	534	725	30	3	142	61.6
10:10	331	337	246	466	28.9	3	0	0	14:30	310	589	464	739	29.8	3	152	76.5
10:15	482	491	354	680	28.9	2	0	0	14:35	378	612	478	756	30	5	217	257.8
10:20	223	228	170	315	26.9	1	0	0	14:40	348	640	494	783	29.8	4	158	88.4
10:25	200	204	142	269	27.2	1	0	0	14:45	317	543	433	695	30	3	150	74.0
10:30	274	266	196	364	27.1	3	0	0	14:50	386	579	443	704	29.1	3	126	40.4
10:35	302	311	217	398	26.9	0	0	0	14:55	376	547	419	670	29.1	3	134	50.8
10:40	264	297	216	390	27.1	2	0	0	15:00	391	523	400	641	29.3	3	127	41.4
10:45	321	334	239	436	28.1	1	0	0	15:05	390	498	377	610	29.1	8	306	831.0
10:50	363	369	276	489	28.1	1	0	0	15:10	395	479	365	588	28.7	5	202	202.8
10:55	421	426	325	575	29.2	0	0	0	15:15	403	486	371	592	28.2	4	191	166.2
11:00	320	431	320	583	30.5	1	0	0	15:20	400	474	362	583	28.9	5	198	187.8
11:05	408	452	356	627	30.7	2	0	0	15:25	372	420	322	520	28.2	3	134	50.3
11:10	507	511	406	727	31.3	1	0	0	15:30	351	383	293	482	28.7	3	137	53.7
11:15	521	508	413	730	31.6	2	0	0	15:35	328	344	258	428	28.2	5	214	247.9
11:20	575	576	444	790	31.8	0	0	0	15:40	317	332	248	412	28	4	161	93.6
11:25	481	489	377	678	31.3	3	0	0	15:45	306	312	240	398	28	3	124	38.4
11:30	581	589	462	816	31.7	3	0	0	15:50	325	366	268	437	27.6	3	134	50.4
11:35	530	536	398	726	33.5	2	0	0	15:55	320	344	267	434	27.8	3	135	51.5
11:40	593	596	454	814	34.2	2	0	0	16:00	239	244	180	304	26.9	3	125	39.3
11:45	381	510	381	699	33.5	1	0	0	16:05	211	216	156	271	26.9	3	135	51.2
11:50	503	506	391	696	34.8	3	0	0	16:10	203	205	149	259	26.7	4	169	110.6
11:55	438	448	344	627	33.9	2	0	0	16:15	185	186	131	239	26.9	3	136	52.9
12:00	453	546	423	744	31.4	2	0	0	16:20	165	164	112	216	26.3	4	171	114.5
12:05	394	515	399	699	30.3	2	0	0	16:25	148	150	69	202	26.3	4	177	128.5
12:10	421	622	475	803	31.9	1	0	0	16:30	127	129	105	178	25.8	4	180	137.8
12:15	380	504	389	729	31.1	3	0	0	16:35	111	110	90	157	25.6	3	154	80.7
12:20	356	485	372	642	30.4	3	84	10.5	16:40	106	101	86	150	25.4	5	209	226.9
12:25	424	611	465	806	32	3	0	0	16:45	103	98	85	150	25.4	3	154	79.8
12:30	427	647	501	873	33.8	2	0	0	16:50	104	94	83	150	25.2	4	169	109.5
12:35	501	676	522	906	34.6	3	0	0	16:55	102	88	79	145	25.2	4	159	90.3
12:40	524	684	524	918	33.7	2	0	0	17:00	98	81	75	140	24.9	4	194	175.8
12:45	618	712	505	952	32.8	2	0	0	17:05	90	72	69	130	25.2	3	134	50.1
12:50	538	423	456	835	33,3	3	0	0	17:10	83	65	64	122	25.4	3	122	36.7
12:55	441	405	439	782	32.8	3	0	0	17:15	74	74	60	116	25.4	4	181	140.2
13:00	484	492	441	773	32.1	3	0	0	17:20	72	66	55	108	25.2	2	96	16.2
13:05	540	417	498	857	31.5	4	145	66.2	17:25	69	70	53	106	25.4	3	136	52.4
13:10	337	368	306	539	32	3	0	0	17:30	65	71	50	102	25.4	3	129	43.7
13:15	406	407	409	709	31.3	2	0	0									

31 Enero 2020	SOLAR DATA					WIND DATA			31 Enero 2020	SOLAR DATA					WIND DATA		
	M1 (W)	M2 (W)	M3 (W)	IRRADIAN (W/m2)	T-AMB (°C)	V-WIND (m/s)	RPM	POT. ELECT. (W)		M1 (W)	M2 (W)	M3 (W)	IRRADIAN (W/m2)	T-AMB (°C)	V-WIND (m/s)	RPM	POT. ELECT. (W)
09:00	384	379	275	643	25.6	3	0	0	13:20	299	470	514	896	28.5	4	194	176.8
09:05	334	322	252	602	26.1	3	0	0	13:25	182	510	544	901	28	7	289	684.4
09:10	359	349	256	602	25.8	3	118	32.7	13:30	167	520	516	885	27.3	8	293	714.6
09:15	387	373	277	625	25.6	3	154	80.7	13:35	383	479	536	887	27.8	4	173	119.3
09:20	404	392	299	652	25.8	5	205	213.2	13:40	322	424	538	876	28.5	3	137	53.7
09:25	406	387	298	643	25.8	4	175	124.6	13:45	299	411	488	804	28.5	5	225	292.0
09:30	363	359	269	559	25.6	3	141	59.8	13:50	330	253	527	851	28.2	8	290	695.7
09:35	457	446	341	710	25.6	3	135	51.6	13:55	250	209	532	861	27.6	3	133	49.4
09:40	333	363	268	621	25.8	3	120	34.6	14:00	297	245	531	854	27.3	5	196	184.3
09:45	480	467	359	731	25.6	5	226	296.9	14:05	388	407	540	901	28.3	4	180	137.1
09:50	510	501	378	759	26	2	104	21.3	14:10	235	440	392	619	27.3	7	272	559.8
09:55	443	419	318	630	26.5	4	161	93.8	14:15	277	569	518	823	27.8	3	128	42.9
10:00	502	475	373	746	26.3	3	139	57.0	14:20	0	0	0	754	27.3	9	329	1059.7
10:05	513	495	379	754	26.3	3	134	50.3	14:25	0	0	0	730	27.6	6	232	326.0
10:10	526	507	394	768	26	3	137	54.2	14:30	233	524	396	650	27.6	7	264	505.9
10:15	543	527	403	782	26.7	4	172	117.5	14:35	294	579	492	773	27.3	5	221	276.9
10:20	552	543	412	792	26.5	4	192	170.7	14:40	292	604	471	737	27.8	3	135	51.5
10:25	561	547	419	798	26.9	3	142	61.3	14:45	388	407	540	901	28.3	3	150	74.1
10:30	571	558	425	807	27.4	4	177	129.5	14:50	275	573	449	706	27.8	4	170	113.3
10:35	582	570	437	817	27.8	5	210	231.4	14:55	272	618	472	747	28.3	3	135	51.7
10:40	589	553	440	824	27.4	4	163	97.9	15:00	265	551	421	667	28.2	3	138	54.9
10:45	600	594	448	831	28	3	140	58.4	15:05	262	530	422	666	28.3	3	155	82.7
10:50	587	602	455	843	28	3	127	41.9	15:10	287	558	433	678	28.2	5	204	208.6
10:55	625	618	466	855	27.8	3	145	65.8	15:15	230	523	399	644	28.2	4	165	102.8
11:00	614	614	470	861	27.3	3	151	75.5	15:20	281	560	431	678	28.7	5	201	198.7
11:05	641	632	478	865	27.4	5	197	186.2	15:25	294	579	492	773	27.3	5	221	276.9
11:10	646	642	483	876	27.3	3	127	41.9	15:30	292	604	471	737	27.8	3	135	51.5
11:15	643	647	490	882	28.5	4	171	115.2	15:35	238	425	322	510	28	3	142	60.7
11:20	630	654	495	884	28	3	127	41.9	15:40	243	439	333	526	27.3	3	144	63.8
11:25	637	645	503	893	28	3	137	54.2	15:45	388	407	540	901	28.3	4	180	137.1
11:30	630	641	504	895	28	4	167	106.3	15:50	215	400	302	487	28	4	194	176.5
11:35	640	652	513	902	27.6	3	137	54.2	15:55	187	366	282	443	27.6	3	147	69.1
11:40	653	650	513	905	28.5	3	130	45.4	16:00	226	426	323	509	27.8	3	111	26.5
11:45	649	657	521	911	27.8	7	263	496.9	16:05	219	416	313	494	27.3	5	210	230.6
11:50	527	588	522	914	27.8	4	174	122.2	16:10	178	327	244	394	27.4	3	156	83.8
11:55	534	665	528	920	28	7	285	652.8	16:15	201	362	271	443	26.9	6	244	383.6
12:00	465	667	534	922	28.5	3	132	47.8	16:20	181	325	244	395	27.4	5	225	292.5
12:05	459	636	533	920	27.3	5	228	305.9	16:25	175	329	247	395	27.6	3	117	31.3
12:10	478	695	539	927	27.8	4	194	176.8	16:30	158	278	208	340	27.1	5	209	229.1
12:15	424	656	543	926	27.1	6	241	369.3	16:35	161	268	202	330	26.7	6	235	337.1
12:20	412	697	542	924	27.4	7	266	516.4	16:40	196	346	260	415	27.2	3	123	37.6
12:25	409	698	533	928	27.8	5	208	224.0	16:45	187	322	248	391	26.7	7	273	562.6
12:30	151	671	543	926	28.3	5	212	238.9	16:50	175	301	277	365	26.7	4	182	141.2
12:35	417	714	537	922	28.2	5	215	250.6	16:55	129	181	128	230	26.2	4	175	124.6
12:40	517	692	534	924	28	3	145	65.8	17:00	165	246	187	302	26.3	2	100	18.7
12:45	535	713	519	921	27.8	6	253	435.6	17:05	108	126	0	171	25.4	4	159	89.2
12:50	465	570	500	921	27.8	5	224	288.1	17:10	99	115	0	151	24.9	3	135	52.1
12:55	524	575	538	913	27.6	3	138	55.6	17:15	120	174	120	224	25.2	4	166	105.0
13:00	528	560	548	916	27.8	3	141	59.8	17:20	63	0	0	110	24.5	3	132	47.4
13:05	187	0	68	913	27.6	6	257	459.4	17:25	37	0	0	75	24.3	4	162	96.0
13:10	413	520	509	911	27.8	19	515	4869.7	17:30	56	0	0	116	24.1	3	130	44.8
13:15	388	407	540	901	28.3	4	180	137.1									

5 Febrero 2020	SOLAR DATA					WIND DATA				5 Febrero 2020	SOLAR DATA					WIND DATA			
	M1 (W)	M2 (W)	M3 (W)	IRRADIAN (W/m2)	T-AMB (°C)	V-WIND (m/s)	RPM	POT. ELECT. (W)	M1 (W)		M2 (W)	M3 (W)	IRRADIAN (W/m2)	T-AMB (°C)	V-WIND (m/s)	RPM	POT. ELECT. (W)		
09:00	376	378	299	678	25.4	2	0	0	13:20	436	454	349	581	27.6	5	206	216.7		
09:05	386	393	310	696	26.6	2	0	0	13:25	339	356	263	455	27.4	3	137	54.2		
09:10	395	384	316	702	26.7	2	0	0	13:30	615	648	643	996	26.9	3	134	50.7		
09:15	409	415	323	709	26.7	1	0	0	13:35	605	559	674	1111	27.4	3	133	48.4		
09:20	375	412	329	706	26.9	3	125	39.7	13:40	506	559	613	994	28.1	4	195	179.9		
09:25	355	375	292	604	26.9	3	134	50.3	13:45	453	592	614	1009	28.0	4	184	148.5		
09:30	421	425	326	666	27.1	3	145	65.8	13:50	452	585	597	987	28.9	5	209	225.8		
09:35	396	407	317	649	27.8	3	139	57.0	13:55	421	431	581	963	29.1	5	228	305.0		
09:40	403	404	307	663	26.9	3	128	43.1	14:00	372	450	392	570	28.0	3	145	65.2		
09:45	402	397	317	618	26.4	3	140	58.4	14:05	381	518	548	996	28.2	3	154	80.5		
09:50	344	319	265	542	26.9	3	145	65.8	14:10	331	398	512	832	27.8	3	127	41.6		
09:55	351	381	281	571	27.1	2	101	19.3	14:15	287	531	502	812	27.8	3	144	64.5		
10:00	313	321	238	498	26.5	4	165	102.0	14:20	278	366	546	883	28.9	3	135	52.1		
10:05	323	321	250	504	26.0	3	149	72.1	14:25	305	413	546	875	28.2	5	216	253.4		
10:10	322	334	245	510	26.7	2	82	9.5	14:30	362	603	543	870	28.7	5	199	193.1		
10:15	326	335	246	508	26.5	3	151	75.5	14:35	363	393	543	859	28.7	5	211	233.6		
10:20	355	367	272	556	26.7	4	194	176.8	14:40	365	638	574	902	28.0	4	158	88.8		
10:25	366	374	279	558	26.2	3	154	80.7	14:45	280	545	427	735	27.8	6	238	356.0		
10:30	366	386	284	561	26.2	4	193	173.7	14:50	217	271	205	361	26.9	3	148	71.2		
10:35	373	390	285	558	26.5	3	136	52.9	14:55	368	752	583	886	26.9	6	233	327.4		
10:40	404	423	309	598	26.5	3	151	75.5	15:00	273	596	452	996	28.0	4	160	91.5		
10:45	466	475	355	678	27.2	4	169	110.6	15:05	605	559	674	1111	27.4	3	133	48.4		
10:50	346	361	264	498	27.6	3	139	57.0	15:10	340	524	402	642	28.2	6	248	404.8		
10:55	359	375	279	516	26.7	4	158	88.0	15:15	321	555	426	680	27.3	4	163	98.7		
11:00	357	415	331	589	26.7	3	146	67.3	15:20	205	538	411	659	27.8	5	207	219.6		
11:05	401	409	316	536	26.5	4	157	86.2	15:25	302	524	402	647	28.5	3	133	48.5		
11:10	357	358	286	514	26.3	4	160	91.9	15:30	299	504	400	640	28.0	6	237	346.9		
11:15	350	365	271	501	26.5	3	118	32.7	15:35	257	487	375	601	27.6	4	171	115.2		
11:20	360	369	277	516	26.7	2	105	22.0	15:40	272	482	372	592	27.8	3	146	67.5		
11:25	384	401	302	548	26.9	6	254	441.5	15:45	229	469	358	577	28.3	5	218	263.1		
11:30	382	396	317	569	26.7	4	173	119.8	15:50	246	463	353	568	27.6	6	241	369.3		
11:35	430	447	343	605	26.9	3	145	65.8	15:55	287	439	358	576	27.6	4	177	130.0		
11:40	417	433	330	589	26.7	3	129	44.2	16:00	355	440	335	530	27.6	3	121	35.2		
11:45	391	409	318	564	27.4	4	168	108.4	16:05	309	308	247	419	27.1	3	146	67.5		
11:50	557	547	448	746	26.9	3	128	43.1	16:10	282	309	233	399	26.5	6	232	323.1		
11:55	529	584	447	789	26.9	5	202	202.8	16:15	453	423	342	640	26.0	5	215	251.8		
12:00	498	551	423	786	26.9	5	208	224.0	16:20	180	188	132	252	26.3	5	217	257.8		
12:05	469	497	380	686	27.1	5	220	271.0	16:25	142	142	108	207	24.9	6	235	339.0		
12:10	344	466	364	646	26.7	4	169	110.6	16:30	137	142	104	199	24.7	6	236	345.4		
12:15	473	596	494	813	26.7	5	199	192.7	16:35	136	142	104	199	24.7	7	264	502.0		
12:20	510	583	469	821	28.1	3	133	49.0	16:40	88	101	74	142	24.5	4	185	151.3		
12:25	440	510	388	693	27.1	6	253	435.6	16:45	82	96	70	134	24.3	4	196	181.8		
12:30	388	394	322	564	26.9	4	187	156.0	16:50	75	93	68	130	24.1	3	130	45.4		
12:35	279	522	388	687	26.2	3	132	47.8	16:55	81	96	71	135	23.8	3	148	69.7		
12:40	463	520	399	698	26.9	4	175	124.6	17:00	87	98	72	137	23.8	4	194	177.1		
12:45	396	689	528	845	27.2	3	149	72.1	17:05	99	108	79	151	24.1	3	150	74.0		
12:50	457	696	533	942	28.3	5	223	283.7	17:10	110	114	85	163	24.3	4	163	97.0		
12:55	610	710	589	996	28.5	4	164	99.9	17:15	131	142	100	191	24.1	4	187	157.2		
13:00	511	536	416	712	28.2	3	137	54.2	17:20	129	144	104	199	24.3	4	185	149.9		
13:05	399	412	488	945	28.2	3	145	65.8	17:25	124	134	101	192	24.5	5	215	252.2		
13:10	494	517	383	818	27.8	4	160	91.9	17:30	86	91	68	130	24.5	4	187	155.2		
13:15	536	546	422	773	27.3	3	111	26.5											

7 Febrero 2020	SOLAR DATA					WIND DATA				7 Febrero 2020	SOLAR DATA					WIND DATA			
	M1 (W)	M2 (W)	M3 (W)	IRRADIAN (W/m2)	T-AMB (°C)	V-WIND (m/s)	RPM	POT. ELECT. (W)	M1 (W)		M2 (W)	M3 (W)	IRRADIAN (W/m2)	T-AMB (°C)	V-WIND (m/s)	RPM	POT. ELECT. (W)		
09:00	365	367	291	659	25.4	2	0	0	13:20	361	376	289	481	27.6	5	206	216.7		
09:05	369	376	297	666	26.6	2	0	0	13:25	339	356	263	455	27.4	3	137	54.2		
09:10	336	325	304	675	26.7	2	0	0	13:30	398	431	334	511	26.7	3	130	45.4		
09:15	393	399	310	681	26.7	1	0	0	13:35	270	281	213	373	26.5	3	147	69.5		
09:20	375	412	329	706	26.9	3	125	39.7	13:40	330	365	612	948	27.8	6	241	369.8		
09:25	358	378	294	609	26.9	3	134	50.3	13:45	303	350	585	937	27.6	6	231	320.3		
09:30	462	467	358	731	27.1	3	145	65.8	13:50	290	516	560	851	28.3	4	168	108.7		
09:35	451	464	361	740	27.8	3	139	57.0	13:55	301	432	546	882	28.9	4	171	115.6		
09:40	342	343	261	563	26.9	3	128	43.1	14:00	278	366	546	883	28.9	3	151	75.1		
09:45	408	403	322	628	26.4	3	140	58.4	14:05	305	413	546	875	28.2	5	223	283.3		
09:50	345	320	266	544	26.9	3	145	65.8	14:10	362	603	543	870	28.7	4	186	153.8		
09:55	355	385	284	577	27.1	2	101	19.3	14:15	363	393	543	859	28.7	4	166	103.3		
10:00	311	319	237	495	26.5	4	165	102.0	14:20	365	638	574	902	28.0	4	160	90.9		
10:05	324	322	251	506	26.0	3	149	72.1	14:25	280	545	427	735	27.8	6	253	436.2		
10:10	326	338	248	516	26.7	2	82	9.5	14:30	217	271	205	361	26.9	3	136	53.0		
10:15	307	316	232	479	26.5	3	151	75.5	14:35	368	752	583	886	26.9	5	230	315.6		
10:20	285	294	218	446	26.7	4	194	176.8	14:40	272	617	481	722	26.9	3	136	53.2		
10:25	300	307	229	458	26.2	3	154	80.7	14:45	329	647	504	791	26.9	5	210	231.7		
10:30	301	317	233	461	26.2	4	193	173.7	14:50	282	613	479	748	27.4	3	152	77.4		
10:35	316	331	242	473	26.5	3	136	52.9	14:55	263	599	467	734	27.8	4	192	171.3		
10:40	328	343	251	485	26.5	3	151	75.5	15:00	243	569	450	711	27.6	3	125	39.4		
10:45	328	334	250	477	27.2	4	169	110.6	15:05	244	560	437	687	27.1	5	203	204.5		
10:50	339	354	259	488	27.6	3	139	57.0	15:10	242	559	434	681	26.7	6	239	359.0		
10:55	368	384	286	529	26.7	4	158	88.0	15:15	238	550	423	663	26.9	4	172	118.2		
11:00	340	395	315	561	26.7	3	146	67.3	15:20	231	533	409	644	27.4	3	124	39.0		
11:05	404	412	318	540	26.5	4	157	86.2	15:25	194	504	398	624	27.8	4	170	113.6		
11:10	336	337	269	484	26.3	4	160	91.9	15:30	222	511	395	620	27.8	3	130	45.4		
11:15	343	358	266	491	26.5	3	118	32.7	15:35	215	500	388	606	27.4	5	210	231.4		
11:20	343	351	264	491	26.7	2	105	22.0	15:40	230	469	370	585	27.6	4	176	127.2		
11:25	370	386	291	528	26.9	6	254	441.5	15:45	161	462	368	576	26.7	7	271	547.4		
11:30	361	374	300	538	26.7	4	173	119.8	15:50	201	455	353	555	27.4	5	211	234.4		
11:35	424	441	338	597	26.9	3	145	65.8	15:55	202	438	340	536	27.4	5	200	195.4		
11:40	389	404	308	550	26.7	3	129	44.2	16:00	144	417	333	524	27.1	3	145	66.4		
11:45	383	401	312	553	27.4	4	168	108.4	16:05	183	403	323	508	26.0	5	229	311.0		
11:50	542	532	436	726	26.9	3	128	43.1	16:10	202	400	314	495	26.3	5	209	227.6		
11:55	386	426	326	576	26.9	5	202	202.8	16:15	178	390	300	473	26.5	3	129	44.0		
12:00	498	551	423	786	26.9	5	208	224.0	16:20	174	377	281	459	26.7	3	142	61.1		
12:05	395	419	320	578	27.1	5	220	271.0	16:25	168	331	279	442	26.5	3	149	72.8		
12:10	328	444	347	616	26.7	4	169	110.6	16:30	182	344	270	428	26.3	3	133	48.8		
12:15	473	596	494	813	26.7	5	199	192.7	16:35	174	326	251	400	26.7	3	136	52.2		
12:20	504	576	463	811	28.1	3	133	49.0	16:40	174	308	740	398	26.7	3	136	52.9		
12:25	342	397	302	539	27.1	6	253	435.6	16:45	92	288	220	358	26.0	3	141	60.1		
12:30	319	324	265	464	26.9	4	187	156.0	16:50	149	271	207	339	25.6	6	254	439.1		
12:35	272	509	378	670	26.2	3	132	47.8	16:55	146	245	193	326	26.0	4	184	148.2		
12:40	411	462	354	620	26.9	4	175	124.6	17:00	144	249	183	310	26.0	2	88	12.2		
12:45	518	902	691	1106	27.2	3	149	72.1	17:05	135	230	167	289	25.6	3	124	38.3		
12:50	468	712	545	964	28.3	5	223	283.7	17:10	130	213	153	271	25.4	3	125	40.2		
12:55	563	656	544	920	28.5	4	164	99.9	17:15	125	200	150	256	25.4	3	141	59.2		
13:00	439	461	358	612	28.2	3	137	54.2	17:20	126	181	136	246	25.6	2	95	15.4		
13:05	419	433	512	992	28.2	3	145	65.8	17:25	116	163	116	215	25.2	3	146	66.5		
13:10	434	454	336	718	27.8	4	160	91.9	17:30	105	137	0	190	24.9	6	234	334.1		
13:15	467	475	367	673	27.3	3	111	26.5											

10 Febrero 2020	SOLAR DATA					WIND DATA				10 Febrero 2020	SOLAR DATA					WIND DATA			
	M1 (W)	M2 (W)	M3 (W)	IRRADIAN (W/m2)	T-AMB (°C)	V-WIND (m/s)	RPM	POT. ELECT. (W)	M1 (W)		M2 (W)	M3 (W)	IRRADIAN (W/m2)	T-AMB (°C)	V-WIND (m/s)	RPM	POT. ELECT. (W)		
09:00	308	296	240	582	25.4	1	0	0	13:20	363	535	582	951	26.9	6	244	385.2		
09:05	320	316	248	586	26.6	1	0	0	13:25	199	337	304	512	26.7	3	148	70.5		
09:10	330	328	54	594	26.7	1	0	0	13:30	241	345	264	469	25.3	12	388	1861.4		
09:15	344	345	260	615	26.7	1	0	0	13:35	235	302	279	521	25.8	5	205	213.2		
09:20	361	351	268	634	26.9	3	125	39.7	13:40	264	355	309	402	26.5	3	141	59.8		
09:25	369	361	278	633	26.9	3	134	50.3	13:45	285	368	384	499	25.8	5	212	238.9		
09:30	385	377	298	652	27.1	3	145	65.8	13:50	342	571	588	714	26.5	8	313	897.4		
09:35	354	395	302	673	27.8	3	139	57.0	13:55	209	311	302	605	27.2	6	260	477.9		
09:40	409	404	315	677	26.9	3	128	43.1	14:00	360	431	575	915	27.4	3	156	84.3		
09:45	426	423	329	699	26.4	3	140	58.4	14:05	353	526	548	877	27.8	7	274	571.1		
09:50	410	420	340	706	26.9	3	145	65.8	14:10	345	206	529	683	27.4	8	313	897.4		
09:55	444	429	342	712	27.1	2	101	19.3	14:15	341	194	523	827	26.2	7	271	550.1		
10:00	463	451	360	728	26.5	4	165	102.0	14:20	311	587	519	815	26.5	4	182	142.3		
10:05	429	464	308	739	26.0	3	149	72.1	14:25	278	606	496	791	26.9	5	208	224.0		
10:10	479	475	374	745	26.7	2	82	9.5	14:30	248	613	483	768	26.7	6	245	390.6		
10:15	494	493	388	761	26.5	3	151	75.5	14:35	236	621	488	772	27.4	5	210	231.4		
10:20	506	494	394	766	26.7	4	194	176.8	14:40	261	619	585	768	26.9	8	316	927.0		
10:25	529	510	402	776	26.2	3	154	80.7	14:45	215	599	484	764	26.2	7	281	622.2		
10:30	526	517	413	789	26.2	4	193	173.7	14:50	259	599	480	753	26.5	7	286	660.6		
10:35	513	531	416	794	26.5	3	136	52.9	14:55	244	514	472	737	26.5	6	234	334.1		
10:40	518	539	431	803	26.5	3	151	75.5	15:00	253	548	459	716	26.9	7	263	496.9		
10:45	528	539	434	811	27.2	4	169	110.6	15:05	231	546	447	700	26.7	5	213	242.8		
10:50	551	552	445	826	27.6	3	139	57.0	15:10	238	548	436	678	26.5	5	212	238.9		
10:55	592	562	466	844	26.7	4	158	88.0	15:15	235	539	429	668	26.9	4	159	89.9		
11:00	574	557	471	849	26.7	3	146	67.3	15:20	212	523	414	639	25.7	5	231	319.8		
11:05	582	554	476	854	26.5	4	157	86.2	15:25	221	476	410	631	26.5	8	315	917.0		
11:10	625	567	483	862	26.3	4	160	91.9	15:30	220	511	405	625	26.9	3	132	47.8		
11:15	630	594	490	867	26.5	3	118	32.7	15:35	222	515	410	634	27.2	4	168	108.4		
11:20	635	602	492	874	26.7	2	105	22.0	15:40	215	502	397	618	26.7	5	210	231.4		
11:25	616	611	494	874	26.9	6	254	441.5	15:45	161	460	372	585	26.9	6	260	477.9		
11:30	607	624	500	878	26.7	4	173	119.8	15:50	197	459	364	570	26.7	8	292	708.8		
11:35	628	631	506	884	26.9	3	145	65.8	15:55	192	448	358	558	26.7	5	225	292.5		
11:40	728	717	561	984	26.7	3	129	44.2	16:00	201	420	344	538	26.5	6	240	364.1		
11:45	733	722	569	992	27.4	4	168	108.4	16:05	205	415	338	526	26.2	10	342	1212.5		
11:50	623	716	571	996	26.9	3	128	43.1	16:10	207	306	305	477	26.5	4	177	129.5		
11:55	599	722	567	978	26.9	5	202	202.8	16:15	224	393	313	483	26.5	7	274	571.1		
12:00	581	740	578	996	26.9	5	208	224.0	16:20	214	314	252	419	26.3	7	270	543.3		
12:05	320	725	570	986	27.1	5	220	271.0	16:25	212	262	210	353	25.8	6	249	412.6		
12:10	549	780	625	1080	26.7	4	169	110.6	16:30	198	202	156	276	26.3	7	285	652.8		
12:15	415	731	575	986	26.7	5	199	192.7	16:35	201	213	159	277	26.0	3	148	70.5		
12:20	518	749	568	1008	28.1	3	133	49.0	16:40	143	147	105	206	25.4	3	149	72.1		
12:25	568	719	569	978	27.1	6	253	435.6	16:45	121	123	90	177	25.1	7	265	509.8		
12:30	487	715	562	956	26.9	4	187	156.0	16:50	102	109	78	153	24.9	8	301	785.8		
12:35	468	702	550	948	26.2	3	132	47.8	16:55	109	111	81	159	24.5	8	291	700.6		
12:40	334	705	552	938	26.9	4	175	124.6	17:00	111	113	83	162	24.5	6	239	359.0		
12:45	458	528	549	929	27.2	3	149	72.1	17:05	113	114	84	164	24.3	4	169	110.6		
12:50	392	671	536	910	28.3	5	223	283.7	17:10	97	115	85	167	24.3	4	177	129.5		
12:55	407	668	545	908	28.5	4	164	99.9	17:15	140	148	105	198	24.3	3	137	54.2		
13:00	434	581	538	913	28.2	3	137	54.2	17:20	131	133	94	185	24.3	6	249	412.6		
13:05	439	692	597	994	28.2	3	145	65.8	17:25	165	210	157	273	24.5	3	138	55.6		
13:10	271	641	600	971	27.8	4	160	91.9	17:30	164	213	154	275	24.7	4	178	132.0		
13:15	377	610	601	990	27.3	3	111	26.5											

12 Febrero 2020	SOLAR DATA					WIND DATA				10 Febrero 2020	SOLAR DATA					WIND DATA			
	M1 (W)	M2 (W)	M3 (W)	IRRADIAN (W/m2)	T-AMB (°C)	V-WIND (m/s)	RPM	POT. ELECT. (W)	M1 (W)		M2 (W)	M3 (W)	IRRADIAN (W/m2)	T-AMB (°C)	V-WIND (m/s)	RPM	POT. ELECT. (W)		
09:00	307	304	229	554	30.1	1	0	0	13:20	330	505	539	895	28.6	5	223	283.7		
09:05	277	271	208	491	30.0	1	0	0	13:25	309	500	538	892	29.3	3	156	84.3		
09:10	301	300	230	549	29.2	1	0	0	13:30	307	533	582	956	28.6	5	223	283.7		
09:15	298	306	238	550	29.1	1	0	0	13:35	312	600	595	971	29.3	3	156	84.3		
09:20	328	329	259	589	29.1	1	0	0	13:40	240	457	586	956	29.7	3	141	59.2		
09:25	346	325	768	596	28.9	1	0	0	13:45	317	444	588	949	30.0	3	134	50.2		
09:30	374	365	282	627	30.5	1	0	0	13:50	322	651	581	946	30.0	2	106	22.9		
09:35	380	384	293	643	30.7	1	0	0	13:55	316	558	579	884	30.0	3	125	39.9		
09:40	397	385	305	648	28.6	2	0	0	14:00	324	614	622	756	29.1	3	134	50.8		
09:45	407	408	317	662	29.3	1	0	0	14:05	324	509	537	747	28.9	4	168	109.3		
09:50	429	422	331	686	30.0	2	0	0	14:10	317	590	534	856	29.3	3	119	34.0		
09:55	445	443	351	710	30.2	4	0	0	14:15	316	463	515	825	29.3	3	145	65.6		
10:00	463	452	363	724	31.3	3	0	0	14:20	352	699	553	883	29.3	5	205	213.2		
10:05	474	469	372	739	31.3	3	0	0	14:25	356	674	549	876	30.0	3	142	61.6		
10:10	494	480	389	758	30.9	2	0	0	14:30	290	662	549	874	29.8	3	152	76.5		
10:15	496	455	392	754	30.2	4	0	0	14:35	358	686	540	864	30.0	5	217	257.8		
10:20	529	515	414	758	30.6	3	0	0	14:40	355	677	540	854	29.8	4	158	88.4		
10:25	537	534	426	809	30.0	3	0	0	14:45	331	651	531	842	30.0	3	150	74.0		
10:30	387	406	321	606	30.9	3	0	0	14:50	341	637	521	828	29.1	3	126	40.4		
10:35	561	570	456	846	31.6	0	0	0	14:55	342	654	524	825	29.1	3	134	50.8		
10:40	559	555	440	824	32.2	3	0	0	15:00	306	594	492	776	29.3	3	127	41.4		
10:45	554	547	441	826	32.2	2	0	0	15:05	296	607	495	782	29.1	8	306	831.0		
10:50	536	571	454	841	32.4	3	0	0	15:10	324	613	490	776	28.7	5	202	202.8		
10:55	554	570	466	850	34.5	3	0	0	15:15	318	601	480	758	28.2	4	191	166.2		
11:00	566	569	472	850	30.6	4	0	0	15:20	313	574	472	742	28.9	5	198	187.8		
11:05	565	547	462	831	31.1	3	104	20.9	15:25	256	567	457	726	28.2	3	134	50.3		
11:10	547	530	451	813	31.9	3	90	13.0	15:30	265	575	459	714	28.7	3	137	53.7		
11:15	508	517	429	771	31.5	2	0	0	15:35	284	547	435	685	28.2	5	214	247.9		
11:20	543	535	448	799	31.7	4	0	0	15:40	271	514	408	641	28.0	4	161	93.6		
11:25	611	580	486	857	31.7	3	0	0	15:45	229	499	396	626	28.0	3	124	38.4		
11:30	519	587	479	844	32.8	2	0	0	15:50	236	472	377	589	27.6	3	134	50.4		
11:35	554	591	476	845	31.5	5	0	0	15:55	240	443	364	568	27.8	3	135	51.5		
11:40	547	580	482	845	31.5	2	107	23.6	16:00	227	421	347	540	26.9	3	125	39.3		
11:45	452	592	468	830	31.1	3	155	81.9	16:05	218	413	334	520	26.9	3	135	51.2		
11:50	548	562	477	835	31.5	3	138	55.6	16:10	163	393	314	495	26.7	4	169	110.6		
11:55	342	606	484	850	32.4	3	128	42.8	16:15	189	353	290	458	26.9	3	136	52.9		
12:00	297	602	495	862	32.6	3	127	41.5	16:20	190	35	291	458	26.3	4	171	114.5		
12:05	411	609	408	854	33.1	2	74	6.8	16:25	176	337	270	430	26.3	4	177	128.5		
12:10	412	621	493	859	32.4	2	71	5.9	16:30	138	330	264	418	25.8	4	180	137.8		
12:15	399	627	425	865	32.6	1	0	0	16:35	131	318	253	404	25.6	3	154	80.7		
12:20	360	635	508	882	33.5	1	0	0	16:40	170	310	248	398	25.4	5	209	226.9		
12:25	419	632	502	880	32.6	1	0	0	16:45	159	291	230	369	25.4	3	154	79.8		
12:30	465	643	519	901	31.7	3	123	37.1	16:50	148	236	215	348	25.2	4	169	109.5		
12:35	439	655	516	893	29.9	3	121	35.3	16:55	133	256	202	327	25.2	4	159	90.3		
12:40	525	610	522	907	29.3	3	128	43.4	17:00	134	237	179	304	24.9	4	194	175.8		
12:45	466	668	517	896	29.5	3	139	56.3	17:05	1304	229	173	297	25.2	3	134	50.1		
12:50	362	685	515	899	30.0	4	167	105.4	17:10	96	161	119	206	25.4	3	122	36.7		
12:55	426	622	526	900	30.7	4	171	115.6	17:15	104	171	127	222	25.4	4	181	140.2		
13:00	426	591	535	901	30.2	3	124	39.1	17:20	95	159	119	212	25.2	2	96	16.2		
13:05	388	462	525	885	29.5	4	164	100.1	17:25	92	146	107	196	25.4	3	136	52.4		
13:10	338	578	537	882	29.8	5	203	206.2	17:30	82	130	96	176	25.4	3	129	43.7		
13:15	217	367	512	904	30.3	5	203	206.2											

14 Febrero 2020	SOLAR DATA					WIND DATA				14 Febrero 2020	SOLAR DATA					WIND DATA			
	M1 (W)	M2 (W)	M3 (W)	IRRADIAN (W/m2)	T-AMB (°C)	V-WIND (m/s)	RPM	POT. ELECT. (W)	M1 (W)		M2 (W)	M3 (W)	IRRADIAN (W/m2)	T-AMB (°C)	V-WIND (m/s)	RPM	POT. ELECT. (W)		
09:00	303	300	226	546	26.5	1	0	0	13:20	290	632	561	906	28.3	6	252	429.8		
09:05	317	310	238	561	27.2	2	0	0	13:25	274	443	476	772	28.0	7	289	684.4		
09:10	334	325	251	585	27.4	3	0	0	13:30	275	477	521	856	27.3	8	293	714.6		
09:15	349	343	263	600	28.3	1	0	0	13:35	280	537	533	870	27.8	4	173	119.3		
09:20	328	351	272	615	27.6	2	0	0	13:40	212	404	518	846	28.5	3	137	53.7		
09:25	374	344	278	631	28.5	2	0	0	13:45	293	409	542	875	28.5	5	225	292.0		
09:30	387	340	294	645	28.7	2	0	0	13:50	302	609	544	886	28.2	8	290	695.7		
09:35	357	389	299	659	28.7	3	0	0	13:55	282	498	517	789	27.6	3	133	49.4		
09:40	412	405	312	674	28.9	2	0	0	14:00	324	614	622	756	27.3	5	196	184.3		
09:45	428	429	329	692	28.7	1	0	0	14:05	324	509	537	747	28.3	4	180	137.1		
09:50	435	435	335	697	28.0	2	0	0	14:10	280	521	471	756	27.3	7	272	559.8		
09:55	463	459	359	719	27.8	2	0	0	14:15	277	407	453	725	27.8	3	128	42.9		
10:00	470	468	366	732	28.7	2	0	0	14:20	301	599	474	756	27.3	9	329	1059.7		
10:05	473	469	373	738	28.7	2	0	0	14:25	303	573	467	745	27.6	6	232	326.0		
10:10	489	488	385	750	29.1	4	188	158.9	14:30	257	586	486	774	27.6	7	264	505.9		
10:15	506	497	131	758	28.0	3	127	41.9	14:35	316	607	478	764	27.3	5	221	276.9		
10:20	501	498	401	769	26.4	4	176	127.0	14:40	313	598	477	754	27.8	3	135	51.5		
10:25	527	521	409	775	27.6	3	123	37.6	14:45	294	577	471	746	28.3	3	150	74.1		
10:30	528	534	422	791	27.3	3	121	35.6	14:50	295	551	450	716	27.8	4	170	113.3		
10:35	555	543	429	798	27.1	3	154	80.7	14:55	292	559	448	705	28.3	3	135	51.7		
10:40	541	555	434	806	27.1	3	153	78.9	15:00	315	612	506	799	28.2	3	138	54.9		
10:45	545	541	441	814	27.4	3	123	37.6	15:05	297	609	497	785	28.3	3	155	82.7		
10:50	550	563	448	823	27.1	3	127	41.9	15:10	328	621	496	786	28.2	5	204	208.6		
10:55	540	562	452	834	27.4	4	170	112.9	15:15	335	633	506	798	28.2	4	165	102.8		
11:00	566	539	461	839	28.5	2	106	22.7	15:20	315	577	475	746	28.7	5	201	198.7		
11:05	569	576	469	851	28.0	3	123	37.6	15:25	256	568	458	727	27.3	5	221	276.9		
11:10	539	579	474	857	27.8	4	179	134.5	15:30	263	571	456	710	27.8	3	135	51.5		
11:15	606	585	480	861	27.8	3	135	51.6	15:35	265	511	406	640	28.0	3	142	60.7		
11:20	619	580	489	873	28.2	3	127	41.9	15:40	265	501	398	625	27.3	3	144	63.8		
11:25	633	594	488	874	28.9	3	154	80.7	15:45	214	467	371	586	28.3	4	180	137.1		
11:30	618	617	497	887	29.4	3	133	49.0	15:50	224	449	358	560	28.0	4	194	176.5		
11:35	652	624	503	889	28.2	3	124	38.7	15:55	223	412	339	528	27.6	3	147	69.1		
11:40	625	631	505	894	28.9	3	127	41.9	16:00	211	391	322	502	27.8	3	111	26.5		
11:45	633	626	507	895	29.3	3	128	43.1	16:05	205	389	314	490	27.3	5	210	230.6		
11:50	549	650	511	903	29.8	3	128	43.1	16:10	155	375	300	473	27.4	3	156	83.8		
11:55	549	644	512	908	28.9	3	143	62.7	16:15	189	351	289	456	26.9	6	244	383.6		
12:00	606	668	517	912	28.9	3	151	75.5	16:20	181	34	277	436	27.4	5	225	292.5		
12:05	336	661	526	920	28.9	4	164	99.9	16:25	168	321	257	410	27.6	3	117	31.3		
12:10	426	689	537	937	28.7	4	176	127.0	16:30	134	320	256	405	27.1	5	209	229.1		
12:15	323	645	537	936	29.3	3	135	51.6	16:35	129	312	249	397	26.7	6	235	337.1		
12:20	461	684	533	931	29.3	4	161	93.8	16:40	156	285	228	365	27.2	3	123	37.6		
12:25	460	677	523	916	29.3	3	130	45.4	16:45	148	272	216	345	26.7	7	273	562.6		
12:30	449	683	525	920	29.3	4	185	150.4	16:50	141	224	204	330	26.7	4	182	141.2		
12:35	472	689	530	920	28.9	4	162	95.8	16:55	132	255	201	325	26.2	4	175	124.6		
12:40	474	661	534	925	29.6	6	238	353.9	17:00	135	238	180	305	26.3	2	100	18.7		
12:45	507	522	539	924	30.2	3	137	54.2	17:05	138	230	173	298	25.4	4	159	89.2		
12:50	479	646	551	955	30.2	5	213	242.8	17:10	126	210	156	269	24.9	3	135	52.1		
12:55	283	719	558	974	29.1	5	213	242.8	17:15	124	204	151	265	25.2	4	166	105.0		
13:00	379	499	405	750	28.6	5	209	227.6	17:20	102	170	128	228	24.5	3	132	47.4		
13:05	325	409	327	515	28.0	3	151	75.5	17:25	94	150	110	201	24.3	4	162	96.0		
13:10	310	514	463	745	28.0	7	285	652.8	17:30	93	146	113	198	24.1	3	130	44.8		
13:15	245	615	577	921	27.8	2	101	19.3											

17 Febrero 2020	SOLAR DATA					WIND DATA				17 Febrero 2020	SOLAR DATA					WIND DATA			
	M1 (W)	M2 (W)	M3 (W)	IRRADIAN (W/m2)	T-AMB (°C)	V-WIND (m/s)	RPM	POT. ELECT. (W)	M1 (W)		M2 (W)	M3 (W)	IRRADIAN (W/m2)	T-AMB (°C)	V-WIND (m/s)	RPM	POT. ELECT. (W)		
09:00	290	279	226	548	27.2	2	0	0	13:20	143	447	539	886	27.8	5	205	213.2		
09:05	312	308	242	572	26.5	2	0	0	13:25	140	505	536	842	28.9	3	111	26.6		
09:10	330	328	254	594	26.9	1	0	0	13:30	281	487	532	874	28.2	3	144	63.5		
09:15	336	337	254	601	26.0	2	0	0	13:35	280	538	534	871	27.3	3	156	84.9		
09:20	350	340	260	614	26.3	3	0	0	13:40	216	412	528	862	28.2	5	211	235.1		
09:25	369	361	278	633	26.0	3	0	0	13:45	284	397	526	849	28.7	4	170	112.9		
09:30	379	371	293	642	26.9	2	0	0	13:50	289	584	521	849	28.2	4	174	122.2		
09:35	349	389	298	663	26.9	1	0	0	13:55	284	501	520	794	27.8	2	108	24.2		
09:40	409	404	315	677	25.5	3	0	0	14:00	268	508	514	625	28.0	8	299	768.2		
09:45	420	417	324	689	26.5	3	0	0	14:05	311	489	515	717	27.6	7	275	578.2		
09:50	405	415	336	697	26.5	3	0	0	14:10	302	562	508	815	27.6	4	179	134.5		
09:55	444	429	342	712	26.7	4	0	0	14:15	308	452	503	805	28.0	4	195	179.9		
10:00	463	451	360	728	28.1	2	0	0	14:20	316	628	497	793	27.8	3	122	36.6		
10:05	429	464	308	739	27.3	3	0	0	14:25	319	604	492	785	27.8	8	310	868.5		
10:10	479	475	374	745	27.6	2	104	21.2	14:30	257	586	486	774	27.8	3	141	59.8		
10:15	494	493	388	761	27.3	2	76	7.4	14:35	316	606	477	763	27.6	3	129	44.2		
10:20	506	494	394	766	28.7	2	66	4.5	14:40	313	598	477	754	27.8	5	205	213.2		
10:25	529	510	402	776	28.9	3	133	49.3	14:45	292	574	468	742	28.0	7	278	599.9		
10:30	526	517	413	789	28.5	3	111	26.1	14:50	300	560	458	728	27.8	7	290	692.5		
10:35	513	531	416	794	28.7	2	63	3.8	14:55	297	568	455	716	28.0	4	195	179.9		
10:40	518	539	431	803	28.2	3	145	65.9	15:00	276	535	443	699	27.3	4	189	161.8		
10:45	528	539	434	811	29.1	4	160	91.5	15:05	258	529	432	682	28.0	4	157	86.2		
10:50	551	552	445	826	28.7	4	183	145.8	15:10	282	534	427	676	28.2	5	213	242.8		
10:55	592	562	466	844	28.2	5	210	231.4	15:15	276	522	417	658	28.0	3	147	68.9		
11:00	574	557	471	849	28.7	5	198	190.4	15:20	272	498	410	644	27.8	3	142	61.3		
11:05	582	554	476	854	28.7	4	165	101.2	15:25	221	490	395	627	26.9	5	226	296.9		
11:10	625	567	483	862	28.0	3	138	55.7	15:30	226	491	392	610	26.7	4	193	173.7		
11:15	630	594	490	867	28.7	3	125	39.6	15:35	248	478	380	599	27.6	7	276	585.4		
11:20	635	602	492	874	28.9	4	169	110.0	15:40	246	466	370	581	26.7	3	145	65.8		
11:25	616	611	494	874	29.4	4	186	152.9	15:45	207	451	358	566	26.9	5	223	283.7		
11:30	607	624	500	878	28.2	5	199	191.7	15:50	220	441	352	550	26.5	3	156	84.3		
11:35	628	631	506	884	28.2	4	194	176.8	15:55	227	420	345	538	26.5	8	299	768.2		
11:40	657	647	506	888	28.2	4	161	93.0	16:00	219	405	334	520	26.3	3	138	55.6		
11:45	659	649	512	892	29.4	2	92	14.0	16:05	207	392	317	494	26.3	3	129	44.2		
11:50	560	644	514	896	28.2	4	183	143.9	16:10	156	377	301	475	26.3	5	209	227.6		
11:55	551	664	521	899	28.4	3	118	33.0	16:15	194	361	297	469	26.5	3	125	39.7		
12:00	526	669	523	901	28.6	3	145	65.3	16:20	183	340	280	440	26.3	6	243	379.8		
12:05	293	665	523	904	29.6	4	165	102.8	16:25	176	336	269	429	25.8	5	218	262.7		
12:10	460	654	524	905	29.8	4	182	141.8	16:30	138	330	264	418	26.0	3	155	82.5		
12:15	381	672	528	906	29.3	3	128	42.7	16:35	128	310	247	394	26.3	6	242	374.6		
12:20	466	674	511	907	28.9	5	223	284.2	16:40	161	294	235	377	26.5	5	211	235.1		
12:25	527	668	528	908	28.4	5	222	280.3	16:45	150	275	218	349	26.0	6	245	390.6		
12:30	462	678	533	906	28.4	3	114	29.1	16:50	144	229	209	338	26.3	6	232	324.5		
12:35	448	672	527	908	28.9	5	206	218.2	16:55	130	250	197	319	26.0	4	189	161.8		
12:40	324	683	535	909	28.4	6	238	351.9	17:00	132	233	176	299	26.0	4	175	124.6		
12:45	447	515	535	906	28.9	5	219	268.1	17:05	129	216	163	280	26.0	8	300	777.0		
12:50	390	667	533	905	28.7	5	231	317.9	17:10	121	202	150	259	25.4	7	267	523.0		
12:55	406	666	543	905	28.5	3	123	37.4	17:15	113	186	138	242	25.4	3	145	65.8		
13:00	429	575	532	903	28.2	3	129	44.6	17:20	99	166	125	222	25.4	4	160	91.9		
13:05	396	624	538	896	28.2	4	189	162.9	17:25	91	145	106	194	25.8	2	64	4.1		
13:10	243	574	538	870	28.0	6	256	454.6	17:30	86	136	100	184	25.4	4	185	150.4		
13:15	339	549	541	891	28.0	6	232	325.5											



Facultad de Ingeniería

Escuela Profesional de Ingeniería en Energía

Informe del Asesor Informe de Tesis para obtener el título profesional

1) **Apellidos/Nombres:** SAENZ GUTIERREZ RONNY JHONATAN y SOLIS ALBERCA ANAPAUOLA MARIANELLA

2) **Título del Proyecto de Investigación:**

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO FOTOVOLTAICO INSTALADO EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

3) **Evaluación del Contenido:** El proyecto de tesis para título reúne las condiciones metodológicas de la investigación científica y está en conformidad con el artículo 39° y 40° del Reglamento General de Grados y Títulos vigente de la Universidad Nacional del Santa, concluyéndose que los tesisistas han elaborado el proyecto de investigación dentro de las líneas de investigación que promueve la E.P.I.E.

4) **Observaciones:** Ninguna.

5) **Certificación de Aprobación:** En calidad de asesor certifico la aprobación del proyecto de tesis para título.

Fecha:08-02-2021

Dr. Denis Jayier Aranguri Cayetano

Asesor



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

DECLARACION JURADA DE AUTORÍA

Yo, ANAPaula MARIANELLA SOLIS ALBERCA estudiante de la

Facultad:	Ciencias		Educación		Ingeniería	X
Escuela Profesional:	Ingeniería en Energía					
Departamento Académico:						
Escuela de Posgrado	Maestría		Doctorado			

Programa:

De la Universidad Nacional del Santa; Declaro que el trabajo de investigación es un **trabajo inédito**, intitulado:

“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO FOTOVOLTAICO INSTALADO EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA”

presentado en 143 folios, para la obtención del Grado académico: ()

Título profesional: (X) Investigación anual: ()

- He citado todas las fuentes empleadas, no he utilizado otra fuente distinta a las declaradas en el presente trabajo.
- Este trabajo de investigación no ha sido presentado con anterioridad ni completa ni parcialmente para la obtención de grado académico o título profesional.
- Comprendo que el trabajo de investigación será público y por lo tanto sujeto a ser revisado electrónicamente para la detección de plagio por el VRIN.
- De encontrarse uso de material intelectual sin el reconocimiento de su fuente o autor, me someto a las sanciones que determinan el proceso disciplinario.

Nuevo Chimbote, Febrero de 2021

Firma:

Nombres y Apellidos: ANAPaula MARIANELLA SOLIS ALBERCA

DNI: 70121239



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

DECLARACION JURADA DE AUTORÍA

Yo, RONNY JHONATAN SAENZ GUTIERREZ estudiante de la

Facultad:	Ciencias		Educación		Ingeniería	X
Escuela Profesional:	Ingeniería en Energía					
Departamento Académico:						
Escuela de Posgrado	Maestría		Doctorado			

Programa:

De la Universidad Nacional del Santa; Declaro que el trabajo de investigación es un **trabajo inédito**, intitulado:

“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO FOTOVOLTAICO INSTALADO EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA”

presentado en 143 folios, para la obtención del Grado académico: ()

Título profesional: (X) Investigación anual: ()

- He citado todas las fuentes empleadas, no he utilizado otra fuente distinta a las declaradas en el presente trabajo.
- Este trabajo de investigación no ha sido presentado con anterioridad ni completa ni parcialmente para la obtención de grado académico o título profesional.
- Comprendo que el trabajo de investigación será público y por lo tanto sujeto a ser revisado electrónicamente para la detección de plagio por el VRIN.
- De encontrarse uso de material intelectual sin el reconocimiento de su fuente o autor, me someto a las sanciones que determinan el proceso disciplinario.

Nuevo Chimbote, Febrero de 2021

Firma:

Nombres y Apellidos: RONNY JHONATAN SAENZ GUTIERREZ

DNI: 75112170