



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD

MODALIDAD: INFORME DE INVESTIGACIÓN

Título:

Análisis de la radiación solar para determinar un sistema fotovoltaico que permita abastecer la demanda eléctrica de un módulo didáctico eléctrico del Instituto Tecnológico Francisco de Orellana, ciudad de Puyo Provincia de Pastaza.

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de magister en Electricidad
mención sistemas eléctricos de potencia

Autor:

Pérez Romero Diego Fernando

Tutor:

PhD. Marrero Ramírez Secundino

LATACUNGA –ECUADOR

2022


AVAL DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación “Análisis de la radiación solar para determinar un sistema fotovoltaico que permita abastecer la demanda eléctrica de un módulo didáctico eléctrico del Instituto Tecnológico Francisco de Orellana, ciudad de Puyo Provincia de Pastaza.” presentado por Pérez Romero Diego Fernando, para optar por el título magíster en Electricidad mención sistemas eléctricos de potencia

CERTIFICO

Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y se considera que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación para la valoración por parte del Tribunal de Lectores que se designe y su exposición y defensa pública.

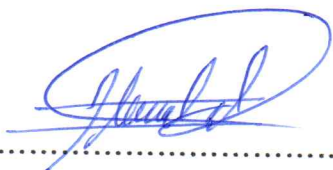
Latacunga, febrero, 16, 2022


.....
PhD. Marrero Ramírez Secundino
CC.: 1757107907

AVAL DEL TRIBUNAL

El trabajo de Titulación: “Análisis de la radiación solar para determinar un sistema fotovoltaico que permita abastecer la demanda eléctrica de un módulo didáctico eléctrico del Instituto Tecnológico Francisco de Orellana, ciudad de Puyo Provincia de Pastaza”, ha sido revisado, aprobado y autorizado su impresión y empastado, previo a la obtención del título de Magíster en Electricidad mención sistemas Eléctricos de Potencia; el presente trabajo reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la exposición y defensa.

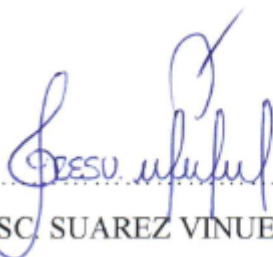
Latacunga, mayo, 13, 2022



.....
MSC. LEÓN SEGOVIA MARCO ANÍBAL

CC. 050230540-2

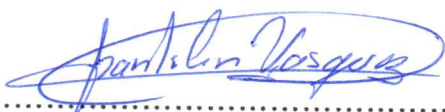
Presidente del tribunal



.....
MSC. SUAREZ VINUEZA ROMMEL EUSEBIO

CC. 180416535-3

Lector 2



.....
MSC. VASQUEZ TENEDA FRANKLIN

CC. 171043449-7

Lector 3

DEDICATORIA

Dedico este Proyecto de Investigación a mi esposa quien siempre estuvo alentándome en esta etapa de mi vida con sus consejos y amor. A mis padres quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación, siendo un apoyo incondicional en todo momento, depositando su eterna confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad. A mis hermanas quienes llenan de amor y alegría mi vida y me impulsan para seguir adelante.

Diego Pérez

AGRADECIMIENTO

Este proyecto es resultado del esfuerzo conjunto de todos los que formamos el grupo de trabajo. Por esto agradezco a mi tutor, PhD. Marrero Ramírez Secundino, quien, a lo largo de este tiempo, hemos hecho posible el desarrollo de este proyecto, el cual ha finalizado llenando todas nuestras expectativas. A mis padres quienes a lo largo de toda mi vida me han apoyado y motivado mi formación académica, los cuales creyeron en mí en todos momentos y no dudaron de mis habilidades. Finalmente, un eterno agradecimiento a esta prestigiosa Universidad la cual abre sus puertas, preparándonos para un futuro y formándonos como personas de bien.

Diego Pérez

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Quien suscribe, declara que asume la autoría de los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de titulación.

Latacunga, mayo, 13, 2022



Ing. Diego Fernando Pérez Romero

1600566622

RENUNCIA DE DERECHOS

Quien suscribe, cede los derechos de autoría intelectual total y/o parcial del presente trabajo de titulación a la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Latacunga, mayo, 13, 2022

.....

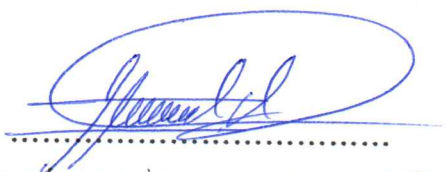

Diego Fernando Pérez Romero

1600566622

AVAL DEL PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Quien suscribe, declara que el presente Trabajo de Titulación: “Análisis de la radiación solar para determinar un sistema fotovoltaico que permita abastecer la demanda eléctrica de un módulo didáctico eléctrico del Instituto Tecnológico Francisco de Orellana, ciudad de Puyo Provincia de Pastaza”, contiene las correcciones a las observaciones realizadas por los lectores en sesión científica del tribunal.

Latacunga, mayo, 13, 2022



MSC. LEÓN SEGOVIA MARCO ANÍBAL

CC. 050230540-2

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD

MENCIÓN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA

Título: Análisis de la radiación solar para determinar un sistema fotovoltaico que permita abastecer la demanda eléctrica de un módulo didáctico eléctrico del Instituto Tecnológico Francisco de Orellana, ciudad de Puyo Provincia de Pastaza.

Autor: Pérez Romero Diego Fernando

Tutor: PhD. Marrero Ramírez Secundino

RESUMEN

El presente trabajo de investigación trata el análisis de la radiación solar, que determinará un sistema fotovoltaico que permita abastecer la demanda eléctrica de un módulo didáctico eléctrico del Instituto Tecnológico Francisco de Orellana; en la investigación se efectuó una serie de lectura de datos durante 12 meses, determinando de esta manera la radiación solar en el sitio de estudio, de esta manera, se determinó el peor mes correspondiente al mes marzo con una energía obtenida del sistema de 4416.2 [Wh/m² día], funcionando desde las 8:00 am hasta las 17:00 pm, en este tiempo se determina una irradiancia mínima 99.1 [W/m²] de 16:30 pm a 17:00 pm, así mismo el día típico arrojó una hora pico sol de 4.4; del estudio de cargas del grupo de módulos didácticos se determinó que: la energía que consume en el tiempo determinado de utilización y que por lo general es en las noches es 3672 Wh/día. Finalmente se realizó un análisis de costos de instalación que corresponde a 3073.85 dólares.

PALABRAS CLAVE: Radiación solar; sistema fotovoltaico; modulo didáctico.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD
MENCIÓN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA**

Title: "Analysis of solar radiation to determine a photovoltaic system to supply the electricity demand of an electrical teaching module of the Francisco de Orellana Technological Institute, city of Puyo, Pastaza Province".

Author: Pérez Romero Diego Fernando

Tutor: PhD. Marrero Ramírez Secundino

ABSTRACT

The present research work deals with the analysis of the solar radiation that will determine a photovoltaic system that will allow supplying the electric demand of an electric didactic module of the Instituto Tecnológico Francisco de Orellana, in the research a series of data reading was made during 12 months, determining in this way the solar radiation in the study site, in this way the worst month was determined corresponding to the month of March with an energy obtained from the system of 4416.2 [Wh/m² day], operating from 8:00 am to 17:00 pm, in this time a minimum irradiance of 99.1 [W/m²] was determined from 16:30 pm to 17:00 pm, likewise the typical day showed a peak sun hour of 4.4; from the load study of the group of didactic modules it was determined that: the energy consumed in the determined time of use, which is usually at night, is 3672 Wh/ m² day. Finally, an analysis of installation costs was carried out, which corresponds to 3073.85 dollars.

KEYWORDS: Solar radiation; photovoltaic system; didactic module.

Yo, Marco Paúl Beltrán Semblantes con cédula de identidad número:0502666514 Magister en Lingüística Aplicada a la Enseñanza del idioma Inglés como Lengua Extranjera con número de registro de la SENESCYT: 1020-2021-2354162; **CERTIFICO** haber revisado y aprobado la traducción al idioma Inglés del resumen del trabajo de investigación con el título: "**Análisis de la radiación solar para determinar un sistema fotovoltaico que permita abastecer la demanda eléctrica de un módulo didáctico eléctrico del Instituto Tecnológico Francisco de Orellana, ciudad de Puyo Provincia de Pastaza.**" de: Pérez Romero Diego Fernando, aspirante a Magister en Electricidad, Mención Sistemas Eléctricos de Potencia.



Mg. Marco Paul Beltrán Semblantes
0502666514



CENTRO
DE IDIOMAS

Latacunga, mayo, 2022

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	17
ANTECEDENTES:	17
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	19
OBJETIVO GENERAL	19
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
SISTEMAS DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	19
JUSTIFICACIÓN	20
HIPÓTESIS	21
CAPÍTULO I. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA- METODOLÓGICA	22
1.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN O FUNDAMENTACIÓN DEL ESTADO DEL ARTE. -	22
1.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA. -	27
1.2.1 Energía solar.	27
1.2.2 Radiación solar.	27
1.2.3 Radiación solar directa.....	28
1.2.4 Radiación solar difusa.....	28
1.2.5 Radiación solar global (RSG).....	29
1.2.6 Condiciones meteorológicas.....	29
1.2.7 Atlas solar.	29
1.2.8 Energía Fotovoltaica.	30
1.2.9 Aplicación de la energía solar fotovoltaica.....	30
1.2.10 Módulos fotovoltaicos.	31

1.2.11 Sistemas aislados.	32
1.2.12 Piranómetro.....	32
1.2.13 Dimensionamiento del sistema fotovoltaico.....	33
1.2.14 PV*SOL Premium	35
1.3 FUNDAMENTACIÓN METODOLÓGICA.....	36
1.4 CONCLUSIONES CAPÍTULO I.....	37
CAPÍTULO II. PROPUESTA	39
2.1 TÍTULO DEL PROYECTO.	39
2.2 OBJETIVO DEL PROYECTO.	39
2.3 DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA.	39
2.3.1. Ubicación del estudio.	39
2.3.2. Recolección de datos en campo.....	40
2.3.3. Modulo didácticos.....	41
2.3.4. Irradiación solar en el sitio por la NASA.	42
2.3.4. Irradiación solar por regiones por el Atlas solar.....	43
2.3.5. Irradiación solar en sitio con piranómetro.	44
2.3.6. Análisis de la carga.....	53
2.3.6.1 <i>Demanda y consumo de los módulos</i>	53
2.4 METODOLOGÍA O PROCEDIMIENTOS EMPLEADOS PARA EL CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	54
2.5 CONCLUSIONES CAPÍTULO II.-	55
CAPÍTULO III. APLICACIÓN Y/O VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA	56
3.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS:.....	56

3.1.1	Análisis de los datos recolectados en el sitio de la radiación.	56
3.1.1.1	<i>Dia típico del mes de marzo</i>	57
3.1.2	Dimensionamiento del generador fotovoltaico.....	59
3.1.2.1	<i>Dimensionamiento del regulador de carga</i>	60
3.1.2.2	<i>Dimensionamiento del sistema de acumulación</i>	61
3.1.2.3	<i>Dimensionamiento del inversor</i>	62
3.1.2.4	<i>Diagrama unifilar de las instalaciones del ITSFO</i>	62
3.1.2.5	<i>Diagrama unifilar sistema fotovoltaico</i>	63
3.1.2.6	<i>Plano eléctrico de instalación</i>	63
3.1.3	Simulación en el software PVSOL.	64
3.2	VALIDACIÓN TÉCNICA -ECONÓMICA DE LOS RESULTADOS:	69
3.3	EVALUACIÓN DE EXPERTOS	70
3.4	CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO III.-	70
3.6	RECOMENDACIONES	72
ANEXOS	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Aprovechamiento de energía fotovoltaica.....	27
Fig. 2. Insolación difusa en el mes de enero.....	30
Fig. 3. Aplicación de la energía solar fotovoltaica.	31
Fig. 4. Módulos fotovoltaicos.....	32
Fig. 5. Instalación aislada a la red.....	32
Fig. 6. Datalogging Solar Power meter TES-132.....	33
Fig. 7. Ubicación Instituto Francisco de Orellana.	40
Fig. 8. Modulo didáctico de instalaciones eléctricas domiciliarias	42
Fig. 9. Histograma y polígono de frecuencia de la irradiancia (08:00-08:30)	46
Fig. 10. Histograma y polígono de frecuencia de la irradiancia (12:00-12:30)	48
Fig. 11. Histograma y polígono de frecuencia de la irradiancia (12:00-12:30)	49
Fig. 12. Histograma y polígono de frecuencia de la irradiancia (12:00-12:30)	52
Fig. 13. Histograma y polígono de frecuencia de la irradiancia (12:00-12:30)	53
Fuente: Por el autor.....	54
Fig. 14. Curva característica de la irradiancia vs tiempo.....	58
Fig. 15. Arreglo de conexión de paneles.	60
Fig. 16. Unifilar de distribución.....	63
Fig. 17. Diagrama unifilar sistema fotovoltaico.	63
Fig. 18. Plano eléctrico.	64

Fig. 19. Arreglo de conexión de paneles.	65
Fig. 20. Arreglo de conexión de paneles.	65
Fig. 21. Arreglo de conexión de paneles.	66
Fig. 22. Arreglo de conexión de paneles.	66
Fig. 24. Inversor de baterías y batería.....	67
Fig. 25. Cableado del sistema.	67
Fig. 22. Configuración final del sistema.....	67

INDICE DE TABLAS

TABLA 1. Irradiación solar por la NASA.....	42
TABLA 2. Irradiación solar por Atlas solar	43
TABLA 3. Irradiación solar.....	44
TABLA 4. Frecuencia de Irradiancia de Marzo (8:00-8:30).....	45
TABLA 5. Frecuencia de Irradiancia de Marzo (11:00-11:30).....	46
TABLA 6. Frecuencia de Irradiancia de Marzo (12:00-12:30).....	47
TABLA 7. Frecuencia de Irradiancia de Marzo (13:00-13:30).....	48
TABLA 8. Frecuencia de Irradiancia de Marzo (16:30-17:00).....	49
TABLA 9. Frecuencia de Irradiancia de Septiembre (08:00-08:30).....	50
TABLA 10. Frecuencia de Irradiancia de Septiembre (12:00-12:30).....	51
TABLA 11. Consumos medios diarios total.....	53
TABLA 12. Frecuencia de irradiancia solar (8:00-8:30).....	57
TABLA 13. Energía total del mes de marzo (8:00-17:00).....	57
TABLA 14. Voltaje nominal en función de la potencia.....	59
TABLA 15. Resumen de resultados de PVSOL.....	68
TABLA 16. Costos del sistema.	69

INTRODUCCIÓN

Muchos lugares del Ecuador carecen de una radiación solar óptima, debido a su ubicación geográfica y el clima adverso que sufren, esto ocasiona que no haya en el lugar suficiente radiación que recomienda el fabricante que debe tener cada panel solar, esto implica que todo el sistema fotovoltaico trabaje de forma inadecuada.

Organismos estiman una irradiación solar en cada región, como es el atlas solar y así mismo la página de la NASA arroja valores predictivos en cualquier punto específico del mundo, pero esto no es suficiente puesto nos da un estimado del valor real; la provincia de Pastaza, exclusivamente en la ciudad del Puyo no se ha efectuado ningún estudio a fondo de cuánta irradiación al año existe en esta región, y por tal motivo, no se tiene un dato exacto para la estimación y construcción de sistemas fotovoltaicos.

El presente trabajo recopilará una serie de datos tomados en un año de medición de la radiación solar en el sitio de estudio, y así determinar cuáles son los meses críticos, cuanta energía solar se puede aprovechar y de la misma manera simular el sistema fotovoltaico.

Antecedentes:

En estudios realizados en el país de Argentina, en la ciudad de Santo Domingo, se ha verificado que existen varios modelos teóricos, que permiten estimar los valores de radiación solar, y que ninguno puede dar cuenta de la radiación particular en un punto específico de la tierra en un instante dado, para esto, resulta fundamental realizar mediciones con instrumentos a fin a las especificaciones.

Las investigaciones de la radiación solar resultan indispensables al instalar sistemas fotovoltaicos, puesto que nos dan un valor de energía promedio anual, ya que el grado de abundancia del recurso solar en una zona se establece a partir de la radiación solar incidente en un año, medida en Kh/m^2 .

Investigaciones realizadas en Colombia en la ciudad de Bucaramanga, afirman que la temperatura ambiente, afecta directamente la operación del panel fotovoltaico, reduciendo su eficiencia y aumentando las pérdidas por transmisión de calor.

La presente investigación, se enfoca en las líneas de investigación, **Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental y las sub línea: conversión y uso racional de la energía eléctrica**, debido a que se va a realizar un estudio completo para determinar la irradiación incidente en un año, y así determinar un sistema eficaz y eficiente, que abastezca las necesidades de energía de un módulo didáctico destinado al aprendizaje en el Instituto Superior Francisco de Orellana.

Además, se tendrá datos reales de la radiación solar en la ciudad de Puyo, que indicará la energía promedio anual, además, beneficiará a proyectos fotovoltaicos posteriores en las diferentes comunidades que todavía carecen de energía eléctrica.

Planteamiento del problema

En algunos puntos geográficos del Ecuador, la radiación solar no es la suficiente para que los sistemas fotovoltaicos alcancen su máxima potencia, de acuerdo al atlas solar del Ecuador con fines de generación eléctrica, indica valores de forma global de la radiación solar de los meses del año; no obstante, no especifica los valores de cada ciudad.

Exclusivamente de la ciudad del Puyo en la provincia de Pastaza; la página oficial de la NASA, arroja valores predictivos en cualquier parte del mundo, sin embargo, siempre tiene que estar comparados con mediciones reales en el sitio de estudio para realizar una comparación de datos y asegurar las lecturas tomadas.

Esto causa que implementaciones de sistemas fotovoltaicos, no sean óptimas en el medio, puesto que no se aprovecha toda la radiación solar, y además no se tiene un registro de los meses más críticos donde la carencia de radiación solar afecta a todo el sistema.

Los efectos que tienen el no aprovechamiento total de la radiación solar en los sistemas fotovoltaicos, pueden causar que no funcione el activo a su máxima potencia, de acuerdo a la tecnología del panel solar, estos pueden tener eficiencias de conversión de entre 25% hasta 40%, esto implica tener paneles con irradiación comprendidas entre 250 W/m² y 400 W/m².

Formulación del problema

¿El Análisis de la radiación solar, determinará un sistema fotovoltaico que permita abastecer la demanda eléctrica de un módulo didáctico eléctrico del Instituto Tecnológico Francisco de Orellana, ciudad de Puyo Provincia de Pastaza?

Objetivo General

- 1) Analizar la radiación solar en un tiempo determinado de 12 meses y de esta manera simular el sistema fotovoltaico obtenido, mediante instrumentos de medición y software, para abastecer la demanda de módulos didácticos del Instituto Superior Francisco de Orellana.

Objetivos Específicos

- 1) Recopilar información en diferentes referencias bibliográficas, artículos científicos y demás medios bibliográficos.
- 2) Determinar el grado de abundancia del recurso solar en una zona específica, a partir de la radiación solar incidente durante un año, medida en kWh/m².
- 3) Evaluar el potencial solar obtenido de la radiación solar, mediante la utilización de software y determinar la conveniencia de instalar sistemas de generación fotovoltaica.
- 4) Diseñar y simular un sistema solar fotovoltaico, considerando el número equivalente de horas al día con un nivel de radiación constante de 1000W/m².

Sistemas de tareas en relación a los objetivos específicos:

Objetivos específicos	Actividad (tareas)	Resultado de la actividad	Descripción de la actividad (técnicas e instrumentos)
1	Recopilar información en diferentes referencias bibliográficas, artículos científicos y demás medios bibliográficos.	Información, técnicas y métodos del tema plasmados en el Capítulo I.	Artículos científicos, bibliotecas virtuales, libros físicos, Internet.
2	Determinar el grado de abundancia del recurso	Base de datos de valores en [Wh / m ²].	Piranómetro

	solar en una zona específica, a partir de la radiación solar incidente durante un año, medida en kWh/m ² .		
3	Evaluar el potencial solar obtenido de la radiación solar, mediante la utilización de software y determinar la conveniencia de instalar sistemas de generación fotovoltaica.	Histogramas de frecuencia de los meses en los cuales se realizó las mediciones. Potencia necesaria [Wh / m ²].	Excel, Word. Datos tabulados.
4	Diseñar y simular un sistema solar fotovoltaico, considerando el número equivalente de horas al día con un nivel de radiación constante de 1000W/m ² .	Potencia para: -Paneles Solares. -Baterías. -Regulador. -Inversor.	Cálculos efectuados Software PVSOL

Elaborado por: El autor

Justificación

En la actualidad muchas entidades a favor del medio ambiente, promueven el uso de energías alternativas que no causen daños a la flora, fauna y espacios protegidos, el uso de sistemas de generación fotovoltaica son uno de ellos, se ha demostrado que estos sistemas son muy eficientes en lugares donde la radiación solar alcance valores cercanos, iguales o superiores a los 1000W/m², esto asegura que los paneles solares funcionen a su máxima potencia.

Los principales beneficiarios de usar estos tipos de energías alternativas, son las comunidades alejadas al suministro de energía eléctrica convencional, debido al lugar remoto donde se encuentran.

Debido al incremento de demanda de generación de energía fotovoltaica, muchos países han realizado investigaciones con el fin de determinar un valor real anual de

la energía promedio existente en un punto geográfico específico, esto asegura que las instalaciones de sistemas de generación fotovoltaicos no sean obsoletas y que abastezca la demanda eléctrica de los usuarios.

La siguiente investigación determinara valores reales de la radiación solar en la ciudad de Puyo, puesto que, al no existir una base de datos de la energía promedio anual, no se puede determinar a ciencia cierta, si al instalar un sistema de generación fotovoltaico funcione en las condiciones óptimas y satisfaga las necesidades del usuario.

Hipótesis

La propuesta del análisis de la radiación solar en un tiempo determinado de doce meses permitirá determinar un sistema fotovoltaico óptimo y seguro que abastecerá la demanda eléctrica de los módulos didácticos del Instituto Francisco de Orellana y de igual forma se presentará una simulación del mismo para comprobar su funcionamiento.

CAPÍTULO I. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA-METODOLÓGICA

1.1 Antecedentes de la investigación o fundamentación del estado del arte. -

La Evaluación del potencial solar y eólico del campus central de la Universidad Industrial de Santander y la ciudad de Bucaramanga, Colombia, respecto al recurso solar, El estudio del potencial de los recursos eólico y solar es necesario en el proceso de dimensionamiento, diseño y evaluación de la viabilidad de proyectos relacionados a este tipo de energías. Debido a esto, una de las barreras para la penetración y masificación de las energías renovables en el país corresponde a la limitada disponibilidad y exactitud de la información relacionada con el recurso energético renovable, especialmente en las ciudades capitales [1]

Un nuevo Sistema Solar Fotovoltaico (SSFV) fue diseñado optimizando los ángulos de inclinación de paneles solares y siguiendo los criterios establecidos por la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) para aplicaciones en energización rural dispersa en Colombia. Para el diseño del sistema, se realizó un estudio a través de diferentes etapas. Inicialmente se realizó la selección de una Zona No Interconectada al Sistema de Interconexión Nacional (SIN); posteriormente, una vez seleccionado el lugar de aplicación del sistema se realizó la ingeniería de detalle del SSFV contemplando topologías de los SSFV, dimensionamiento de dispositivos, optimización del ángulo de inclinación, patrones de irradiación y brillo solar.

Finalmente, se procedió con el proceso de implementación y verificación del desempeño del prototipo de SSFV, mediante pruebas de operación en sitio; durante las pruebas, se presentó un consumo excesivo de energía durante los primeros tres días, superando en un 8%, 36% y 42%, el consumo para el cual fue diseñado y evidenciando así la necesidad de hacer énfasis en la concientización de los usuarios en el uso racional de la energía, lo cual es importante debido a que en este tipo de sistemas la energía es limitada. [2]

Si bien existen varios modelos teóricos que permiten estimar los valores de radiación solar, es obvio que ninguno puede dar cuenta de la radiación particular para un punto específico de la Tierra en un instante dado. Para ello, resulta fundamental realizar mediciones y a tal efecto existen diversos tipos de instrumentos denominados genéricamente solarímetros o radiómetros. Según su principio de funcionamiento se clasifican en termoelectrónicos y fotovoltaicos. [3]

Por otro lado, un plano a tope de atmosfera con dirección normal a la incidencia solar recibe un valor de radiación de aproximadamente 1367 W/m. Sin embargo, dicho valor sobre el nivel del mar es menor debido a diversos factores, pero el principal es la absorción de la atmósfera. Ésta última, se debe a la presencia de nubes y aerosoles. Por lo tanto, para determinar la disponibilidad del recurso solar en un sitio determinado es necesario realizar mediciones. [3]

El trabajo desarrollado en Argentina, fue desarrollar modelos de redes neuronales para estimar la radiación solar global promedio horaria a partir de los datos obtenidos directamente en estaciones automáticas y validarlos con registros de radiación solar observados. La esencia del estudio fue la construcción de modelos de predicción a partir de variables meteorológicas de sencilla adquisición. Los datos meteorológicos utilizados para estimar la radiación solar global (irradiancia, W/m²) fueron: temperatura (°C), humedad relativa (%), velocidad de viento (km/h) y lluvia (mm) que se obtuvieron de una estación meteorológica automática marca DAVIS, Vantage PRO 2, ubicada en Cañada de Luque (30° 44' 53'' S; 63° 43' 50'' W), provincia de Córdoba, y abarcaron el período del 13/07/07 al 01/03/11, con un intervalo de almacenamiento de datos cada 30 minutos. Esta estación provee datos de radiación solar promedio cada media hora, en un rango de 0 a 1800 W/m², con una precisión ±5%. [4]

Según la investigación realizada en Cataluña Se presenta una metodología para el cálculo de la radiación solar potencial en cualquier zona de la Tierra de la que se disponga de un modelo digital de elevaciones. El método contempla la trayectoria solar a lo largo del día, la distancia Tierra-Sol, la extinción atmosférica, los ángulos de incidencia en cada punto y los ocultamientos topográficos en cada punto. Se aplica el modelo para generar 12 mapas mensuales y 1 mapa anual.[5]

Existen diferentes modelos teóricos para la obtención de un conocimiento inicial de los valores de radiación solar sobre una superficie horizontal en un lugar determinado, entre los cuales se pueden mencionar los de Orgill y Hollands, Page, Iqbal, Liu y Jordan, ASHARE y Hottel. Obviamente es necesario determinar, mediante los datos obtenidos de radiación directa y global, los instrumentos adecuados para la medición de dichas radiaciones para un lugar señalado, cuál o cuáles de ellos tienen un mejor comportamiento para realizar su respectivo ajuste y de esta manera escoger el o los que ofrecen mayor precisión.[6]

En la investigación de S. Sayago los datos meteorológicos utilizados para estimar la radiación solar global (irradiancia, W/m^2) fueron: temperatura ($^{\circ}C$), humedad relativa (%), velocidad de viento (km/h) y lluvia (mm) que se obtuvieron de una estación meteorológica automática marca DAVIS, Vantage PRO 2, ubicada en Cañada de Luque ($30^{\circ} 44' 53'' S$; $63^{\circ} 43' 50'' W$), provincia de Córdoba, y abarcaron el período del 13/07/07 al 01/03/11, con un intervalo de almacenamiento de datos cada 30 minutos. Esta estación provee datos de radiación solar promedio cada media hora, en un rango de 0 a $1800 W/m^2$, con una precisión $\pm 5\%$.[7]

En este trabajo se presentan resultados obtenidos al calcular mediante el modelo TUV (Tropospherical Ultraviolet Visible Model) las dosis eritémicas y los índices de radiación solar ultravioleta que se reciben a nivel del mar en Arica. El modelo matemático utilizado en este trabajo corresponde al modelo TUV (Tropospherical Ultraviolet Visible Model). El modelo TUV fue desarrollado por Madronich en la División de Química Atmosférica del Centro Nacional para la Investigación de la Atmósfera en USA. El modelo TUV permite realizar cálculos en el rango de longitudes de onda de 121 – 750 nm para el cálculo de: irradiancias espectrales, flujo espectral, coeficientes de foto disociación y la irradiancia efectiva biológicamente (dosis eritémica).[8]

En la investigación de Juan Pablo Castanedo la dosis diaria obtenida mediante radiometría terrestre fue comparada con los valores satelitales que proporcionó la NASA para las coordenadas de la ciudad de San Luis Potosí. Durante el lapso de observación, el coeficiente de correlación fue cercano a la unidad ($r = 0.92$, $p < 0.001$). Por lo tanto, se confirmó que las mediciones remotas son equiparables a las

cuantificaciones terrestres. Existió variación significativa entre las dosis de radiación UV en el transcurso del año, y entre ciudades (ANOVA, $p < 0.001$). La dosis mínima de radiación UV se observó en diciembre para todos los sitios y la máxima durante los meses de mayo a julio. La localidad con menor radiación anual fue Tijuana y la de máxima radiación el Distrito Federal.[9]

Este artículo propone y describe un modelo numérico para la obtención de los cinco parámetros (corriente foto generada, corriente de saturación, factor de idealidad, resistencia en serie y en paralelo) del circuito equivalente de un módulo fotovoltaico (modelo de un diodo) a partir de los datos dados en el datasheet. Estos parámetros posibilitan determinar el punto de máxima potencia y trazar la curva I-V del módulo para condiciones diferentes a las dadas por los fabricantes de irradiancia y temperatura. Se utiliza el método de Newton-Raphson para resolver el sistema de ecuaciones no lineales del modelo propuesto. Se realiza el muestreo de las diferentes curvas I-V dadas por los fabricantes de dos módulos fotovoltaicos diferentes y se determinan las métricas RMSE y NRMSE.[10]

En este trabajo titulado Proyecto de Factibilidad para Uso de Paneles Solares en Generación Fotovoltaica de Electricidad en el Complejo Habitacional San Antonio de Riobamba. Se elaboró un marco teórico en base a la bibliografía universal, evaluamos los requerimientos de consumo energético de una vivienda tipo del conjunto residencial y en base de la determinación del potencial energético del sol de la localidad, proyectamos el sistema fotovoltaico que genera 11,88 Kw, alimenta una carga de 55.76 A, con el uso de 9 paneles fotovoltaicos, un banco de 27 baterías conectadas en serie, utilizamos 3 inversores de 48v 4000VA, utilizamos un controlador para evitar la sobre carga y descarga total de las baterías de almacenamiento las que no deben sobrepasar de un 60% en su descarga con la finalidad de tener una vida útil de 25 años. [11]

La eficiencia efectiva de los módulos fotovoltaicos montados a la intemperie difiere significativamente en magnitud y forma del dato de eficiencia que puede disponerse a prioridades de sus hojas técnicas. Se midió durante un periodo la energía generada por tres módulos fotovoltaicos de silicio monocristalino, amorfo y policristalino montados a 30° respecto al plano horizontal, conjuntamente con la radiación y

variables climáticas. Se modeló la función energía generada mediante técnicas de inteligencia computacional para los distintos materiales. Las funciones solución encontradas independientemente muestran una forma común en los materiales estudiados, pero difieren en las constantes del modelo. Estos resultados permiten obtener la energía generada en función de datos usualmente disponibles para distintos tipos de módulos en condiciones reales de operación.[12]

El desarrollo de la investigación se realizó durante cuatro días del mes de diciembre del 2018 y cuyo objetivo fue la determinación experimental de la eficiencia de un panel fotovoltaico de 60 W en la ciudad de Puno, que es afectada principalmente por aspectos ambientales y tecnologías utilizadas en su fabricación. El método empleado para determinar la eficiencia es el método de conversión de energía, que consiste en determinar qué porcentaje de la radiación solar incidente en el panel es convertida en energía eléctrica fotovoltaica. La radiación solar se midió cada 30 minutos desde las 10:30 AM hasta las 3:00 PM cada día con una estación meteorológica automática, los cuales fueron recalculados a su vez computacionalmente con un software considerando una inclinación de 16° coincidente con la latitud de Puno y la orientación del panel al norte geográfico para lo cual se determinó su variación con respecto al norte magnético de 5° grados puesto que la óptima instalación del panel, juega un papel importante, ya que mejora la eficiencia del mismo. [13]

En este trabajo se presentan los resultados de la evaluación realizada a series de datos climáticos para obtener los promedios de radiación solar y temperatura, con el fin de determinar la factibilidad en la implementación de sistemas de generación de energía eléctrica fotovoltaica conectados a la red eléctrica.

Para esta evaluación se tomaron como referencia las bases de datos de la estación meteorológica instalada en la Universidad Tecnológica del Chocó y la del IDEAM-110450010; que se encuentra ubicada en el Aeropuerto el Cariño de la Ciudad de Quibdó. Los resultados obtenidos muestran que los meses con mayor radiación son junio y Julio alcanzando valores aproximados de 3.83 kWh/m² y los de menor radiación Abril, agosto y noviembre con valores aproximados de 1.59 kWh/m². La

temperatura presenta un comportamiento bastante definido con valores promedios máximos de 26 °C y promedios mínimos de 22 °C.[14]

Ante la carencia de mediciones de radiación solar directa en Argentina (excepto algunos años registrados en San Luis), recientemente se presentó una estimación preliminar de su distribución espacial a partir de metodologías de descomposición. Se incluyeron en él las cartas correspondientes a los meses de enero y Julio, comparándoselas con las trazadas en base a datos estimados por NASA a partir de información satelital, hallando para enero desvíos relativos de 30-31% y de 38-39% para Julio.[15]

1.2. Fundamentación Teórica. -

1.2.1 Energía solar.

La electricidad es la forma más versátil de energía que tenemos. Permite que los ciudadanos de los países dispongan de luz, refrigeración, control de la temperatura en sus casas, colegios y oficinas y accesos a los medios de comunicación por cable y radio.

La energía Solar fotovoltaica es una tecnología que genera corriente continua (potencia medidas en vatios o kilovatios) por medio de semiconductores cuando estos son iluminados por un haz de fotones. Mientras la luz incide sobre una célula solar, que es el nombre dado al elemento fotovoltaico individual, se genera potencia eléctrica; cuando la luz se extingue, la electricidad desaparece. Las células solares no necesitan ser cargadas como las baterías. Algunas células solares vienen manteniéndose en operación terrestre o en el espacio desde hace 30 años. [16]



Fig. 1. Aprovechamiento de energía fotovoltaica.

1.2.2 Radiación solar.

La principal fuente natural de energía es el Sol, ya sea por su acción directa (aprovechamiento de la energía solar) o indirecta (formación de combustibles fósiles, biomasa, generación de vientos).[17]

La radiación solar desempeña un papel fundamental e importante para el desarrollo del ser humano ya que se encuentra inmiscuido en los procesos naturales de crecimiento de las plantas (cultivo de la tierra), regeneración de vegetación, etc. Por lo tanto, la información sobre los niveles de radiación solar ha provocado que surja un gran interés a nivel mundial, debido a su importante aporte. [18]

El aprovechamiento de la Energía Solar depende del conocimiento de la cantidad de irradiación solar que incide en un lugar determinado y también de la variación de dicho factor en un ciclo anual. La radiación solar que incide sobre una región se representa en mapas, tanto mensuales, como anuales; así como los diversos tipos de radiación tanto difusa, directa y global. Los mapas se realizan utilizando información recurrente de estaciones meteorológicas; recopilando datos obtenidos por equipos medidores de niveles de radiaciones solares incidentes.[19]

La radiación solar se expresa como un conjunto de radiaciones electromagnéticas causadas por el sol, la radiación solar cuantifica la energía que, por unidad de tiempo y área, alcanza a la tierra en una superficie perpendicular y su unidad es W/m^2 . [20]

1.2.3 Radiación solar directa.

La radiación solar directa se conoce como el índice de insolación que influye sobre la tierra en línea recta, la dirección de la radiación solar directa depende de factores importantes a considerar como latitud, hora y día del año.[18]

1.2.4 Radiación solar difusa.

La radiación solar difusa es una fracción de insolación, que incide sobre la superficie terrestre sin una dirección definida, producto a los índices de reflexión, absorción ocasionada por gases, nubes y aerosoles que se encuentran en la atmósfera.[18]

1.2.5 Radiación solar global (RSG)

La radiación solar global, no es nada más que la suma tanto de la radiación solar directa con la radiación solar difusa, entonces se puede deducir que la radiación solar global es la insolación total que incide sobre la superficie terrestre.[18]

1.2.6 Condiciones meteorológicas.

Se puede decir que en un día nublado la radiación solar es difusa, por lo contrario, en un día totalmente despejado la radiación solar será directa, de igual forma una superficie horizontal recibe mayor radiación, hay que tener en consideración la presencia de superficies reflejantes.[17]

1.2.7 Atlas solar.

Un atlas de irradiación está basado en un conjunto de procesamientos, donde básicamente hacen uso de datos de irradiación solar del país. En él se encuentra una serie de mapas correspondientes a estadísticas básicas de medias anuales y mensuales de irradiación solar, tanto, directa, difusa y global cada una con sus trazos de interpolación.[19]

Este documento incluye la cuantificación del potencial de radiación solar en el Ecuador, contiene una base de mapas mensuales y anuales de radiación solar tanto directa, difusa y global, así como también un conjunto de mapas de promedios anuales de radiación solar global directa y difusa.[21]

El Atlas solar del Ecuador, es un documento técnico, que está puesto a disposición tanto de instituciones públicas como privadas, así como, también personas naturales. El uso que se le pueda dar a este tipo de documento es para estudios de potencial solar para la generación de energías renovables. Con este se aspira contribuir con la con el crecimiento y desarrollo de las energías limpias en el Ecuador.[21]

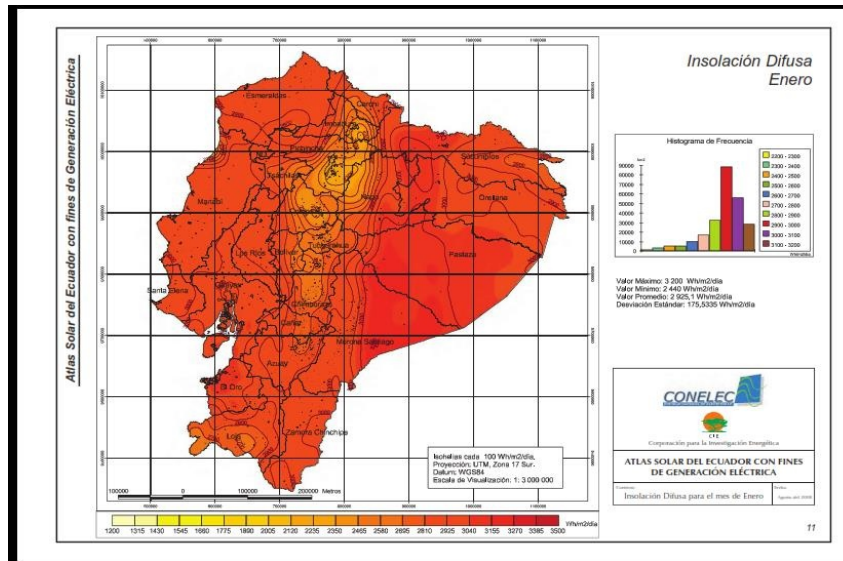


Fig. 2. Insolación difusa en el mes de enero.

1.2.8 Energía Fotovoltaica.

La Energía Solar Fotovoltaica es una tecnología que genera corriente continua (potencia medida en vatios o kilovatios) por medio de semiconductores cuando éstos son iluminados por un haz de fotones. Mientras la luz incide sobre una célula solar, que es el nombre dado al elemento fotovoltaico individual, se genera potencia eléctrica; cuando la luz se extingue, la electricidad desaparece. Las células solares no necesitan ser cargadas como las baterías. Algunas células solares vienen manteniéndose en operación terrestre o en el espacio desde hace 30 años.[16]

1.2.9 Aplicación de la energía solar fotovoltaica.

Aunque la Energía Solar Fotovoltaica se considera una forma cara de producir energía es, muy a menudo, en aplicaciones aisladas de la red, la solución más económica de suministro eléctrico. El crecimiento del mercado mundial indica que la electricidad solar ha penetrado en muchas áreas en las que es económicamente viable.[16]

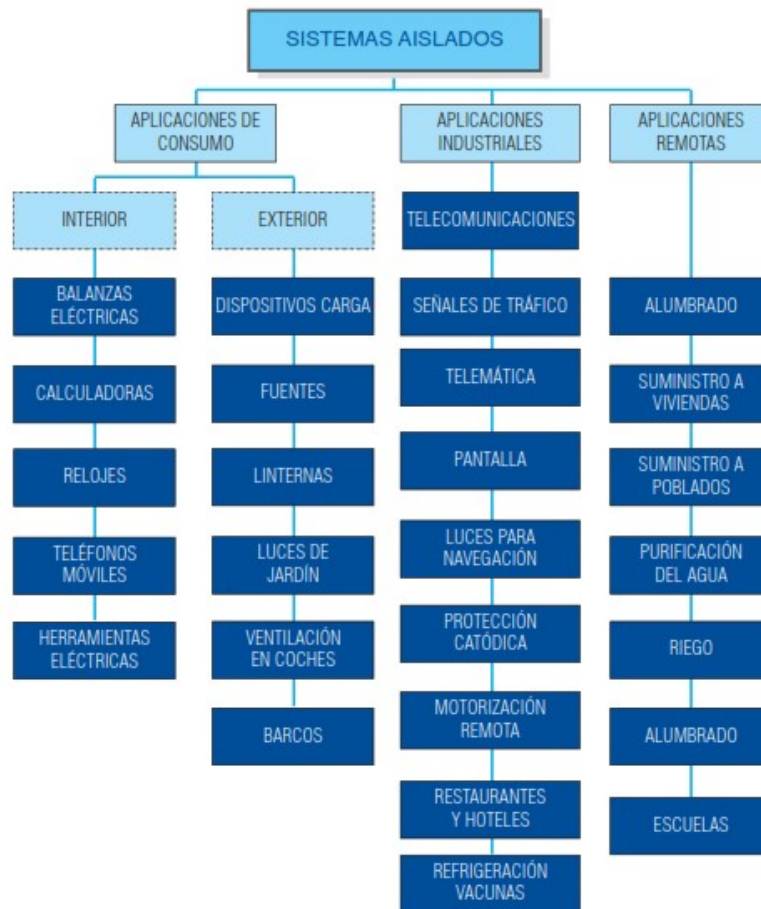


Fig. 3. Aplicación de la energía solar fotovoltaica.

1.2.10 Módulos fotovoltaicos.

No es más que un conjunto de celdas solares conectadas entre sí de tal manera que este pueda tener ciertas características de voltaje y corriente que satisfaga cierta carga que se ubique en sus terminales, su función es captar y convertir la radiación solar en corriente eléctrica. Estos dispositivos se pueden conectar en serie o en paralelo.[22]



Fig. 4. Módulos fotovoltaicos.

1.2.11 Sistemas aislados.

La electrificación rural se ha convertido en un mercado creciente en los últimos años. La imposibilidad de extender la red a casas y aldeas remotas y la correspondiente inaccesibilidad de energía eléctrica para 2000 millones de personas ha determinado la iniciación de programas de electrificación rural en muchos países.[16]

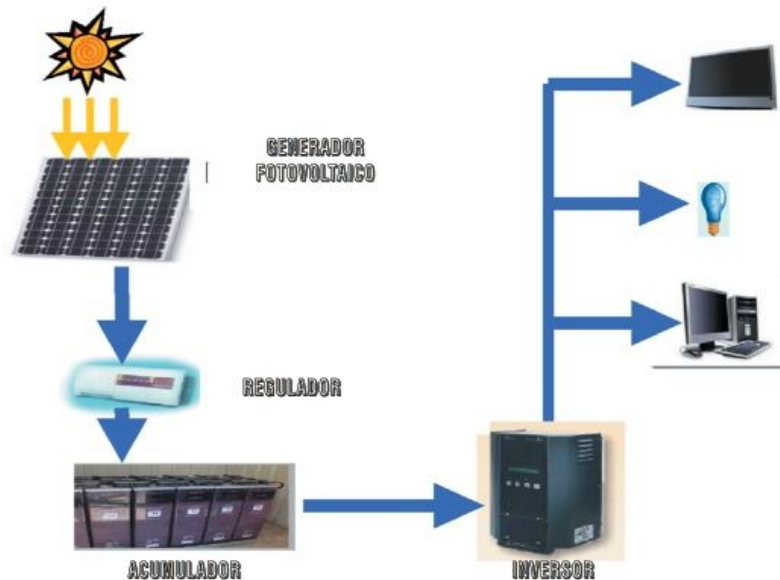


Fig. 5. Instalación aislada a la red.

1.2.12 Piranómetro.

El equipo utilizado en el levantamiento de información corresponde al Datalogging Solar Power meter TES-132, instrumento capaz de almacenar datos cada 30 min cada dato almacenado se basa en un promedio de muestras que el equipo toma cada 30 segundos, este equipo tiene la capacidad de almacenar un total de 99 datos, este equipo brinda la facilidad de transferir los datos a la PC y de esta manera proceder a realizar el estudio.



Fig. 6. Datalogging Solar Power meter TES-132

1.2.13 Dimensionamiento del sistema fotovoltaico

Potencia Pico

Es necesario determinar la potencia pico puesto que este valor se utiliza para encontrar el número de módulos.[25]

$$W_P = \frac{ED(KWh/día)}{RD(KWh/día \times m^2)} \quad (1)$$

ECUACIÓN (1): Watt pico necesarios

Donde:

- Wp: Watt pico.
- ED: Energía consumida por día en kWh/día.
- RD: Menor radiación mensual en el año de la zona en kWh/día.m². [25]

Número de Módulos Fotovoltaicos

Para obtener este dato, se parte de la cantidad de Watts pico totales, seleccionando la potencia del panel que se va a usar y el factor de 1,1 que se aplica para compensar posibles pérdidas debidas a errores en la orientación, limpieza de paneles, conexiones, etc., y así se determina el número de módulos necesarios para el sistema. [25]

$$N_p = 1.1 \times \frac{W_p}{P_p} \quad (2)$$

ECUACIÓN (2) Número de paneles fotovoltaicos

Donde:

- Np: Número de paneles
- Pp: Potencia del módulo elegido dada por el fabricante

Número de Reguladores

Los reguladores deben ser capaces de soportar una potencia efectiva mínima que se estima en la potencia máxima del campo de paneles incrementada en un 10%. Siempre se hará lo posible porque exista un solo regulador en el sistema fotovoltaico, pero de no ser así se calcula con la Ecuación (3). [25]

$$N_r = \frac{1.1 N_{pp} I_{mp}}{I_r} \quad (3)$$

ECUACIÓN (3). Número de reguladores

Donde:

- Nr: Número de reguladores.
- Npp: Número de módulos conectados en paralelo

- Imp: Intensidad en el punto de potencia máxima (característica eléctrica del módulo fotovoltaico), A.
- Ir: Intensidad máxima del regulador.[25]

Baterías

Para el cálculo de las baterías necesarias, se tiene en cuenta la energía total de la instalación (ET) y se prevé la pérdida de eficiencia del acumulador que se estima en un 10%. [25]

$$ET = 1.1E_t \quad (4)$$

ECUACIÓN (4) Energía total de la instalación

Siendo E_t , la energía instalada.

Con la energía total de la instalación se determina la capacidad de la batería: [25]

$$C = \frac{100 ET (Wh/día) \times D}{P_d \times V} \quad (5)$$

Donde:

- C: Capacidad de la batería
- ET: Energía total de la instalación, Wh/día
- D: Números de días de autonomía, días.
- Pd: Profundidad máxima de descarga del sistema acumulador, %.
- V: Tensión del sistema de acumulación, Voltio. [25]

1.2.14 PV*SOL Premium

Programa de Simulación de Sistemas Fotovoltaicos

PV*SOL premium es un programa de simulación para el diseño y dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos capaz de analizar todos los módulos fotovoltaicos instalados en un tejado, o incluso a nivel del suelo con análisis dinámico de sombreado a través de su más importante característica: ¡Su interfaz 3D! Con ella puedes extruir objetos a partir de imágenes satelitales, importar

geometrías desde una variada gama de extensiones de dibujo o incluso dibujarlas dentro del motor gráfico incluido en PV*SOL premium. [27]

Su amplia base de datos de componentes fotovoltaicos y datos climáticos te permiten realizar una simulación detallada y variar aspectos como la ubicación de los módulos, cambios en las conexiones, distribución de equipos o implementación de optimizadores de potencia.[27]

Características del Software:

- Análisis detallado del sombreado en 3D
- Extrusión de edificios desde imágenes satelitales
- Datos climáticos globales disponibles
- Importación de modelos 3D
- Asignación de módulos en vista 3D
- Interconexión polimórfica
- Optimización de la conexión de los módulos
- Bases de datos online
- Reporte detallado del proyecto
- Sistemas conectados a la red con sistemas de baterías
- Diagramas de circuito
- Análisis económico [27]

1.3 Fundamentación metodológica

En el Ecuador el uso de generación eléctrica no convencional es muy limitado a pesar del cambio de la matriz energética, por este motivo y para fines educativos se realiza una serie de mediciones de la radiación solar en la provincia de Pastaza, exclusivamente en el Instituto Superior Francisco de Orellana.

De esta se tabula datos puntuales arrojados por el instrumento piranómetro llegando a obtener una data de 12 meses, para facilitar tabular la gran cantidad de datos se efectúa histogramas de frecuencias en el Software Excel y de esta manera determinar la curva característica del peor mes para sus cálculos respectivos, estos análisis de datos por medio de los histogramas facilita determinar la cantidad de

energía, horas pico sol, mínimos y máximos de radiación de todos los meses de estudio.

Realizando una investigación de softwares capaces de simular un sistema fotovoltaico con datos tomados en sitio y determinando características únicas del lugar, se consideró que el programa PVSOL es un potente software que nos ayuda a simular la carga dentro de los sistemas fotovoltaicos, de esta manera arroja un informe detallado del comportamiento en un año de funcionamiento, así mismo determina optimizaciones de costo veneficio, esto conlleva a que se pueda comparar con los cálculos realizados de una forma convencional, una ayuda extraordinaria para conocer su funcionamiento.

Debido a la pandemia muchos de los módulos educativos que dispone el Instituto Orellana, no han sido utilizados debido a que las actividades presenciales se suspendieron a raíz de las disposiciones del COE nacional, esto a conllevado a que el comportamiento de las cargas, es decir los 5 módulos didácticos se la realice de una forma general, considerando horarios de trabajo de los estudiantes, y uso con cargas al 100%, cabe recalcar que estos módulos utilizan cargas netamente resistivas puesto que son utilizados para fines educativos.

1.4 Conclusiones Capítulo I

- El presente capítulo se presenta a través de una rigurosa investigación de contenidos asemejados a la investigación planteada, investigaciones realizadas en el margen de la investigación solar afirman que los datos arrojados de radiación, determinan la energía promedio anual, la cual es indispensable para la instalación de sistemas de generación fotovoltaica.
- Según investigaciones realizadas en varios países incluyendo el Ecuador, existen formas diversas para determinar la radiación solar, pero sin duda la más exacta es la de tomar datos en sitio por medios de instrumentos en este caso el (Piranómetro) y de esta manera saber la radiación solar en el lugar de la investigación.

- En la mayor parte de lugares donde se han instalado los sistemas fotovoltaicos, son lugares remotos donde el abastecimiento de energía eléctrica por empresas suministradoras es nula e inexistente en un futuro, sin embargo, en estos proyectos no consideran estudios de radiación solar para su implementación.

CAPÍTULO II. PROPUESTA

2.1 Título del proyecto.

Análisis de la radiación solar para determinar un sistema fotovoltaico.

2.2 Objetivo del proyecto.

Analizar la radiación solar en la ciudad de Puyo, mediante instrumentación y datos reales para determinar un sistema fotovoltaico.

2.3 Descripción de la propuesta.

En el Ecuador existe un atlas solar donde se encuentran datos estimados globales de la radiación solar, estos datos vienen dados por regiones del Ecuador y determina la cantidad de radiación W/m^2 en un año, sin embargo, no arroja datos por lugares específicos y es una estadística básica de medias anuales y mensuales de irradiación.

Por este particular no tenemos datos reales en ciudades y puntos concretos del Ecuador, motivo por el cual se ha visto la necesidad de realizar una investigación descriptiva, realizando mediciones de magnitudes $[W/m^2]$ en el tiempo de un año.

Estos datos en $[W/m^2]$ serán analizados aplicando histogramas de irradiancia con la herramienta Excel, en donde se tabularán todos los valores obtenidos en el transcurso de un año para determinar la cantidad de irradiancia total y cuáles serían los meses más críticos donde la cantidad de irradiancia sería mínima.

Con los histogramas de irradiancia se tendría valores reales de la cantidad de energía solar para determinar un sistema fotovoltaico que satisfaga las necesidades del usuario y se plantearía un horario de uso y carga del mismo.

Finalmente, todos los cálculos efectuados para determinar el sistema solar óptimo se lo simularán en el software PVSOL con el fin de establecer anomalías en el funcionamiento completo en plena carga.

2.3.1. Ubicación del estudio.

En la Fig. 7. se puede observar al Instituto Superior Tecnológico Francisco de Orellana el cual funciona en la unidad educativa Francisco de Orellana, es aquí donde se desarrolla carrera de Tecnología Superior en Electromecánica, en los laboratorios de la carrea se encuentran 5 módulos didácticos, algo particular que se debería recalcar es que en esta zona las intermitencias de energía son comunes y es por esta razón que se requiere que los módulos siempre estén activos al momento de impartir una práctica.



Fig. 7. Ubicación Instituto Francisco de Orellana.

2.3.2. Recolección de datos en campo.

Mediante el instrumento Fig.6. se realizó las mediciones en el transcurso de 12 meses, notando de esta manera las variaciones que tenía la radiación en el transcurso de las horas del día, y es así que en la mayor parte de los meses en horas de 11:00 am a 13:00 pm alcanzaban los picos más altos de radiación, valores comprendidos entre 1000 [W/m²] hasta los 1359 [W/m²].

De igual manera se evidencio valores muy bajos de radiación entre los 60 [W/m²], el instrumento permitía tomar datos cada segundo esto resultaba ventajoso puesto que las lecturas eran más precisas, es así que el promedio de datos diarios abarcaba los 541 datos que correspondía a las horas comprendidas entre las 8:00 am hasta las 17:00 pm, dando un total estimado por mes de 16230 datos, esto puede variar dependiendo los días del mes.

Esta tabulación de datos se realizó mediante histogramas de frecuencia realizados por una plantilla de Excel, de esta manera se logró determinar los datos mencionados anteriormente.

2.3.3. Modulo didácticos.

En la carrera de electromecánica existen 5 módulos didácticos destinados al aprendizaje de los estudiantes, en la materia de instalaciones eléctricas, se imparte practicas destinadas a la construcción de instalaciones domiciliarias con el fin que el técnico en desarrollo tenga una experticia al construir circuitos de iluminación y fuerza de igual manera en la instalación de cajas de distribución.

Unas de las problemáticas que se puede encontrar en el laboratorio son las numerosas fluctuaciones de corte de energía en el lugar, esto se convierte en un malestar continuo al tener este problema en plena práctica, por tal motivo en esta investigación se ha motivado a destinarla al dimensionamiento de un sistema fotovoltaico optimo y continuo en las horas destinadas a la práctica de los estudiantes del plantel.

Cada módulo didáctico consta de los elementos a mención:

- Una alimentación de 120 Vca.
- Medidor de energía
- Un ventilador
- Iluminación con cuatro portalámparas
- Iluminación tubo led doble
- Protección llaves termomagnéticas y disyuntor
- Sensor de movimiento
- Puesta a tierra
- Interruptor automático electrónico de pasillo con pulsador esclavo
- Un zumbador y pulsador
- tomacorrientes
- 1 juego de cables para conexionado

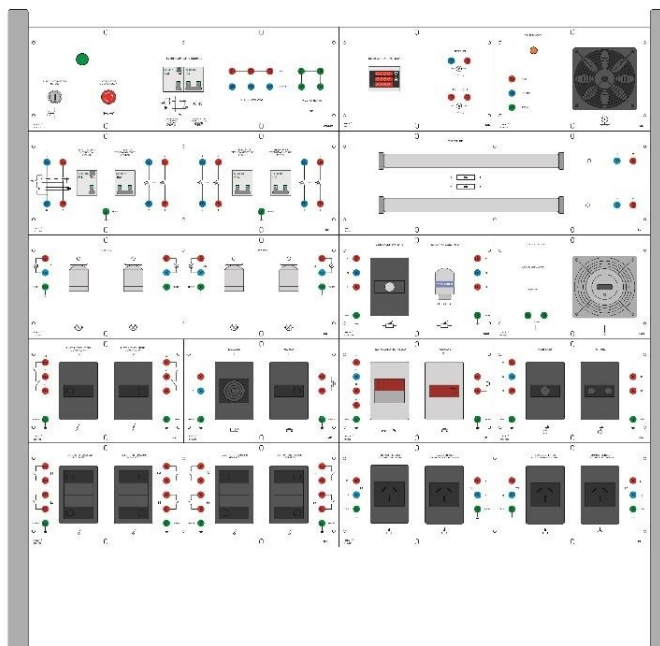


Fig. 8. Modulo didáctico de instalaciones eléctricas domiciliarias

2.3.4. Irradiación solar en el sitio por la NASA.

En la página de la NASA [23], nos indica la radiación solar de un punto específico del mundo, sin embargo, estos valores son predicciones que realiza este organismo,

hay la posibilidad de descargar diferentes datos entre ellos exclusivos para energías

renovables, siendo de esta manera se ha descargado los siguientes valores.

TABLA 1. Irradiación solar por la NASA

Predicción de recursos energéticos mundiales (NASA)				
IRRADIACIÓN SOLAR SUPERFICIE INCLINADA	Wh/m ² día	Wh/m ² día	Wh/m ² día (MIN)	
ENERO	4310	8300	690	
FEBRERO	4070	7470	580	
MARZO	4030	5910	660	
ABRIL	4180	8760	580	
MAYO	4070	6730	730	
JUNIO	3990	7460	680	
JULIO	4130	7820	700	
AGOSTO	4300	8020	480	
SEPTIEMBRE	4460	9070	500	
OCTUBRE	4560	8300	690	

NOVIEMBRE	4610	8450	730
DICIEMBRE	4330	8210	720

Fuente: La NASA

En la TABLA 1 se puede apreciar las lecturas de los meses del año, predicciones que especifica un promedio de irradiancia en cada mes, así como sus máximos y mínimos, esta información será primordial para la comparación de las lecturas reales en sitio de investigación.

2.3.4. Irradiación solar por regiones por el Atlas solar.

En el Ecuador existe un atlas solar proporcionado por [24], donde especifica un promedio de irradiancia solar por provincia, sin embargo, estos valores son de forma general en todo el territorio por provincia, mas no en un punto específico, más sin embargo son datos primordiales para una comparación con los datos reales en sitio donde se realizó la investigación.

TABLA 2. Irradiación solar por Atlas solar

MAPA SOLAR DEL ECUADOR 2019	
IRRADIACIÓN SOLAR GLOBAL HORIZONTAL	Wh/m ² día
ENERO	4800
FEBRERO	4500
MARZO	4200
ABRIL	4500
MAYO	4500
JUNIO	4200
JULIO	4200
AGOSTO	4800
SEPTIEMBRE	5400
OCTUBRE	4800
NOVIEMBRE	4800
DICIEMBRE	4800

Fuente: Atlas solar

Como muestra la TABLA II las irradiancias en cada mes son valores estimados tomados del atlas solar, cabe recalcar que estos valores corresponden a la provincia de Pastaza de forma general pero no especifica el punto preciso de la investigación.

Los resultados de la toma de datos por los dos entes tanto la NASA como el Atlas solar nos arroja similitudes de peores meses en el año y de igual manera meses favorables, esto se puede observar en la tabla 3.

TABLA 3. Irradiación solar

MAPA SOLAR DEL ECUADOR 2019		Predicción de recursos energéticos mundiales (NASA)		LECTURA DE DATOS EN SITIO	
IRRADIACIÓN SOLAR GLOBAL HORIZONTAL	Wh/m ² día	IRRADIACIÓN SOLAR SUPERFICIE INCLINADA HORIZONTAL	Wh/m ² día	IRRADIACIÓN SOLAR	Wh/m ² día
MARZO	4200	MARZO	4030	MARZO	4416.20
SEPTIEMBRE	5400	SEPTIEMBRE	4460	SEPTIEMBRE	7771.40

Fuente: El autor

Se puede evidenciar que, aunque los datos de lectura no son similares en el mes más favorable, sucede lo contrario con el peor mes y corresponden a los mismos tanto como la NASA y el Atlas, solar esto conlleva a que se valide dicha información.

2.3.5. Irradiación solar en sitio con piranómetro.

Una de las formas más exactas de obtener valores de irradiancia solar es tomar datos con un instrumento de medición en el lugar de estudio, en este caso se utilizó el instrumento piranómetro, el cual recolecta datos de radiación solar cada segundo, las lecturas tomadas por este instrumento se registraban desde las 8:am hasta las 17:00 pm.

Para facilitar el proceso de tabulación de datos se realizó un promedio de radiación solar cada media hora, es decir promediar los valores obtenidos de cada segundo durante este tiempo, una vez obtenidos los valores promedios de radiación solar de cada media hora se realizó histogramas de frecuencia durante todo el mes y así para los siguientes meses de estudio, al obtener dichos histogramas se realizó un análisis de datos y se verifico que valores eran más repetitivos durante el mes y en la hora especificada.

Los datos arrojados de la investigación de los 12 meses de estudio, determino el mes más crítico de irradiancia solar, que son datos primordiales para la determinación del sistema solar fotovoltaico, ya que aquí se determina el

funcionamiento más crítico en plena carga, conlleva también a considerar el peor de los escenarios.

En este caso una vez analizado todos los meses, se determinó que marzo corresponde al mes con menos irradiancia solar.

TABLA 4. Frecuencia de Irradiancia de Marzo (8:00-8:30)

Frecuencias de irradiancia solar						
N° de datos	31					
Valor máximo	459.0					
Valor Mínimo	56.0					
Rango	403.0					
N° de intervalos	6.00					
Amplitud de clase	67.2					
Clase	Límite Inferior [W/m ²]	Límite Superior [W/m ²]	Marca de Clase [W/m ²]	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Absoluta Acumulada	Frecuencia Relativa
1	56.0	123.2	89.6	18	18	58%
2	123.2	190.3	156.8	7	25	23%
3	190.3	257.5	223.9	0	25	0%
4	257.5	324.7	291.1	2	27	6%
5	324.7	391.8	358.3	0	27	0%
6	391.8	459.0	425.4	4	31	13%

Fuente: Por el autor

De la tabla 4 se puede observar, que el mayor porcentaje de valores se concentran en la clase 1, sin embargo, la irradiancia de 123.2 W/m² no permite que el sistema solar fotovoltaico trabaje de manera normal, puesto que el inversor tendría voltaje bajo lo normal y ocasionaría mala operación.

En la figura 4.1 se puede apreciar de mejor manera el comportamiento de la irradiancia de (8:00-8:30), donde la mayor concentración de repeticiones tiene el valor de 123.2 W/m², con un 58% que es un valor razonable para adoptar al estudio.

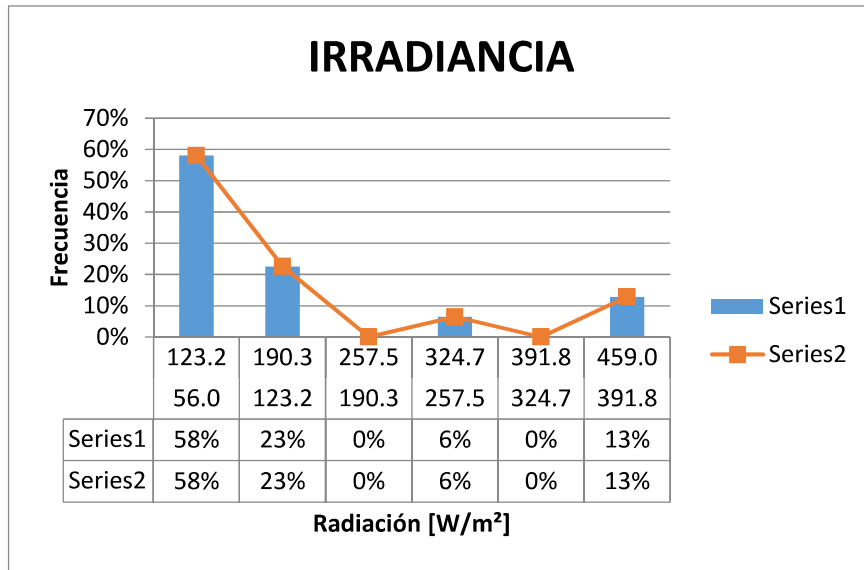


Fig. 9. Histograma y polígono de frecuencia de la irradiancia (08:00-08:30)

De igual manera muestra valores considerables de porcentaje del 23% y 13 % con valores de irradiancia más altos, dichos valor no se pueden considerar ya que el valor de mayor porcentaje sobrepasa el 50%, dicho análisis se realiza para los cuadros consecutivos en el transcurso del día.

TABLA 5. Frecuencia de Irradiancia de Marzo (11:00-11:30)

Frecuencias de irradiancia solar						
N° de datos	31					
Valor máximo	1287.0					
Valor Mínimo	73.7					
Rango	1213.3					
N° de intervalos	6.0					
Amplitud de clase	202.22					
Clase	Límite Inferior [W/m²]	Límite Superior [W/m²]	Marca de Clase [W/m²]	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Absoluta Acumulada	Frecuencia Relativa
1	73.7	275.9	174.8	5	5	17%
2	275.9	478.1	377.0	7	12	23%
3	478.1	680.4	579.2	4	16	13%
4	680.4	882.6	781.5	3	19	10%
5	882.6	1084.8	983.7	7	26	23%
6	1084.8	1287.0	1185.9	5	31	17%

Fuente: Por el autor

Para este caso particular, en la Tabla 5 se aprecia dos valores repetitivos con un porcentaje del 23% en la clase 2 y 5, para tomar el valor de estudio se adoptaría el valor más favorable, pues que la tendencia actual de los países es integrar energías amigables en el ambiente en su matriz energética, existen también valores que sobrepasan los 1000 W/m² que se utilizan en las pruebas en laboratorios de los módulos fotovoltaicos que aunque no tiene un grado considerable de porcentaje se tiene presente para el estudio.

TABLA 6. Frecuencia de Irradiancia de Marzo (12:00-12:30)

Frecuencias de irradiancia solar						
N° de datos	31					
Valor máximo	1158.0					
Valor Mínimo	75.8					
Rango	1082.2					
N° de intervalos	6.0					
Amplitud de clase	180.37					
Clase	Límite Inferior [W/m ²]	Límite Superior [W/m ²]	Marca de Clase [W/m ²]	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Absoluta Acumulada	Frecuencia Relativa
1	75.8	256.2	166.0	4	4	13%
2	256.2	436.5	346.4	6	10	20%
3	436.5	616.9	526.7	9	19	30%
4	616.9	797.3	707.1	3	22	10%
5	797.3	977.6	887.5	0	22	0%
6	977.6	1158.0	1067.8	9	31	30%

Fuente: Por el autor

La Tabla 6 muestra la mayor concentración de irradiancia correspondiente al 1158 W/m² en la clase 6, estos valores de radiación son idóneos para el óptimo funcionamiento de sistema fotovoltaico como se comentaba anteriormente.

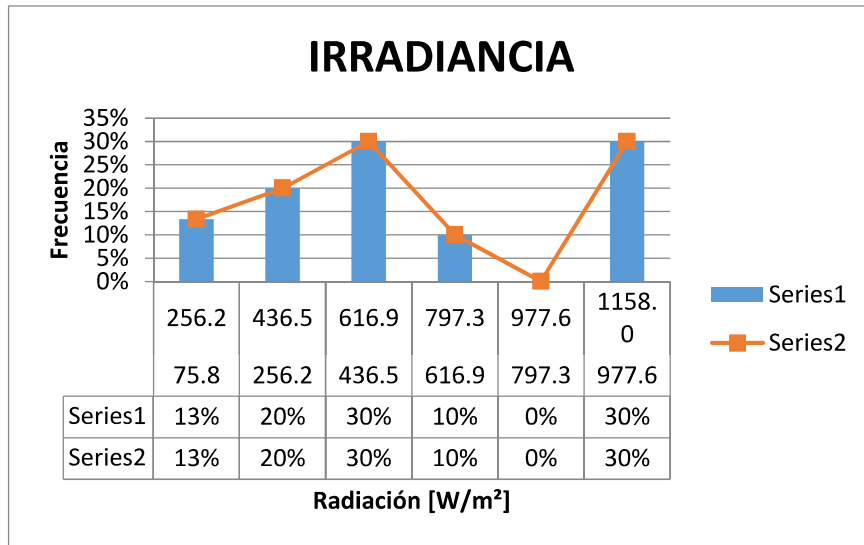


Fig. 10. Histograma y polígono de frecuencia de la irradiancia (12:00-12:30)

En la figura se evidencia la tendencia de la irradiancia en un 30% al valor de 1158.0 [W/m²] y como se mencionaba anteriormente se acoge el valor más favorable.

Una vez analizados los datos obtenidos en el transcurso del medio día, dispondremos a analizar los posteriores para conocer cómo se comporta la irradiancia en estas horas.

TABLA 7. Frecuencia de Irradiancia de Marzo (13:00-13:30)

Frecuencias de irradiancia solar						
N° de datos	31					
Valor máximo	1340.0					
Valor Mínimo	58.7					
Rango	1281.3					
N° de intervalos	6.0					
Amplitud de clase	213.55					
Clase	Límite Inferior [W/m ²]	Límite Superior [W/m ²]	Marca de Clase [W/m ²]	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Absoluta Acumulada	Frecuencia Relativa
1	58.7	272.3	165.5	7	7	23%
2	272.3	485.8	379.0	6	13	20%
3	485.8	699.4	592.6	4	17	13%

4	699.4	912.9	806.1	2	19	7%
5	912.9	1126.5	1019.7	8	27	27%
6	1126.5	1340.0	1233.2	2	29	7%

Fuente: Por el autor

Para este caso la Tabla 7 muestra que los valores se establecen en la clase 5 con un porcentaje de repeticiones del 27%, también se puede recalcar que la irradiancia va decreciendo mientras avanza el tiempo en la tarde.

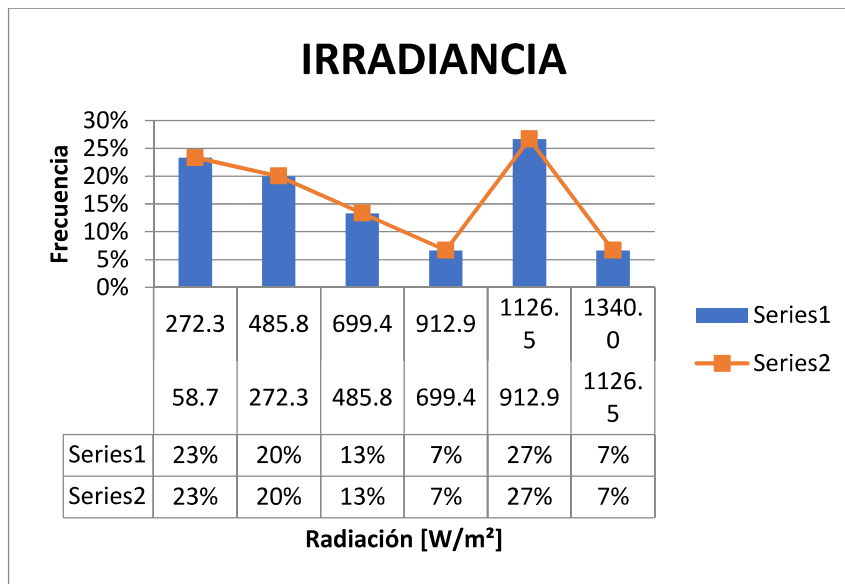


Fig. 11. Histograma y polígono de frecuencia de la irradiancia (12:00-12:30)

En la figura se puede apreciar que el histograma apunta notablemente un 27% el valor de la irradiancia, valor bastante favorable para que el sistema funcione en óptimas condiciones.

TABLA 8. Frecuencia de Irradiancia de Marzo (16:30-17:00)

Frecuencias de irradiancia solar	
N° de datos	31
Valor máximo	419.0
Valor Mínimo	35.1
Rango	383.9
N° de intervalos	6.0
Amplitud de clase	63.98

Clase	Límite Inferior [W/m ²]	Límite Superior [W/m ²]	Marca de Clase [W/m ²]	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Absoluta Acumulada	Frecuencia Relativa
1	35.1	99.1	67.1	13	13	43%
2	99.1	163.1	131.1	3	16	10%
3	163.1	227.1	195.1	5	21	17%
4	227.1	291.0	259.0	2	23	7%
5	291.0	355.0	323.0	5	28	17%
6	355.0	419.0	387.0	3	31	10%

Fuente: Por el autor

En la Tabla 8, se aprecia que en la clase 1 se ubica el mayor porcentaje de repeticiones con un 43%, corroborando de esta manera, que a partir del transcurso del medio día hasta las 17:00 la irradiancia tiende a bajar, con estos análisis podemos ya determinar la curva característica del mes más crítico, que en este caso es marzo.

De igual manera se analizará el mes más favorable, para determinar cómo es el comportamiento de la irradiancia, para este caso, septiembre alcanzado un mayor porcentaje de irradiancia, esto se ha determinado al tabular los datos arrojados por el piranómetro.

En la Tabla 9, como se esperaba la irradiancia alcanza un valor bastante elevado de 562 [W/m²] ubicado en la clase 5, cabe recalcar que este valor está en la hora de 8:00 a 8:30 que es el tiempo de inicio de la toma de datos, esto hace notar que el día típico del mes de septiembre fue uno de los más soleados, esto conlleva que más adelante al analizar los resultados con los datos arrojados por las organizaciones dedicadas a tomar mediciones de climatología tengamos una similitud con los tomados en sitio.

TABLA 9. Frecuencia de Irradiancia de Septiembre (08:00-08:30)

Frecuencias de irradiancia solar	
N° de datos	30
Valor máximo	664.0
Valor Mínimo	52.1
Rango	611.9
N° de intervalos	6.00
Amplitud de clase	102.0

Clase	Límite Inferior [W/m ²]	Límite Superior [W/m ²]	Marca de Clase [W/m ²]	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Absoluta Acumulada	Frecuencia Relativa
1	52.1	154.1	103.1	6	6	19%
2	154.1	256.1	205.1	7	13	23%
3	256.1	358.1	307.1	3	16	10%
4	358.1	460.0	409.0	1	17	3%
5	460.0	562.0	511.0	8	25	26%
6	562.0	664.0	613.0	5	30	16%

Fuente: Por el autor

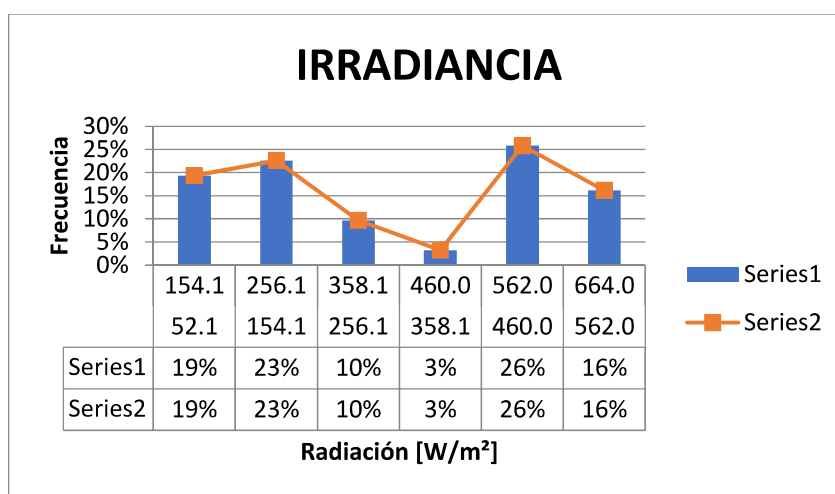


Fig. 11. Histograma y polígono de frecuencia de la irradiancia (08:00-08:30)

En la figura 11 se aprecia el histograma del mes de septiembre, donde hace notar la mayor concentración de irradiancia al valor de 562 [W/m²], valor bien alto considerando la hora del día.

TABLA 10. Frecuencia de Irradiancia de Septiembre (12:00-12:30)

Frecuencias de irradiancia solar						
N° de datos	30					
Valor máximo	1287.0					
Valor Mínimo	119.6					
Rango	1167.4					
N° de intervalos	6.0					
Amplitud de clase	194.57					
Clase	Límite Inferior [W/m ²]	Límite Superior [W/m ²]	Marca de Clase [W/m ²]	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Absoluta Acumulada	Frecuencia Relativa

1	119.6	314.2	216.9	7	7	23%
2	314.2	508.7	411.5	2	9	7%
3	508.7	703.3	606.0	3	12	10%
4	703.3	897.9	800.6	2	14	7%
5	897.9	1092.4	995.2	12	26	40%
6	1092.4	1287.0	1189.7	4	30	13%

Fuente: Por el autor

En la Tabla 10 que representa la irradiancia del medio día, podemos apreciar valores ya superiores a los 1000 [W/m²], con máximos determinados en el estudio de 1287 [W/m²], sin embargo, con el 40% en la clase 5, se ubica la irradiancia con el mayor número de repeticiones, esto hace notar que el mes de septiembre la mayor parte de los días ha pasado despejado.

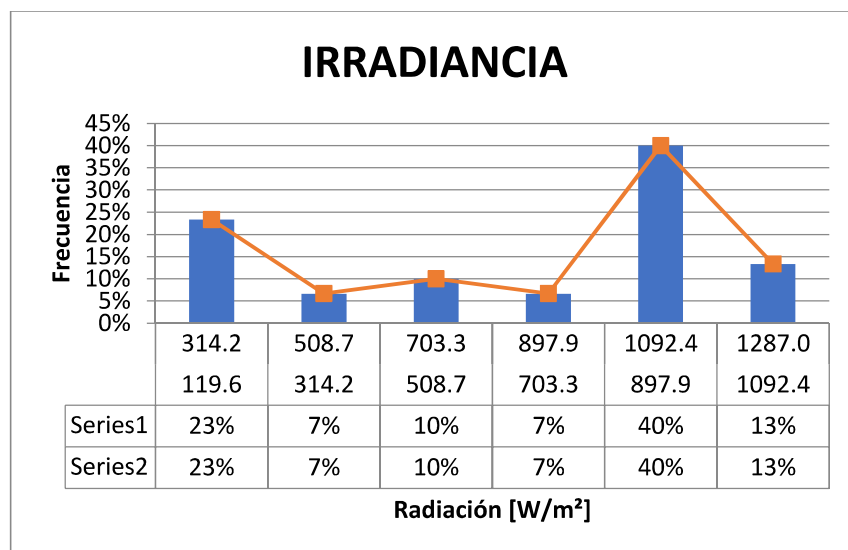


Fig. 12. Histograma y polígono de frecuencia de la irradiancia (12:00-12:30)

En la Fig. 12. muestra de forma clara que la mayor frecuencia de irradiancia pertenece al 40% en horas de 12: a 12:30, esto también hace notar que en horas cercanas al medio día la radiación alcanza valores elevados que oscilan entre los 1000 [W/m²]

Algo particular que sucede en este mes, es que la mayor concentración de irradiación no es al medio día, más bien se concentra en horas de 13:30 a 14:00 con un valor de 1268 [W/m²], esto hace notar que el día típico de septiembre se mantiene

con más valores que sobrepasan los 1000 [W/m²], que es idóneo para que los sistemas fotovoltaicos funcionen en sus óptimas condiciones como se muestra en la figura 13.

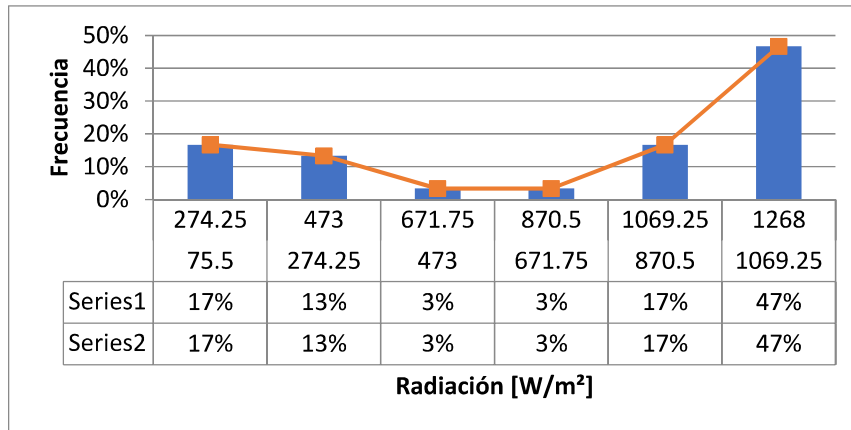


Fig. 13. Histograma y polígono de frecuencia de la irradiación (12:00-12:30)

Al igual que el mes de septiembre la irradiación tiende alcanzar valores altos en horas comprendidas del medio día, y empieza a decrecer en el transcurso de la tarde.

2.3.6. Análisis de la carga.

Para la determinación de la carga, se ha considerado el número de luminarias que se pueden conectar al módulo y el estimado de carga que se podría conectar en los toma corrientes, al igual el consumo de los instrumentos de medición del propio modulo, cabe recalcar que este módulo es empleado en las instalaciones del instituto con fines educativos para las prácticas de instalaciones domiciliarias, otro de los aspectos a recalcar es que estos módulos funcionan en las noches ya que la carrera de electromecánica es nocturna.

2.3.6.1 Demanda y consumo de los módulos

Para la determinación de la carga existente de todos los módulos de aprendizaje, se realiza un análisis luminarias y fuerza, adicionando pequeñas cargas de los instrumentos de medición del módulo, en el laboratorio existen 5 módulos, los cuales funcionan al 100% de carga en sus horas de práctica.

TABLA 11. Consumos medios diarios total

Consumos medios diarios de los equipos en corriente alterna				
Elementos de consumo	Potencia (W)	Cantidad	Tiempo	Energía (W.h)/día

	P	N	h/día	P·N·h/día
Tomacorriente	20	20	4	1600
Luminaria en general	20	20	4	1600
Tubo led	19	5	4	380
Sensor de movimiento	0.5	5	4	10
Medidor de energía	0.5	5	4	10
Ventilador	3.6	5	4	72
TOTAL				3672 Wh/día
POTENCIA TOTAL	915.5		W	

Fuente: Por el autor

En la tabla 11 se evidencia el consumo total de los 5 módulos didáctico de forma general, en la tabla podemos observar una potencia total de 915.5 W, y un consumo diario de 3672 [Wh/día], datos esencialmente importantes para la determinación de sistema fotovoltaico.

2.4 Metodología o procedimientos empleados para el cumplimiento de los objetivos planteados

El presente proyecto se centra en una investigación descriptiva donde se realizarán mediciones cada día en el transcurso de un año de la radiación solar [W/m^2], para determinar un sistema fotovoltaico idóneo a las necesidades del usuario.

La recopilación de datos se realizará con el instrumento TES 132 Datalogging Solar Power Meter, este piranómetro recopilará información cada día de 8:00 am a 17:00 pm arrojando una cantidad de 541 datos diarios en el transcurso de un año.

El instrumento tomará un dato de irradiancia en [W/m^2] cada segundo, siendo así más preciso con los cambios climáticos sucedidos en ese día de estudio, y permitirá saber cuál de los meses del año serán más críticos, esto quiere decir que cantidades de irradiancia serán más bajas que las normales, esto sucede por los cambios climáticos y por las temporadas de invierno de la zona, debido a que la ciudad del puyo es muy impredecible en sus cambios de clima y se podrá conocer de forma real cuales son estos valores.

Toda esta información se la recopilara en una base de datos para seguidamente realizar los histogramas de irradiancia con la herramienta Excel, y de esta manera

conocer la energía total anual y así mismo saber cuál son las horas de máxima radiación solar en los meses de estudio y también cuales son los mínimos, se podrá también determinar horarios de utilización de los sistemas fotovoltaicos y de cierta forma también las horas de carga del mismo.

2.5 Conclusiones Capítulo II.-

- En este capítulo se desarrolló la propuesta donde se detallan el análisis de los datos obtenidos en 12 meses de la radiación solar y así mismo datos obtenidos de la Nasa y atlas solar donde se asemeja al mes menos favorable que corresponde a marzo, con un valor de 4416.2 [W/m² día], este valor es indispensables para los siguientes cálculos del estudio.
- Los datos de radiación solar de un día típico del mes menos favorables, se los integrara a la simulación con el programa PVSOL, para tener una simulación más precisa del comportamiento con la carga planteada.
- Los histogramas de frecuencia ayudaron a determinar valores fundamentales como máximos, mínimos, energía total, horas pico sol, mes más crítico y meses más favorables estas especificaciones resultan de fundamental ayuda para una simulación optima del sistema.

CAPÍTULO III. APLICACIÓN Y/O VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA

3.1 Análisis de los resultados:

En este capítulo se analiza los resultados obtenidos por el instrumento de medición (piranómetro) para conocer el parámetro concerniente a cada mes de estudio, como es la potencia total, comportamiento de la curva de la irradiancia, hora pico sol, y energía total en el año, de igual manera se realizará el dimensionamiento del sistema solar fotovoltaico para la potencia de todos los módulos fotovoltaicos, así mismo se simulará en el programa PVSOL para realizar un análisis completo del sistema en misión.

Estos datos son de relevante importancia puesto que se analizará si en el sitio de la investigación existe la energía necesaria para abastecer un módulo didáctico perteneciente al Instituto Superior Técnico Francisco de Orellana.

De este modo la investigación contribuirá de manera factible indistintos proyectos con energía solar planteados por jóvenes estudiantes y profesionales del lugar, puesto que la provincia de Pastaza existen numerosas comunidades de las nacionalidades que carecen aun de un servicio básico, como es la energía eléctrica, dando así una mejor calidad de vida a los comuneros, ya que hoy en día se ha demostrado la gran importancia del usos de recursos tecnológicos para el avance educativo y de la sociedad.

3.1.1 Análisis de los datos recolectados en el sitio de la radiación.

Para el análisis de estos parámetros, se mostrará el mes menos favorable para cuestiones de cálculo y de igual manera el mes más favorable para un análisis de la radiación, y observar el comportamiento de la curva de irradiancia y los diversos datos arrojados en el estudio.

En el capítulo II se analizó los datos del mes más crítico que correspondía a marzo y el mes más favorable de septiembre, esto se conoció al tabular todos los meses de estudio.

En la siguiente tabla muestra los valores obtenidos del año de estudio y los cuales ayudaron a la determinación de los meses antes mencionados.

TABLA 12. Frecuencia de irradiancia solar (8:00-8:30)

LECTURA DE DATOS EN SITIO	
IRRADACIÓN SOLAR	Wh/m ² día
ENERO	5918.35
FEBRERO	5017.95
MARZO	4416.20
ABRIL	6180.05
MAYO	5051.50
JUNIO	4970.75
JULIO	4949.45
AGOSTO	5982.60
SEPTIEMBRE	7771.40
OCTUBRE	5967.00
NOVIEMBRE	6265.90
DICIEMBRE	6322.05

Fuente: Por el Autor

3.1.1.1 Día típico del mes de marzo

Una vez analizados todos los datos de la investigación en el mes de marzo, se ha determinado la irradiancia total y el comportamiento de la curva de un día típico.

TABLA 13. Energía total del mes de marzo (8:00-17:00)

Hora	Radiación [W/m ²]	Frecuencia	Energía cada media hora [Wh/m ²]
8:00-8:30	123.2	58%	61.6
8:30-9:00	150.5	53%	75.25
9:00-9:30	234.5	43%	117.25
9:30-10:00	306.9	33%	153.45
10:00-10:30	376.8	47%	188.4
10:30-11:00	386.5	43%	193.25
11:00-11:30	1084.8	23%	542.4
11:30-12:00	1097	27%	548.5
12:00-12:30	1158	30%	579
12:30-13:00	999	23%	499.5
13:00-13:30	1126.9	27%	563.45
13:30-14:00	473	27%	236.5
14:00-14:30	217.2	47%	108.6
14:30-15:00	227.1	43%	113.55
15:00-15:30	204.6	40%	102.3
15:30-16:00	329	23%	164.5
16:00-16:30	238.3	60%	119.15

16:30-17:00	99.1	43%	49.55
Energía total de [Wh/m ²] 8:00-17:00			4416.2
Hora pico sol			4.4162
Promedio Radiación [Wh/m ²]			490.69
Máximo			1158
Mínimo			99.1

Fuente: Por el Autor

La tabla 13 muestra datos puntuales que son necesarios en la investigación, la energía total de un día típico del mes de enero en horas comprendidas de 8Am a 17 Pm registra 4416.2 Wh/m²/día, además las horas pico sol comprende un valor de 4.4, cabe recalcar que este valor fue considerado en las horas donde la irradiancia alcanzo los 1000 W/m², valor recomendado por los fabricantes donde el panel solar fotovoltaico funciona en condiciones normales.

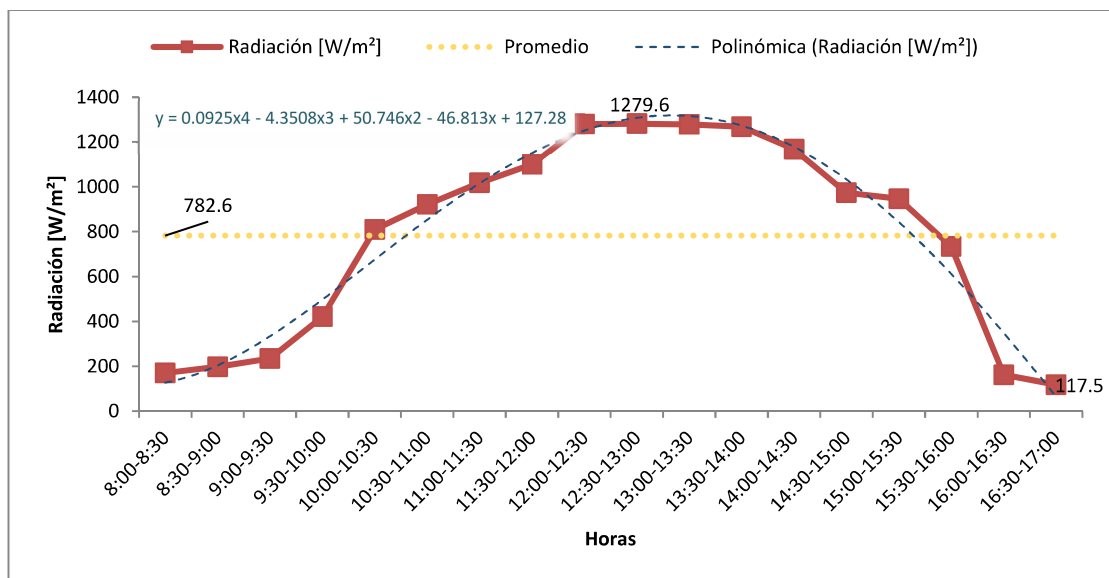


Fig. 14. Curva característica de la irradiancia vs tiempo

En la figura 14 se aprecia la curva característica que adopta la irradiancia en el transcurso del tiempo, es claro decir que mientras avanza las horas en el tiempo la irradiancia crece hasta un punto máximo en este caso 1279.6 W/m², esto quiere decir que en el transcurso del medio día los valores de irradiancia alcanzan los valores máximos, y a partir de este punto la irradiancia empieza a decaer, podemos también apreciar que el promedio de irradiancia alcanza un valor 782.6 W/m².

Para la determinación de las horas pico sol se ha realizado el cálculo matemático directo por la plantilla Excel donde se considera la cantidad de energía por metro cuadrado de la figura 14 y dicho valor esta detallado en la tabla 13.

3.1.2 Dimensionamiento del generador fotovoltaico.

Para determinar el dimensionamiento del generador es necesario determinar el consumo eléctrico de la instalación y de igual manera la radiación del sistema, datos que en el transcurso del proyecto ya se han determinado, para realizar los cálculos se ha tomado el criterio del mes más crítico, es decir donde la relación generación consumo va hacer más desfavorable.

Ya determinado el consumo diario que corresponde a 3,672 KWh/día y la menor radiación mensual en el año de la zona que corresponde a 4416.20 Wh/día m², se aplicará la ecuación 1 la cual determinará la potencia pico.

$$W_p = \frac{ED(\text{KWh/día})}{RD(\text{KWh/día} \times \text{m}^2)}$$

$$W_p = \frac{3.672(\text{KWh/día})}{4.416 \left(\frac{\text{KWh}}{\text{día}} \times \text{m}^2 \right) * 0.6}$$

$$W_p = 1385 \text{ W}$$

Considerando la tabla 14 donde muestra criterios de diseño correspondiente al voltaje a usar, se ha elegido un voltaje correspondiente a 24V.

TABLA 14. Voltaje nominal en función de la potencia

POTENCIA	TENSIÓN NOMINAL
P≤800W	12V
800W<P≤1600W	24V
1600W<P≤3200W	48V
P>3200	120 ó 300V

Fuente: Por el Autor

Utilizando la ecuación 2 se determina el número requerido de paneles solares, cabe recalcar que este valor depende directamente de la tensión nominal que utilizaremos.

$$N_p = 1.1 \times \frac{W_p}{P_p}$$

$$N_p = 1.1 \times \frac{1385W}{200W}$$

$$N_p = 6.9$$

$$N_p = 7$$

Al considerar la tabla 13 y el valor de 24V de diseño, se considera 14 paneles conectados en serie y paralelo como se muestra en la figura 15, la conexión mostrada se la realiza acorde el diseño y los cálculos efectuados para que satisfaga al sistema.

Se considera esta distribución puesto que la ficha técnica del panel solare Zimpertec SP200-36P, 200W 12Vdc. 200W Vmpp18V, polycrystalline, verse en anexos, maneja un voltaje de 12Vcd, producto que es comercializado en Ecuador.

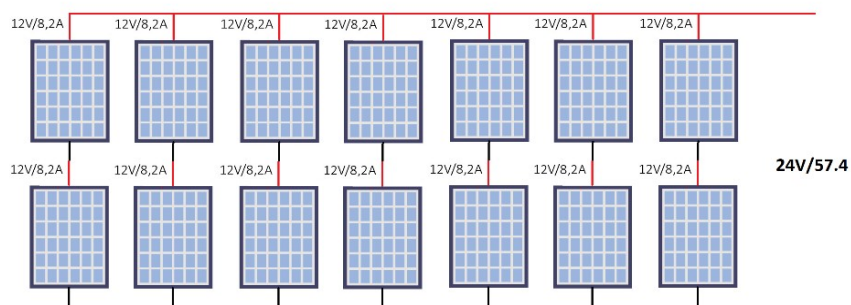


Fig. 15. Arreglo de conexión de paneles.

3.1.2.1 Dimensionamiento del regulador de carga

Para la determinación del regulador de carga se utiliza la tabla 13, donde muestra el voltaje de diseño, de esta forma se calculará el más adecuado.

Utilizando la ecuación 3 se calcula el número de reguladores necesarios para el sistema, es preciso conocer los valores calculados anteriormente.

$$N_r = \frac{1.1 N_{pp} I_{mp}}{I_r}$$

$$N_r = \frac{1.1 * 7 * 10.92}{100}$$

$$N_r = 0.84$$

$$N_r = 1$$

De esta manera resulta 1 regulador, esto se debe a que hay un arreglo de 7 paneles como se muestra en la figura 14.

Para la determinación de las características del regulador utilizamos el voltaje deseado en el sistema y el número total de paneles de esta manera resulta.

$$\text{Potencia total instalada} = 14 * 200\text{W} = 2800\text{Wp}$$

$$2800\text{Wp} / 24\text{v} = 116.6\text{A}$$

El regulador de carga escogido para el proyecto y sus características se encuentra en el Anexo 1.

3.1.2.2 Dimensionamiento del sistema de acumulación.

Para realizar el cálculo del sistema de acumulación se va a considerar 1 día de autonomía puesto que los módulos solo funcionaran 4 horas, esto también reducirá considerablemente el costo de todo el sistema, a continuación, se aplicará la ecuación 4 y 5 para conocer el número deseado.

$$ET = 1.1E_t$$

$$ET = 1.1 * 915.5$$

$$ET = 4039.2$$

$$C = \frac{100 ET (\text{Wh/día}) \times D}{P_d \times V}$$

$$C = \frac{100 * 4039.2 (\text{Wh/día}) \times 1}{100 \times 24}$$

$$C = 198$$

Con el resultado de 198Ah se podría realizar arreglos de batería según exista en el mercado, para el caso del proyecto se adoptará una batería de fosfato de hierro y litio LFP Smart 12,8/200 como se muestra en los anexos, como diseño recomienda un voltaje de 24V, se dispondría 2 baterías de 12v conectadas en serie.

Se debe recalcar que para el funcionamiento de este sistema se utilizara cargas netamente resistivas, esto conlleva que no se efectúe un análisis completo con cargas inductivas y capacitivas.

3.1.2.3 Dimensionamiento del inversor.

Para el cálculo del inversor fotovoltaico, únicamente hemos de calcular la suma de las potencias de las cargas en alterna, y como se mencionaba anteriormente se considera cargas resistivas por este motivo se considera 915.5 W y un margen de seguridad del 20%.

$$P_{inv} = 1,2 * P_{ca}$$

$$P_{inv} = 1.2 * 915.5W$$

$$P_{inv} = 1098.6$$

En este caso para diseño se elegirá un inversor de 1000va como se muestra el Anexo 1.

3.1.2.4 Diagrama unifilar de las instalaciones del ITSFO.

En la figura 16, muestra como está distribuido la energía a las diversas instalaciones del instituto, el taller de electromecánica está destinado a las prácticas netamente de instalaciones eléctricas domiciliarias, consta de 5 módulos didácticos, actualmente usan los tomacorrientes de la red para la alimentación y usos de los mismos.

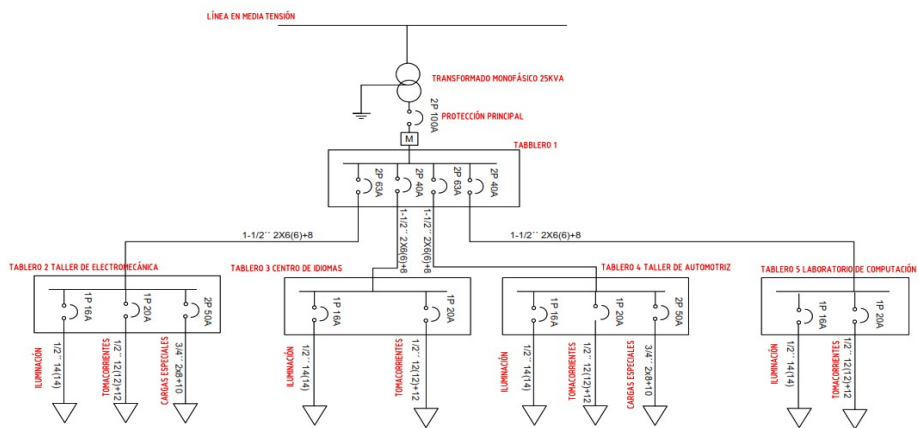


Fig. 16. Unifilar de distribución.

Una vez implementado el sistema solar fotovoltaico, se alimentará los módulos a una instalación independiente de la red, esto se lo realizará con un fin educativo para que los estudiantes evidencien que los sistemas autónomos solares fotovoltaicos pueden funcionar en lugares remotos sin necesidad de la red que suministra la empresa eléctrica.

3.1.2.5 Diagrama unifilar sistema fotovoltaico.

La figura 17 muestra los componentes del sistema y su debida conexión, esto se a logrado determinar al efectuar los cálculos respectivos en el dimensionamiento, esta información se contrarresta con la simulación efectuado en el simulador PVSOL, que aunque la configuración es diferente no cambia su estructura.

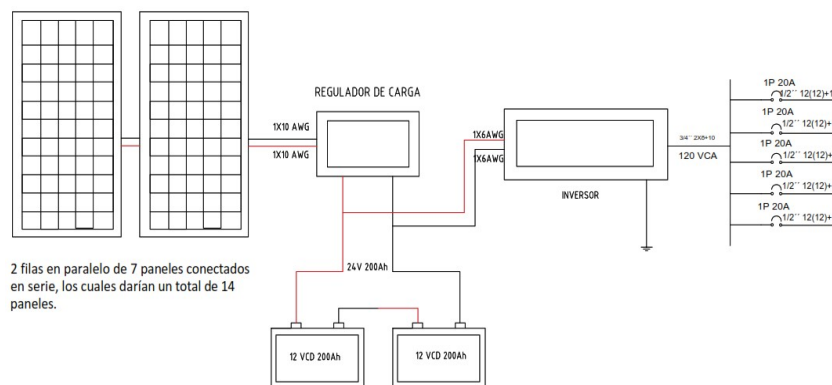


Fig. 17. Diagrama unifilar sistema fotovoltaico.

3.1.2.6 Plano eléctrico de instalación.

En la figura 18, se muestra el plano de la instalación independiente de alimentación de los módulos didácticos, estos tomacorrientes irán conectados directamente al sistema fotovoltaico, estos módulos funcionando conjuntamente demostrarán el funcionamiento autónomo de todo el sistema, y se demostrará su eficiencia a plena carga.



Fig. 18. Plano eléctrico.

3.1.3 Simulación en el software PVSOL.

Para contrarrestar los cálculos realizados anteriormente, se realizará el diseño en el software PVSOL el cual permite obtener datos más precisos del sistema como también comportamiento de funcionamiento en el transcurso del año y esquemas de diseño.

Es sustancial mencionar que el software permite al usuario introducir datos medidos en sitio de la radiación solar para su determinación, algo importante en esta investigación ya que los datos recopilados abarcan un tiempo calendario de 12 meses, en la figura 19 se muestra la digitación de los datos del sitio de estudio.

MeteoSyn - Generar datos climáticos para nueva ubicación

Pais: Ecuador

Fuente de datos: Observado

Búsqueda: Inicio

Lugar Lat;Lon
 Código postal

Ubicación:
Lugar: Puyo - Proyecto
Estado:
Código postal:

Datos:
 Meteonorm 8
 PVGIS / NSRDB (TMY)
 Solcast (TMY)
 Datos de medición

Período de medición: De Hasta

Mes	Radiación global W/m²	Temperatura externa me Sin entrada
ene.	5918.35	
feb.	5017.95	
mar.	4416.00	
abr.	50.00	
may.	50.00	
jun.	50.00	
jul.	50.00	
ago.	50.00	
sep.	50.00	
oct.	50.00	
nov.	50.00	
dic.	50.00	

Fig. 19. Arreglo de conexión de paneles.

Los datos medidos en sitio del estudio son de gran importancia para la investigación, ya que esto genera una simulación más precisa y el software considera parámetros de generación.

Nombre: Consumo del proyecto de investigación

Tipo: Carga que depende del usuario (por ejemplo TV,...)

Potencia en W: 915.5

Potencia Stand-by en W: 0

Periodos de operación:
La carga está conectada en los periodos seleccionados de la siguiente forma

Sin más limitaciones
 Solamente por la noche
 Solamente por el día

En servicio Fuera de servicio

Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Lun																	x	x	x	x	x			
Mar																	x	x	x	x	x			
Mié																	x	x	x	x	x			
Jue																	x	x	x	x	x			
Vie																	x	x	x	x	x			
Sáb																								
Dom																								

En servicio Fuera de servicio

Días	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Ene	x	x	x	x				x	x	x	x					x	x	x	x			x	x	x	x			x	x	x	
Feb	x	x			x	x	x	x				x	x	x	x			x	x	x	x					x	x	x			
Mar	x	x			x	x	x	x				x	x	x	x			x	x	x	x					x	x	x	x		
Abr	x	x	x	x				x	x	x	x					x	x	x	x			x	x	x	x			x			

Fig. 20. Arreglo de conexión de paneles.

Para empezar el diseño en el software es necesario establecer el consumo en general de los 4 módulos didácticos, estableciendo de esta manera los días que se van a

utilizar, así como las horas esto es de suma importancia ya que es más precisa la simulación, la figura 20 muestra el ingreso de datos según se vaya a utilizar la carga.

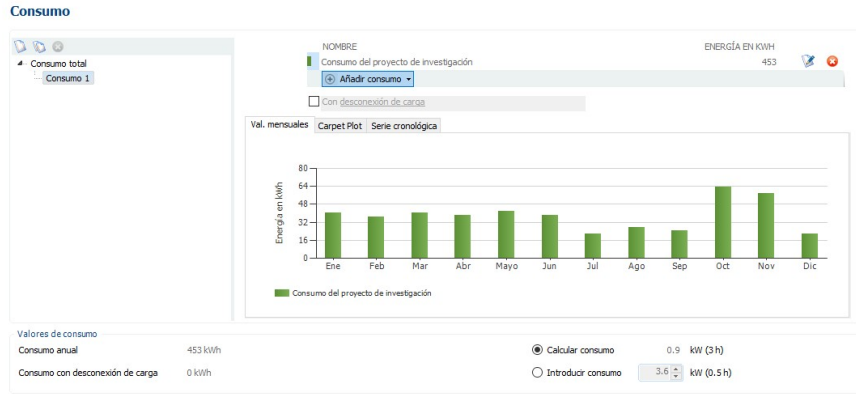


Fig. 21. Arreglo de conexión de paneles.

En la figura 21 muestra ya los consumos en el transcurso del año, y la proyección en cada mes.

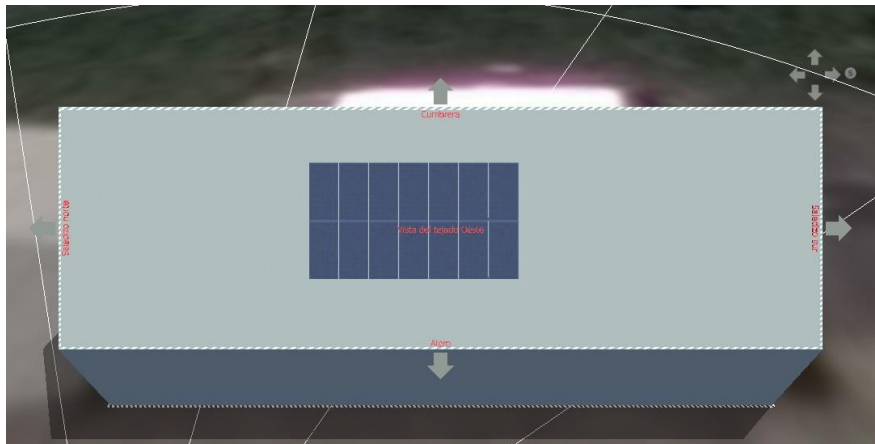


Fig. 22. Arreglo de conexión de paneles.

En la figura 23 se establece los parámetros de diseño del sitio preciso del proyecto de investigación, ya que este software trabaja con la plataforma Google maps, esto hace que se pueda determinar con precisión la colocación de los paneles solares incluso la posición referencia donde se concentra la mayor cantidad de radiación solar.

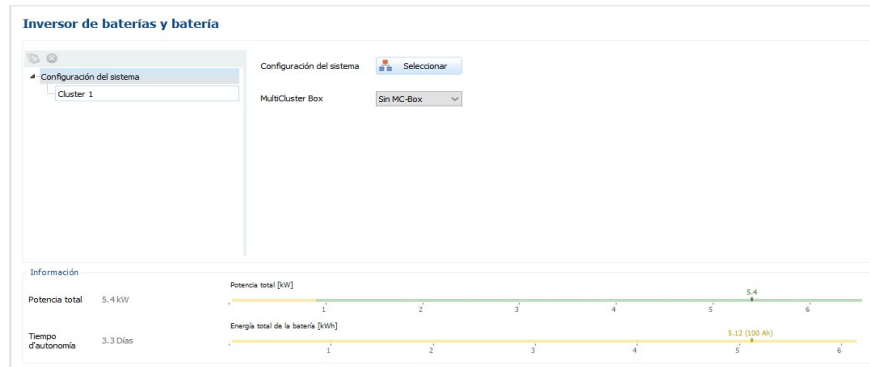


Fig. 24. Inversor de baterías y batería.

PVSOL es un software utilizado para grandes proyectos energéticos a nivel mundial, donde la cantidad de generación a simular suman un numero considerables de MW generados, donde se requiere un inversor para transformar la señal DC de los módulos fotovoltaicos y otro inversor independiente para transformar la señal DC de las baterías y encontrar el flujo total de energía en el nodo AC.

Por esta razón el software genera una configuración en el sistema diferente a la comúnmente utilizada, por tal motivo la figura 24 muestra un inversor de baterías y las baterías, esto aplica de igual manera para los paneles.

Por motivos de diseño el software considera 3.3 días de autonomía e incrementa el grupo de baterías a 4 a diferencia de las dos que se calculó anteriormente.

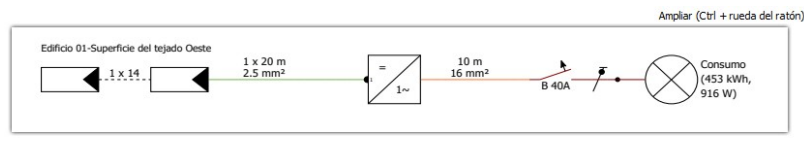


Fig. 25. Cableado del sistema.

PVSOL de igual manera considera parámetros de diseño para el cableado estructural del proyecto a construir (figura 25), donde según datos de medición calcula calibres de conductores y protecciones del sistema, esto puede variar dependiendo longitudes y potencia de consumo.

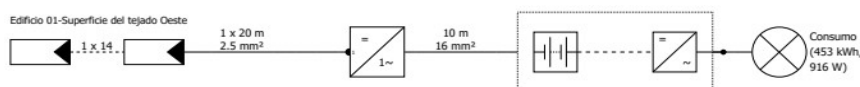


Fig. 22. Configuración final del sistema.

Como el software utiliza un punto común en AC, necesita dos inversores uno en paneles y otro en baterías, como se explicó anteriormente esto sucede a la configuración propia de PVSOL, parámetros que son propios del programa y no son modificables.

TABLA 15. Resumen de resultados de PVSOL

Instalación FV	
Potencia generador FV	4.76 KWp
Rendimiento anual espec.	1425.74 KWh/KWp
Coefficiente de rendimiento de la instalación (PR)	82.64 %
Máxima energía fotovoltaica posible	6.818 KWh/Año
Energía FV utilizable	700 KWh/Año
Carga de baterías	700 KWh/Año
Consumidores	
Consumo	453 KWh/Año
Consumo con desconexión de carga	453 KWh/Año
Consumo Standby (inversor)	18 KWh/Año
Perdidas de cables	4 KWh/Año
Consumo total	474 KWh/Año
Instalación de baterías	
Recarga de baterías	700 KWh/Año
Cobertura del consumo mediante sistema de baterías	474 KWh/Año
Perdidas debido a la carga/descarga	221 KWh/Año
Perdidas en baterías	9 KWh/Año
Carga de ciclos 1	4.8 %
Vida útil	<20 Años
Sistema completo	
Eficiencia del sistema	6.6 %
Emisiones de CO2 evitadas	166 kg/año

Fuente: Por el Autor

La tabla 15 muestra el resumen de resultados proporcionados por la simulación con el software PVSOL, estos resultados muestran valores de condiciones en lapso de 1 año de funcionamiento, porcentajes de vida útil y emisiones de contaminación evitadas, cabe recalcar que la plantilla completa de resultados del programa se anexara en la parte de anexos puesto que la versión que se está utilizando es de

prueba, sin embargo no quita ninguna función de simulación a más de la exportación de resultados a un formato requerido.

El programa de igual manera sugiere modelos de paneles solares, baterías, convertidores, reguladores, e incluso arroja planos de construcción para el sistema fotovoltaico, este informe anexo en el presente proyecto, detalla dichos resultados de forma completa.

3.2 Validación técnica -económica de los resultados:

Para la implementación del sistema se ha realizado el presupuesto referencial del total de la construcción de sistema fotovoltaico, los equipos que se ha considerado son accesibles en el mercado ecuatoriano, ya que el software donde se realizó la simulación sugiere equipos propios de la región europea o americanos que muchas veces no lo podemos encontrar en Ecuador.

TABLA 16. Costos del sistema.

Costo elementos del sistema			
Elemento	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Zimpertec SP200-36P, 200W 12Vdc. 200W Vmpp18V, polycrystalline	14	150	2100
Victron Energy SmartSolar MPPT 100/50	1	73.85	73.85
Batería de fosfato de hierro y litio LFP Smart 12,8/200	2	300	600
Inversor Victron Energy Phoenix 12/800-120V NEMA 5-15R	1	100	100
Cableado y protecciones	1	200	200
Total			3073.85

Fuente: Por el Autor

La tabla 16 muestra un presupuesto de los elementos que se utilizan en una instalación de sistemas fotovoltaicos, estos precios pueden variar por costos del mercado, sin embargo, los podemos adquirir en el Ecuador.

3.3 Evaluación de expertos.

Según Héctor Sanches el análisis de la radiación solar incidente se realiza con el fin de determinar las provincias o áreas, que presentan mayor potencial de radiación solar y por lo mismo una mayor viabilidad para la implementación de proyectos de energía fotovoltaica. [26]

De igual manera el Ing. Cristian Changoluisa con título de Magíster en electricidad, recalca que la investigación presente efectuada en la provincia de Pastaza incide de manera positiva, que proyectos amigables con el medio ambiente se implemente en la provincia, en este caso proyectos fotovoltaicos, por la gran cantidad de radiación solar, el correspondiente aval se encuentra en el Anexo 4.

3.4 Conclusiones del capítulo III.-

En este capítulo se ha desarrollado los resultados de radiación solar, calculo y simulación de la misma, que a continuación se detalla las conclusiones siguientes.

- Para la radiación incidente en la provincia de Pastaza exclusivamente en la ciudad de Puyo, se ha registrado una gran cantidad de radiación solar que superan los valores de 1000 Wh/m^2 , que resulta ventajoso para el funcionamiento óptimo y efectivo de todo el sistema solar fotovoltaico, de igual manera se ha determinado el mes más crítico del año de estudio para los cálculos y simulación consiguientes.
- Se ha demostrado que al realizar los cálculos de dimensionamiento se ha logrado determinar un sistema óptimo para alimentar la carga con un coeficiente de rendimiento de la instalación (PR) 82.64 %, esto se ha logrado al efectuar el análisis con el peor mes de radiación, dato determinado al efectuar la tabulación de todos los meses de investigación.
- De igual manera se ha contrarrestado los cálculos efectuados al realizar la respectiva simulación en PVSOL, aunque no se utilizó el software el mismo esquema de conexión de los elementos que conforman el sistema fotovoltaico convencional, se ha demostrado que con este potente programa se puede considerar hasta el mínimo problema encontrado en la instalación, algo importante que se puede recalcar es la ventaja de introducir los valores

medidos en el transcurso de la investigación y observar cómo se comporta el sistema en el intervalo de funcionamiento a lo largo del tiempo de uso.

3.5 Conclusiones generales

- Gracias a las fuentes bibliográficas encontradas de proyectos similares realizados alrededor del mundo, se ha demostrado que estudios de esta índole ayuda significativamente a promover y realizar proyectos amigables con el medio ambiente, de esta forma ayudamos a cambiar la matriz energética del país, así mismo ayudo a esclarecer bastantes interrogantes en el proyecto de investigación.
- Al determinar la radiación solar de los 12 meses de estudio, se logró encontrar el grado de abundancia del recurso solar correspondiente a un valor estimado de 68.81 KWh/m², valor bastante favorable que representa mayor auge para futuros proyectos energéticos en el territorio, esto conlleva a mejorar el estilo de vida de muchas comunidades que hoy en día carecen de electricidad, de igual manera ayuda a nuevas generaciones de estudiantes a nivel Superior tecnológico de la amazonia a impulsar proyectos que conlleve la utilización de sistemas fotovoltaicos.
- En el transcurso del proyecto que abarco 12 meses de estudio, se obtuvo un estimado de 542 datos diarios comprendidos de 8 am a 17 pm, que se tabularon por medio de histogramas de frecuencias con la herramienta Excel, logrando determinar la mayor abundancia de radiación solar que corresponde al mes de septiembre con un valor de 7771.4 Wh/m² día y el peor mes correspondiente a marzo con 4416.2 Wh/m² día, de esta manera se generó la curva característica de la irradiancia vs tiempo, donde muestra características propias de un día típico de estos dos meses.
- Gracias a los cálculos efectuados donde se consideró el mes más crítico, se determinó el sistema solar fotovoltaicos a utilizar en la Institución educativa, donde abastece la carga total de 915.5 W de los módulos didácticos, que sirven para la educación continua de los estudiantes del Instituto Superior Francisco de Orellana, la simulación en el software PVSOL, el sistema funcionaba en óptimas condiciones con un PR de 82.64

% con los valores de irradiación de los 12 meses, el informe completo de 21 hojas generado por el programa se los puede apreciar en el anexo 2 de la presente investigación.

3.6 Recomendaciones

- Se recomienda incentivar el uso de las energías renovables y amigables con el medio ambiente para conseguir un cambio energético en el país.
- Al efectuar proyectos de generación fotovoltaica se recomienda tomar en cuenta un análisis completo de la radiación solar del sitio, para conocer si es factible o no implementar dichos sistemas.
- Es importante recalcar el uso correcto del software de simulación para obtener datos precisos del proyecto de estudio y con esto no tener inconvenientes al instalar de forma real los sistemas de generación de energía eléctrica.

3.7 Referencias bibliográficas. -

[1] P. P. Vergara-Barrios y J. M. Rey-López, «Evaluación del potencial solar y eólico del campus central de la Universidad Industrial de Santander y la ciudad de Bucaramanga, Colombia», p. 9.

[2] M. A. Paternina, L. C. O. Villalba, J. L. I. Nuñez, y R. A. Á. López, «Diseño de prototipo de sistema solar fotovoltaico optimizando el ángulo de inclinación de los paneles solares», vol. 10, n.º 1, p. 12, 2012.

[3] I. Samson, R. Echarri, S. Vera, A. Sartarelli, y E. Cyrulies, «Medición de la radiación solar en Santo Domingo», cys, vol. 35, n.º 4, pp. 555-565, dic. 2010, doi: 10.22206/cys.2010.v35i4.pp555-565.

[4] S. Sayago, M. Bocco, G. Ovando, y E. Willington, «RADIACIÓN SOLAR HORARIA: MODELOS DE ESTIMACIÓN A PARTIR DE VARIABLES METEOROLÓGICAS BÁSICAS», p. 8.

[5] X. PONS, "Estimación de la Radiación Solar a partir de modelos digitales de elevaciones.", Cataluña, 1996.

- [6] O. Álvarez Hernández, T. Montaña Peralta, y J. Maldonado Correa, «La radiación solar global en la provincia de Loja, evaluación preliminar utilizando el método de Hottel», *ings*, n.º 11, p. 25, jun. 2014, doi: 10.17163/ings.n11.2014.03.
- [7] S. Sayago, M. Bocco, G. Ovando, y E. Willington, «RADIACIÓN SOLAR HORARIA: MODELOS DE ESTIMACIÓN A PARTIR DE VARIABLES METEOROLÓGICAS BÁSICAS», p. 7.
- [8] M. Rivas, E. Rojas, J. Cortés, y E. Santander, «EFECTO DE LA ALTURA EN LA RADIACIÓN SOLAR ULTRAVIOLETA EN ARICA NORTE DE CHILE», *Rev. Fac. Ing. - Univ. Tarapacá*, vol. 10, dic. 2002, doi: 10.4067/S0718-13372002001000007.
- [9] J. P. Castanedo-Cázares, B. Torres-Álvarez, B. Portales-González, K. Martínez-Rosales, y D. Hernández-Blanco, «Análisis de la radiación solar ultravioleta acumulada en México», *Rev Med Inst Mex Seguro Soc.*, p. 6.
- [10] D. G. Fantini y M. B. Baptista de Siqueira, «DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS EN MÓDULOS FOTOVOLTAICOS DE SILICIO PARA DIFERENTES IRRADIANCIAS Y TEMPERATURAS – MÉTODO SIMPLIFICADO CON DATOS DEL DATASHEET», 2020, doi: 10.34637/CIES2020.1.2064.
- [11] C. G. M. Alejandra, «FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA», p. 119.
- [12] C. R. S. Reinoso y S. H. Gallina, «Modelo de generación fotovoltaica para diferentes tecnologías», p. 6.
- [13] Y. MAMANI MAMANI and C. MAMANI YANA, "DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DE LA EFICIENCIA DE UN PANEL FOTOVOLTAICO MARCA SUNBE SOLAR TIPO SLP 60-12 DE 60 W BAJO LAS CONDICIONES AMBIENTALES DE PUNO CON ÉNFASIS EN LA INTENSIDAD DE RADIACIÓN SOLAR", Puno - Perú, 2019.
- [14] H. D. A. Arias, L. D. Arroyo, A. Julián, y A. Cardona, «Evaluación del potencial de generación fotovoltaica en la ciudad de Quibdó, Chocó Evaluation of

the Feasibility of Implementing Photovoltaic Electric Power in Quibdó, Chocó», p. 15, 2016.

[15] G. Gallegos, «SOBRE EL RECURSO SOLAR EN LA PROVINCIA DE SAN JUAN», p. 6, 2009.

[16] Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación y Grupo de Nuevas Actividades Profesionales, Energía solar fotovoltaica. Madrid: Colegio Oficial Ingenieros de Telecomunicación, 2007.

[17] M. del R. Heras Celemín, I. Guerra Plasencia, M. Ballesteros Perdices, y E. Instituto Superior de Formación y Recursos en Red para el Profesorado (Madrid, Fuentes de energía para el futuro. Madrid: Ministerio de Educación, Política Social y Deporte, Subdirección General de Información y Publicaciones, 2008.

[18] D. Orellana y G. Jacqueline, «Estimación de la radiación solar global diaria en el cantón Cuenca mediante la aplicación del modelo Bristow & Campbell», p. 94, 2015.

[19] N. Vera Mella, "Atlas climático de irradiación solar a partir de imágenes del satélite NOAA. Aplicación a la península Ibérica.", Doctorado, Universidad Politécnica de Catalunya., 2005.

[20] Ó. E. Cely, F. Guerrero, C. A. Chacón Cardona, “Diseño y construcción de un medidor de radiación solar”, Colombia, (2008).

[21] CONELEC, “Atlas solar del Ecuador con fines de generación eléctrica”, p 51, 2008.

[22] D. Arenas Sánchez, H. Zapata Castaño, “Libro interactivo sobre energía solar y sus aplicaciones”, (2011).

[23] NASA [Online]. Available: <http://www.atm.comhttps://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>

[24] Ingeniería verde [Online]. Available: https://www.ingenieriaverde.org/wp-content/uploads/2020/01/Mapa_Solar_del_Ecuador_2019.pdf

[25] U. Janett, «ILLUMINATION WITH PHOTO-VOLTAIC ENERGY FOR SUPERMARKETS IN BOGOTÁ», vol. 5, p. 14, 2014.

[26] H. G. I. Sánchez y J. G. B. Gaona, «Análisis multiespacial del potencial de radiación solar incidente en las provincias de BoyacáBoyacá, Colombia para la implementación de futuros proyectos de energía fotovoltaica», p. 75, 2021.

[27] RENOVA ENERGÍA [Online]. Available: https://www.renova-energia.com/pvsol-premium-2020-programa-de-simulacion-de-sistemas-fotovoltaicos/#:~:text=PV*SOL%20premium%20es%20un,caracter%C3%ADstica%3A%20%C2%A1Su%20interfaz%203D!

ANEXOS

Anexo 1

Características del sistema



Solar Panel: SP200-36P

- High efficiency cells ensure the high energy yields
- Easy and quick installation design with pre-drilled holes on the frame
- Qualified raw material and advanced encapsulation meets most stringent safety requirements of high voltage operation
- Production facility calibrated and staff trained by TUV

Technical Data

Solar Panel Type	SP200-36P
Nominal Peak Power (W_p)	200W_p
Power tolerance	+/-5%
Nominal Voltage (V _{mp})	18.3V
Nominal Current (I _{mp})	10.92A
Open-Circuit Voltage (V _{oc})	22.51V
Short-Circuit Current (I _{sc})	11.8A
Max System Voltage	600V
Module Efficiency	14.73%
Operating Temperature	-40°C to + 85°C
Dimension (some variation possible)	1330*992*35mm
Weight (some variation possible)	14.3kg
Connections:	Junction Box/4mm terminal Cable 4.0mm ² Length 900mm Connector MC4 type
Solar Cell	36/Poly
Front Glass	low-iron tempered glass
Encapsulation	Ethylene vinyl acetate (EVA)
Frame	anodized aluminum alloy (Silver)
Max. static load, front	5400Pa (eg. snow)
Max. static load, back	2400Pa (eg. wind)
All performance values under Standard Test Conditions STC: 1000W/m ² @ 25°C, AM1.5	

Temperature Coefficients

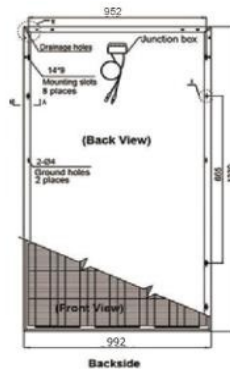
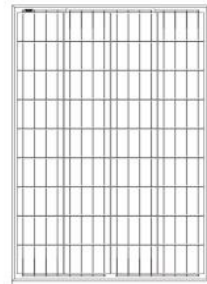
NOCT (Nominal Operating cell Temperature)	45°C +/-2°C
Voltage Temperature Coefficient (Voc)	-0.292%/°C
Current temperature coefficient (Isc)	+0.045%/°C
Power temperature coefficient (Pmpp)	-0.41%/°C

Module Warranty:

25-year limited warranty of 80% power output; 10-year limited warranty of 90% power output; 5-year limited warranty of materials and workmanship.

Comment:

Solar Panels are manufactured by a Factory producing Panels according with IEC61215, IEC61730-1/2.



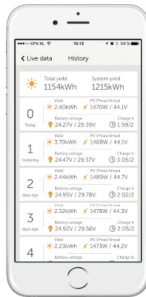
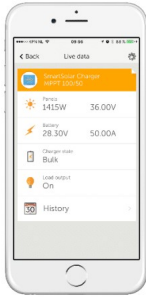
Zimpertec GmbH & Co. KG
Unterheutal 10
72525 Münsingen, Germany

info@zimpertec.com
www.zimpertec.com

Page 1 / 1
Version: DATASHEET-SOLAR PANEL-SP200-36P-2018-11-30
Subject to change without notice

Controladores de carga SmartSolar MPPT 100/30 & 100/50

www.victronenergy.com



Controlador de carga SmartSolar MPPT 100/50

Bluetooth Smart integrado: no necesita mochila

La solución inalámbrica para configurar, supervisar y actualizar el controlador con un teléfono inteligente, una tableta u otro dispositivo Apple o Android.

VE.Direct

Para una conexión de datos con cable a un Color Control, un Venus GX, un PC u otros dispositivos.

Seguimiento ultrarrápido del punto de máxima potencia (MPPT)

Especialmente con cielos nublados, cuando la intensidad de la luz cambia continuamente, un controlador MPPT ultrarrápido mejorará la recogida de energía hasta en un 30%, en comparación con los controladores de carga PWM, y hasta en un 10% en comparación con controladores MPPT más lentos.

Detección avanzada del Punto de Máxima Potencia en caso de nubosidad parcial

En caso de nubosidad parcial, pueden darse dos o más puntos de máxima potencia (MPP) en la curva de tensión de carga. Los MPPT convencionales suelen seleccionar un MPP local, que no necesariamente es el MPP óptimo. El innovador algoritmo de BlueSolar maximizará siempre la recogida de energía seleccionando el MPP óptimo.

Excepcional eficiencia de conversión

Sin ventilador. La eficiencia máxima excede el 98%. Corriente de salida completa hasta los 40°C (104°F).

Algoritmo de carga flexible

Un algoritmo de carga totalmente programable (consulte la página de *software* de nuestra página web) y ocho algoritmos de carga preprogramados, que se pueden elegir con un selector giratorio (consulte más información en el manual).

Amplia protección electrónica

Protección de sobretensión y reducción de potencia en caso de alta temperatura. Protección de cortocircuito y polaridad inversa en los paneles FV. Protección de corriente inversa FV.

Sensor de temperatura interna

Compensa la tensión de carga de absorción y flotación en función de la temperatura.

Opciones de datos en pantalla en tiempo real

- Smartphones, tabletas y otros dispositivos Apple y Android
- Panel ColorControl.

Controlador de carga SmartSolar	MPPT 100/30	MPPT 100/50
Tensión de la batería	Selección automática 12/24V	
Corriente de carga nominal	30A	50A
Potencia FV nominal, 12V 1a,b)	440W	700W
Potencia FV nominal, 24V 1a,b)	880W	1400W
Tensión máxima del circuito abierto FV	100V	100V
Máxima corriente de corto circuito FV 2)	35A	60A
Eficacia máxima	98%	98%
Autoconsumo	10 mA	
Tensión de carga de "absorción"	Valores predeterminados: 14,4V / 28,8V (ajustable)	
Tensión de carga de "flotación"	Valores predeterminados: 13,8V / 27,6V (ajustable)	
Algoritmo de carga	adaptativo multifase	
Compensación de temperatura	-16 mV / °C, -32 mV / °C resp.	
Protección	Polaridad inversa de la batería (fusible, no accesible por el usuario) Polaridad inversa FV Cortocircuito de salida Sobretensión	
Temperatura de trabajo	De -30 a +60 °C (potencia nominal completa hasta los 40 °C)	
Humedad	95%, sin condensación	
Puerto de comunicación de datos	VE.Direct Consulte el libro blanco sobre comunicación de datos en nuestro sitio web	
CARCASA		
Color	Azul (RAL 5012)	
Terminales de conexión	13 mm ² / AWG6	
Grado de protección	IP43 (componentes electrónicos), IP22 (área de conexión)	
Peso	1,3 kg	
Dimensiones (al x an x p)	130 x 186 x 70 mm	
NORMATIVAS		
Seguridad	EN/IEC 62109-1	
1a) Si se conecta más potencia FV, el controlador limitará la entrada de potencia. 1b) La tensión FV debe exceder Vbat + 5V para que arranque el controlador. Una vez arrancado, la tensión FV mínima será de Vbat + 1V. 2) Una corriente de cortocircuito más alta podría dañar el controlador en caso de polaridad inversa de los paneles FV.		

Victron Energy B.V. | De Paal 35 | 1351 JG Almere | Países Bajos
Centralita: +31 (0)36 535 97 00 | Fax: +31 (0)36 535 97 40
E-mail: sales@victronenergy.com | www.victronenergy.com

Baterías de fosfato de hierro y litio de 12,8V & 25,6V Smart Con Bluetooth

www.victronenergy.com

¿Por qué fosfato de hierro y litio?

Las baterías de fosfato de hierro y litio (LiFePO4 o LFP), son las baterías tradicionales de Li-Ion más seguras. La tensión nominal de una celda de LFP es de 3,2V (plomo-ácido: 2V/celda). Una batería LFP de 12,8V, por lo tanto, consiste de 4 celdas conectadas en serie; y una batería de 25,6V consiste de 8 celdas conectadas en serie.

Robusta

Una batería de plomo-ácido fallará prematuramente debido a la sulfatación si:

- funciona en modo de déficit durante largos periodos de tiempo (esto es, si la batería raramente o nunca está completamente cargada).
- se deja parcialmente cargada o, peor aún, completamente descargada (yates o caravanas durante el invierno).

Una batería LFP no necesita estar completamente cargada. Su vida útil incluso mejorará en caso de que esté parcialmente en vez de completamente cargada. Esta es una ventaja decisiva de las LFP en comparación con las de plomo-ácido. Otras ventajas son el amplio rango de temperaturas de trabajo, excelente rendimiento cíclico, baja resistencia interna y alta eficiencia (ver más abajo).

La composición química de las LFP es la elección adecuada para aplicaciones muy exigentes.

Eficiente

En varias aplicaciones (especialmente aplicaciones no conectadas a la red, solares y/o eólicas), la eficiencia energética puede llegar a ser de crucial importancia.

La eficiencia energética del ciclo completo (descarga de 100% a 0% y vuelta a cargar al 100%) de una batería de ácido y plomo normal es del 80%.

La eficiencia energética del ciclo completo de una batería LFP es del 92%.

El proceso de carga de las baterías de plomo-ácido se vuelve particularmente ineficiente cuando se alcanza el estado de carga del 80%, que resulta en eficiencias del 50% o incluso inferiores en sistemas solares en los que se necesitan reservas para varios días (baterías funcionando entre el 70% y el 100% de carga).

Por el contrario, una batería LFP seguirá logrando una eficiencia del 90% en condiciones de descarga leve.

Tamaño y peso

Ahorra hasta un 70% de espacio

Ahorra hasta un 70% de peso

¿Costosa?

Las baterías LFP son caras en comparación con las de plomo-ácido. Pero si se usan en aplicaciones exigentes, el alto coste inicial se verá más que compensado por una vida útil mayor, una fiabilidad superior y una excelente eficiencia.

Bluetooth

Mediante Bluetooth se pueden supervisar tensiones de celda, temperaturas y estados de alarmas.

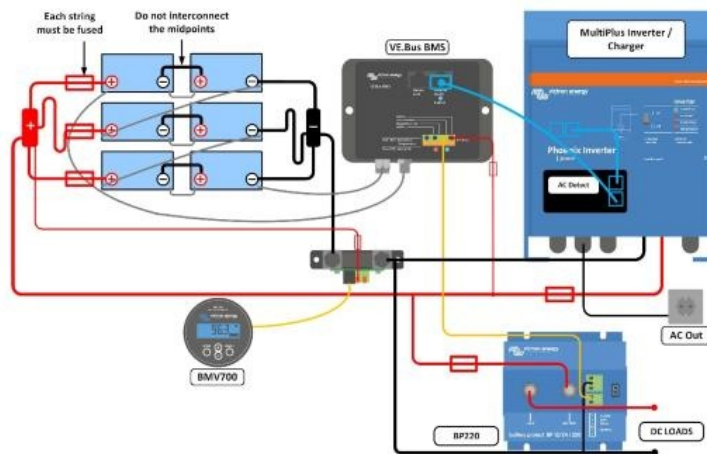
Muy útil para localizar un (posible) problema, como un desequilibrio de celdas.



Batería LiFePO4 de 12,8V 300Ah



Li-Ion app



Nuestras baterías LFP disponen de equilibrado y control de celdas integrados. Se pueden instalar hasta 5 baterías en paralelo y hasta cuatro baterías de 12V o dos de 24V en serie, de manera que se puede configurar un banco de baterías de 48V y de hasta 1500Ah. Los cables de equilibrado/control de celdas pueden conectarse en cadena y deben conectarse a un Sistema de gestión de baterías (BMS).

Sistema de gestión de baterías (BMS)

El BMS se conecta al BTV y sus funciones esenciales son:

1. Puede generar una prealarma siempre que la tensión de una celda de la batería caiga por debajo de 3,1 V (regulable entre 2,85 V y 3,15 V).
2. Desconectar o apagar la carga cuando la tensión de una celda de la batería caiga por debajo de 2,8 V (regulable entre 2,6 V y 2,8 V).
3. Detener el proceso de carga cuando la tensión de una celda de la batería sube por encima de 4,2V.
4. Apagar el sistema cada vez que la temperatura de una celda exceda los 50°C.

Consulte las hojas de datos de BMS para conocer más características.

Especificaciones de la batería							
TENSIÓN Y CAPACIDAD	LFP-Smart 12,8/50	LFP-Smart 12,8/60	LFP-Smart 12,8/100	LFP-Smart 12,8/160	LFP-Smart 12,8/200	LFP-Smart 12,8/300	LFP-Smart 25,6/200
Tensión nominal	12,8V	12,8V	12,8V	12,8V	12,8V	12,8V	25,6V
Capacidad nominal a 25°C*	50Ah	60Ah	100Ah	160Ah	200Ah	300Ah	200Ah
Capacidad nominal a 0°C*	40Ah	48Ah	80Ah	130Ah	160Ah	240Ah	160Ah
Capacidad nominal a -20°C*	25Ah	30Ah	50Ah	80Ah	100Ah	150Ah	100Ah
Capacidad nominal a 25°C*	640Wh	768Wh	1280Wh	2048Wh	2560Wh	3840Wh	5120Wh
*Corriente de descarga ≤1C							
CANTIDAD DE CICLOS (capacidad ≥ 80% del valor nominal)							
80% de descarga	2500 ciclos						
70% de descarga	3000 ciclos						
50% de descarga	5000 ciclos						
DESCARGA							
Corriente de descarga máxima recomendada	100A	120A	200A	320A	400A	600A	400A
Corriente de descarga continua recomendada	≤50A	≤60A	≤100A	≤160A	≤200A	≤300A	≤200A
Tensión de final de descarga	11,2V	11,2V	11,2V	11,2V	11,2V	11,2V	22,4V
CONDICIONES DE TRABAJO							
Temperatura de trabajo	Descarga: -20°C a +50°C Carga: +5°C a +50°C						
Temperatura de almacenamiento	-45°C – +70°C						
Humedad (sin condensación):	Max. 95%						
Clase de protección	IP 22						
CARGA							
Tensión de carga	Entre 14V/28V y 14,4V/28,8V (se recomienda 14,2V/28,4V)						
Tensión de flotación	13,5V/27V						
Corriente máxima de carga	100A	120A	200A	320A	400A	600A	400A
Corriente de carga recomendada	≤30A	≤30A	≤50A	≤80A	≤100A	≤150A	≤100A
OTROS							
Tiempo máx. de almacenamiento @ 25 °C*	1 año						
Conexión con el BMS.	Cable macho + hembra con conector circular M8, 50 cm de longitud						
Conexión eléctrica (inserciones roscadas)	M8	M8	M8	M8	M8	M10	M8
Dimensiones (al x an x p) mm	199 x 188 x 147	239 x 286 x 132	197 x 321 x 152	237 x 321 x 152	237 x 321 x 152	347 x 425 x 274	317 x 631 x 208
Peso	7kg	12kg	15kg	20kg	22kg	51kg	56kg
*Completamente cargada							

Inversores Phoenix

250VA – 1200VA 230V y 120V, 50Hz o 60Hz

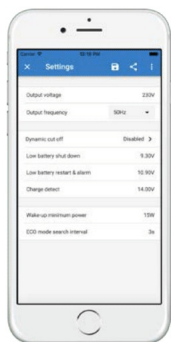
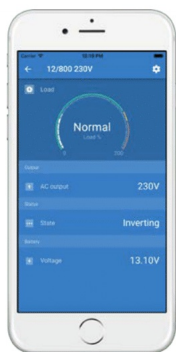
www.victronenergy.com



Phoenix 12/375 VE.Direct



Phoenix 12/375 VE.Direct



Puerto de comunicación VE.Direct

El puerto VE.Direct puede conectarse a:

- Un ordenador (se necesita un cable de interfaz VE.Direct a USB)
- Smartphones Apple y Android, tabletas, mackbooks y demás dispositivos (se necesita una mochila VE.Direct a Bluetooth Smart)

Totalmente configurable:

- Niveles de disparo de la alarma y restablecimiento por tensión baja de la batería.
- Niveles de desconexión y reinicio por tensión baja de la batería.
- Desconexión dinámica: nivel de desconexión dependiente de la carga
- Tensión de salida 210 - 245V
- Frecuencia 50 Hz o 60 Hz
- On/off del modo ECO y sensor de nivel del modo ECO

Seguimiento:

- Tensión y corriente de entrada/salida, % de carga y alarmas

Fiabilidad probada

La topología de puente completo más transformador toroidal ha demostrado su fiabilidad a lo largo de muchos años.

Los inversores están a prueba de cortocircuitos y protegidos contra el sobrecalentamiento, ya sea debido a una sobrecarga o a una temperatura ambiente elevada.

Alta potencia de arranque

Necesaria para arrancar cargas como convertidores para lámparas LED, halógenas o herramientas eléctricas.

Modo ECO

En modo ECO, el inversor se pondrá en espera cuando la carga descienda por debajo de un valor predeterminado (carga mínima: 15W). Una vez en espera, el inversor se activará brevemente (ajustable; por defecto: cada 2,5 segundos). Si la carga excede el nivel predeterminado, el inversor permanecerá encendido.

Interruptor on/off remoto

Se puede conectar un interruptor On/Off remoto a un conector bifásico o entre el positivo de la batería y el contacto de la izquierda del conector bifásico.

Diagnóstico LED

Por favor, consulte el manual para obtener su descripción.

Para transferir la carga a otra fuente CA: el conmutador de transferencia automático

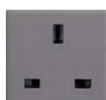
Para nuestros inversores de menor potencia recomendamos nuestro conmutador de transferencia automático Filax. El tiempo de conmutación del "Filax" es muy corto (menos de 20 milisegundos), de manera que los ordenadores y demás equipos electrónicos continuarán funcionando sin interrupción.

Disponible con tres tomas de corriente distintas

Schuko



UK



AU/NZ



IEC-320
(enchufe macho incluido)



Nema 5-15R



Bornes de tornillo

No se necesitan herramientas especiales para su instalación

Inversor Phoenix	12 voltios 24 voltios 48 voltios	12/250 24/250 48/250	12/375 24/375 48/375	12/500 24/500 48/500	12/800 24/800 48/800	12/1200 24/1200 48/1200
Potencia cont a 25°C (1)		250VA	375VA	500VA	800VA	1200VA
Potencia cont. a 25°C / 40°C		200 / 175W	300 / 260W	400 / 350W	650 / 560W	1000 / 850W
Pico de potencia		400W	700W	900W	1500W	2200W
Tensión / frecuencia CA de salida (ajustable)	230VCA o 120VCA +/- 3% 50Hz o 60Hz +/- 0,1%					
Rango de tensión de entrada	9,2 - 17 / 18,4 - 34,0 / 36,8 - 62,0V					
Desconexión por CC baja (ajustable)	9,3 / 18,6 / 37,2V					
Dinámica (dependiente de la carga)	Desconexión dinámica, ver					
Desconexión por CC baja (totalmente ajustable)	https://www.victronenergy.com/live/ve-direct:phoenix-inverters-dynamic-cutoff					
Reinicio y alarma por CC baja (ajustable)	10,9 / 21,8 / 43,6V					
Detector de batería cargada (ajustable)	14,0 / 28,0 / 56,0V					
Eficacia máx.	87 / 88 / 88%	89 / 89 / 90%	90 / 90 / 91%	90 / 90 / 91%	91 / 91 / 92%	
Consumo en vacío	4,2 / 5,2 / 7,9W	5,6 / 6,1 / 8,5W	6 / 6,5 / 9W	6,5 / 7 / 9,5W	7 / 8 / 10W	
Consumo en vacío predeterminado en modo ECO (Intervalo de reintento: 2,5 s, ajustable)	0,8 / 1,3 / 2,5W	0,9 / 1,4 / 2,6W	1 / 1,5 / 3,0W	1 / 1,5 / 3,0W	1 / 1,5 / 3,0	
Ajuste de potencia de parada y arranque en modo ECO	Ajustable					
Protección (2)	a - f					
Rango de temperatura de trabajo	-40 to +65°C (refrigerado por ventilador) (reducción de potencia del 1,25% por cada °C por encima de 25°C)					
Humedad (sin condensación)	máx. 95%					
CARCARA						
Material y color	Chasis de acero y carcasa de plástico (azul RAL 5012)					
Conexión de la batería	Bornes de tornillo					
Sección de cable máxima:	10mm ² / AWG8	10mm ² / AWG8	10mm ² / AWG8	25/10/10mm ² / AWG4/8/8	35/25/25 mm ² / AWG 2/4/4	
Tomas de corriente CA estándar	230V: Schuko (CEE 7/4), IEC-320 (enchufe macho incluido) UK (BS 1363), AU/NZ (AS/NZS 3112) 120V: Nema 5-15R					
Tipo de protección	IP 21					
Peso	2,4kg / 5,3lbs	3,0kg / 6,6lbs	3,9kg / 8,5lbs	5,5kg / 12lbs	7,4kg / 16,3lbs	
Dimensiones (al x an x p en mm.) (al x an x p, pulgadas)	86 x 165 x 260 3.4 x 6.5 x 10.2	86 x 165 x 260 3.4 x 6.5 x 10.2	86 x 172 x 275 3.4 x 6.8 x 10.8	105 x 216 x 305 4.1 x 8.5 x 12.1 (12V modelo: 105 x 230 x 325)	117 x 232 x 327 4.6 x 9.1 x 12.9 (12V modelo: 117 x 232 x 362)	
ACCESORIOS						
On/Off remoto	Sí					
Conmutador de transferencia automático	Filax					
ESTÁNDARES						
Seguridad	EN-IEC 60335-1 / EN-IEC 62109-1					
EMC	EN 55014-1 / EN 55014-2 / IEC 61000-6-1 / IEC 61000-6-2 / IEC 61000-6-3					
Directiva de automoción	ECE R10-4					
1) Carga no lineal, factor de cresta 3:1 2) Claves de protección: a) cortocircuito de salida b) sobrecarga c) tensión de la batería demasiado alta d) tensión de la batería demasiado baja h) temperatura demasiado alta f) ondulación CC demasiado alta						



Alarma de batería

Indica que la tensión está demasiado alta o demasiado baja por medio de una alarma visual y sonora y de un relé de señalización remota



Mochila VE.Direct a Bluetooth Smart (Debe pedirse por separado)



Monitor de baterías BMV

El monitor de baterías BMV dispone de un avanzado sistema de control por microprocesador combinado con un sistema de alta resolución para la medición de la tensión de la batería y de la carga/descarga de corriente. Aparte de esto, el software incluye unos complejos algoritmos de cálculo para determinar exactamente el estado de la carga de la batería. El BMV muestra de manera selectiva la tensión, corriente, Ah consumidos o el tiempo restante de carga de la batería. El monitor también almacena una multitud de datos relacionados con el rendimiento y uso de la batería.

Resultados simulación PVSOL Premium 2022

Nombre del proyecto: Análisis de la radiación solar para determinar un sistema fotovoltaico que permita abastecer la dema

15/2/2022

Documentación

Datos del cliente

Empresa _____

Número de cliente _____

Persona de contacto _____

Dirección _____

Teléfono _____

Fax _____

E-mail _____

E-mail _____


Datos del proyecto

Nombre del proyecto **Análisis de la radiación solar para determinar un sistema fotovoltaico que permita abastecer la dema**


N.º de oferta _____

Autor **Diego fernando Perez Romero**

Dirección _____



Google Maps

 Creado con PV*SOL premium 2022 (R4) Versión de prueba
Valentin Software GmbH

Análisis de la radiación solar para determinar un sistema fotovoltaico que permita abastecer la demanda

Autor: Diego Fernando Perez Romero

Vista general del proyecto



Figura: Vista general, Planificación 3D

Instalación FV

3D, Sistema FV autónomo

Datos climáticos	Puyo - Proyecto, ECU (2021 - 2022)
Fuente de los valores	Observado
Potencia generador FV	4.76 kWp
Superficie generador FV	27.5 m ²
Número de módulos FV	14
Número de inversores	1
Número de inversores de baterías	1
Número de baterías	4

Análisis de la radiación solar para determinar un sistema fotovoltaico que permita abastecer la demanda

Autor: Diego Fernando Perez Romero

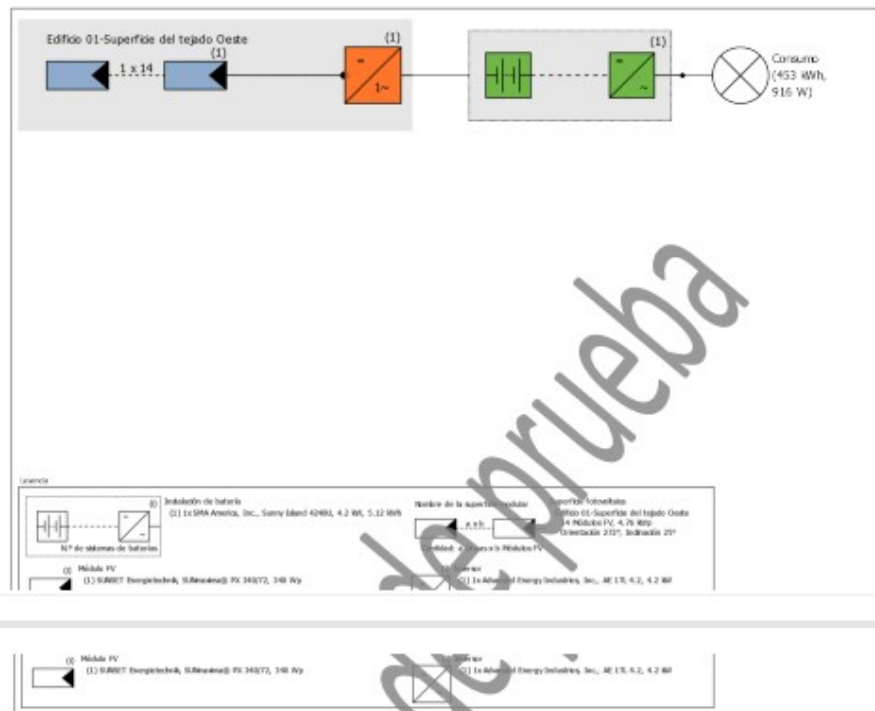


Figura: Diagrama esquemático

Pronóstico rendim.

Pronóstico rendim.

Potencia generador FV	4.76 kWp
Rendimiento anual espec.	1,606.88 kWh/kWp
Coefficiente de rendimiento de la instalación (PR)	82.92 %
Reducción de rendimiento por sombreado	0.0 %/Año
Máxima energía fotovoltaica posible	7,682 kWh/Año
Energía FV utilizable	691 kWh/Año
Cobertura del consumo	0 kWh/Año
Carga de baterías	691 kWh/Año
Fracción de cobertura solar	100.0 %
Eficiencia del sistema	5.9 %
Emisiones de CO ₂ evitadas	166 kg / año

Análisis de la radiación solar para determinar un sistema fotovoltaico que permita abastecer la demanda

Autor: Diego Fernando Perez Romero

Evaluación económica

Su beneficio

Costes totales de inversión	3000 \$
Tasa interna de retorno (TIR)	0.00 %
Duración amortización	0.0 Años
Costes de producción de energía	0 \$/kWh
Costes específicos	0.33 \$/kWh

Los resultados han sido calculados mediante un modelo de cálculo matemático de la empresa Valentin Software GmbH (algoritmos PV*SOL). Los resultados reales de la instalación fotovoltaica pueden mostrar variaciones debido a las variaciones meteorológicas, curvas de eficiencia de los módulos o de inversores así como a otras causas.



Creado con PV*SOL premium 2022 (R4) Versión de prueba
Valentin Software GmbH

Página 4 de 21

Análisis de la radiación solar para determinar un sistema fotovoltaico que permita abastecer la demanda

Autor: Diego Fernando Perez Romero

Disposición de la instalación

Resumen

Datos del sistema

Tipo de instalación	3D, Sistema FV autónomo
Puesta en marcha	8/2/2022

Datos climáticos

Ubicación	Puyo, Proyecto, ECU (2021 - 2022)
Fuente de los valores	Observado
Resolución de los datos	1 h
Modelos de simulación utilizados:	
- Radiación difusa sobre la horizontal	Hofmann
- Radiación sobre superficie inclinada	Hay & Davies

Consumo

Consumo total	453 kWh
Consumo del proyecto de investigación	453 kWh
Pico de carga	0.9 kW

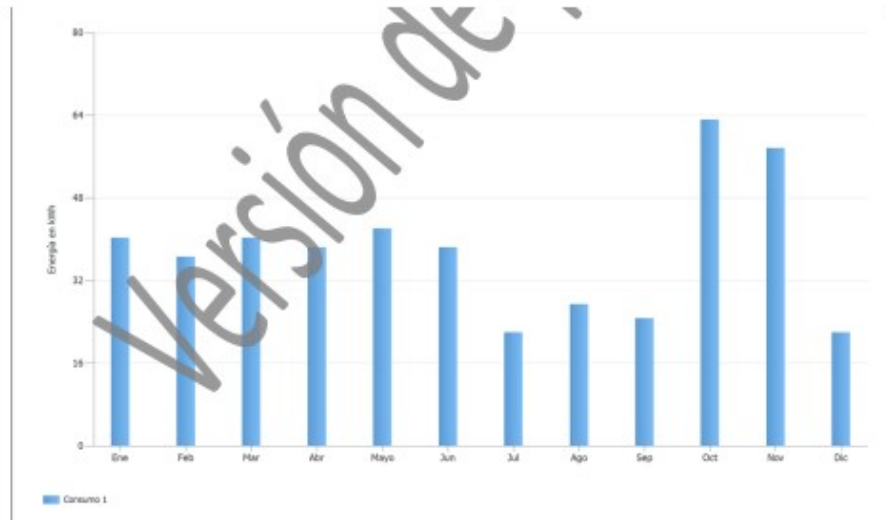


Figura: Consumo

Análisis de la radiación solar para determinar un sistema fotovoltaico que permita abastecer la demanda

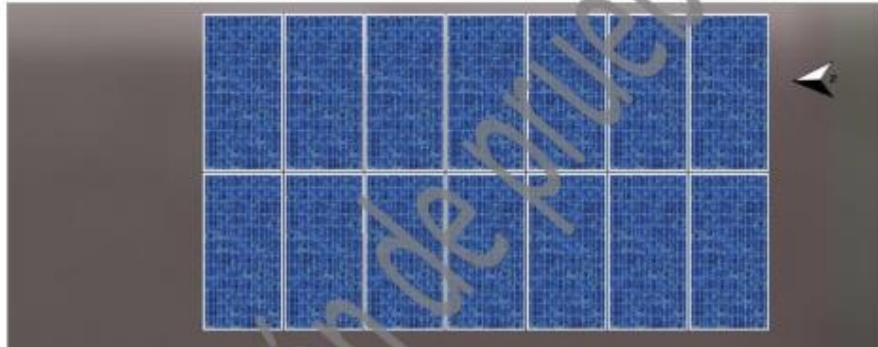
Autor: Diego Fernando Perez Romero

Superficies de módulos

1. Superficie fotovoltaica - Edificio 01-Superficie del tejado Oeste

Generador FV, 1. Superficie fotovoltaica - Edificio 01-Superficie del tejado Oeste

Nombre	Edificio 01-Superficie del tejado Oeste
Módulos FV	14 x SUNmaxima® PX 340/72 (v1)
Fabricante	SUNSET Energietechnik
Inclinación	25 °
Orientación	Oeste 272 °
Situación de montaje	Paralelo a la cubierta
Superficie generador FV	27.5 m ²



Análisis de la radiación solar para determinar un sistema fotovoltaico que permita abastecer la demanda

Autor: Diego Fernando Perez Romero

Degradación de los módulos, 1. Superficie fotovoltaica - Edificio 01-Superficie del tejado Oeste

Curva característica	Lineal
Potencia restante al cabo de 20 años	100 %

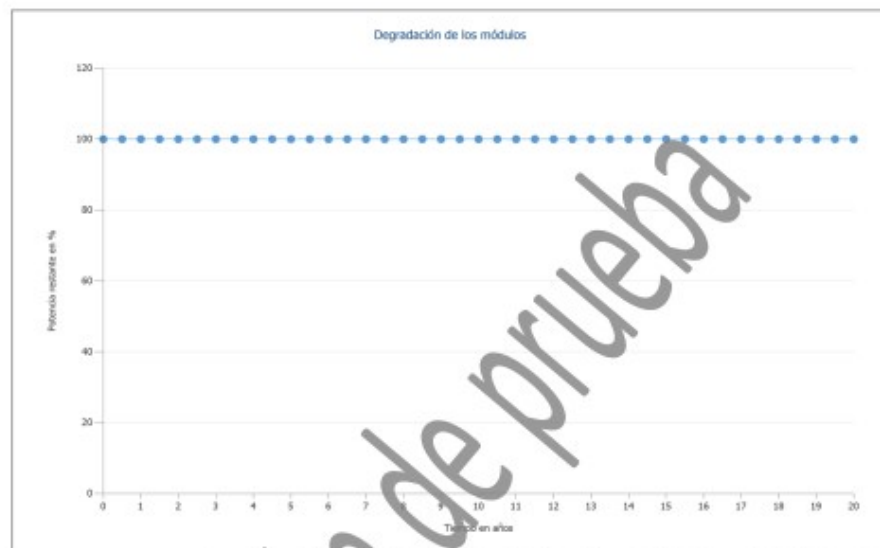


Figura: Degradación de los módulos, 1. Superficie fotovoltaica - Edificio 01-Superficie del tejado Oeste



Figura: Degradación de los módulos, 1. Superficie fotovoltaica - Edificio 01-Superficie del tejado Oeste

Línea del horizonte, Planificación 3D

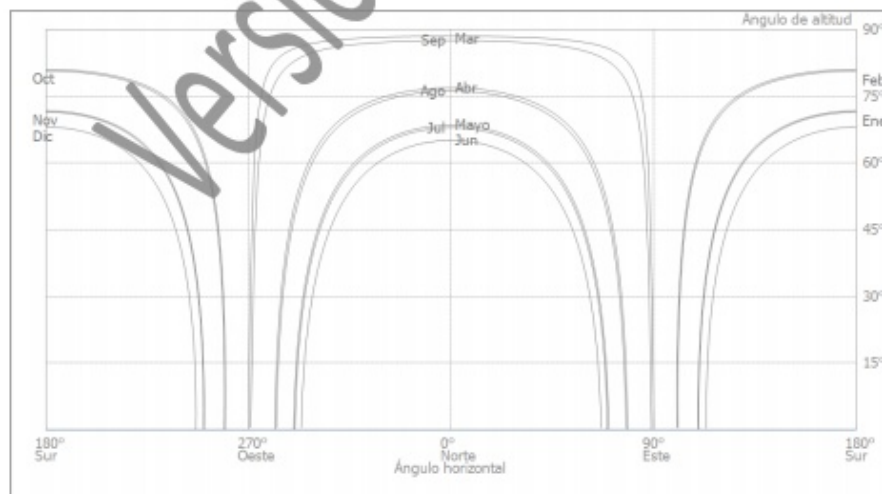


Figura: Horizonte (Planificación 3D)

Análisis de la radiación solar para determinar un sistema fotovoltaico que permita abastecer la demanda

Autor: Diego Fernando Perez Romero

Conexión del inversor

Conexión 1	
Superficie fotovoltaica	Edificio 01-Superficie del tejado Oeste
Inversor 1	
Modelo	AE 1TL 4.2 (v1)
Fabricante	Advanced Energy Industries, Inc.
Cantidad	1
Factor de dimensionamiento	113.3 %
Conexión	MPP 1: 1 x 14

Red de CA

Red de CA	
Número de fases	1
Tensión de red entre fase y neutro	120 V
Factor de desfase (cos phi)	+/- 1

Sistema FV autónomo

Generador adicional	
Modelo	8.83 kW - 230/400 V - 3p (v2)
Fabricante	Example
Potencia continua	8.83 kW

Inversor de baterías y Batería

Potencia total	5.4 kW
Energía total de la batería	5.1 kWh
Tiempo d'autonomía	3.3 Días
Cluster 1	
Potencia	5.4 kW
Inversor de baterías	
Modelo	Sunny Island 4248U (v1)
Fabricante	SMA America, Inc.
Cantidad	1
Batería	
Modelo	LFP-Smart 12.8/100 (v1)
Fabricante	Victron Energy B.V.
Cantidad	4 (4 x 1)
Tipo de batería	Fosfato de hierro y litio



Análisis de la radiación solar para determinar un sistema fotovoltaico que permita abastecer la demanda

Autor: Diego Fernando Perez Romero

Resultados de simulación

Resultados Sistema completo

Instalación FV

Potencia generador FV	4.76 kWp
Rendimiento anual espec.	1,606.88 kWh/kWp
Coefficiente de rendimiento de la instalación (PR)	82.92 %
Reducción de rendimiento por sombreado	0.0 %/Año

Máxima energía fotovoltaica posible	7,682 kWh/Año
Energía FV utilizable	691 kWh/Año
Cobertura del consumo	0 kWh/Año
Carga de baterías	691 kWh/Año

Energía FV utilizable



Consumidores

Consumo	453 kWh/Año
Consumo con desconexión de carga	453 kWh/Año
Consumo Standby (Inversor)	16 kWh/Año
Pérdida de cables	4 kWh/Año
Consumo total	474 kWh/Año
cubierto mediante energía fotovoltaica	0 kWh/Año
cubierto mediante batería	474 kWh/Año
Fracción de cobertura solar	100.0 %

Consumo total



cubierto mediante batería 474 kWh/Año
Fracción de cobertura solar 100.00 %



■ cubierto mediante energía fotovoltaica
■ cubierto mediante batería

Instalación de batería

Recarga de baterías	691 kWh/Año
Cobertura del consumo mediante sistema de baterías	474 kWh/Año
Pérdidas debido a la carga/descarga	212 kWh/Año
Pérdidas en baterías	10 kWh/Año
Carga de ciclos 1	4.8 %
Vida útil 1	>20 Años

Sistema completo

Eficiencia del sistema	5.9 %
Emisiones de CO ₂ evitadas	166 kg / año

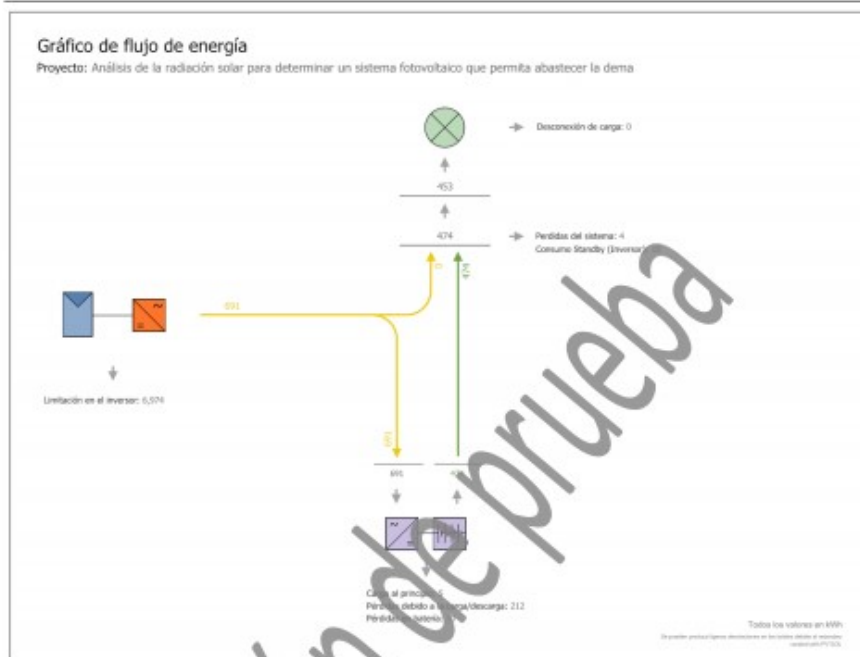


Creado con PV*SOL premium 2022 (R4) Versión de prueba
Valentin Software GmbH

Página 9 de 21

Análisis de la radiación solar para determinar un sistema fotovoltaico que permita abastecer la demanda

Autor: Diego Fernando Perez Romero



Análisis de la radiación solar para determinar un sistema fotovoltaico que permita abastecer la demanda

Autor: Diego Fernando Perez Romero

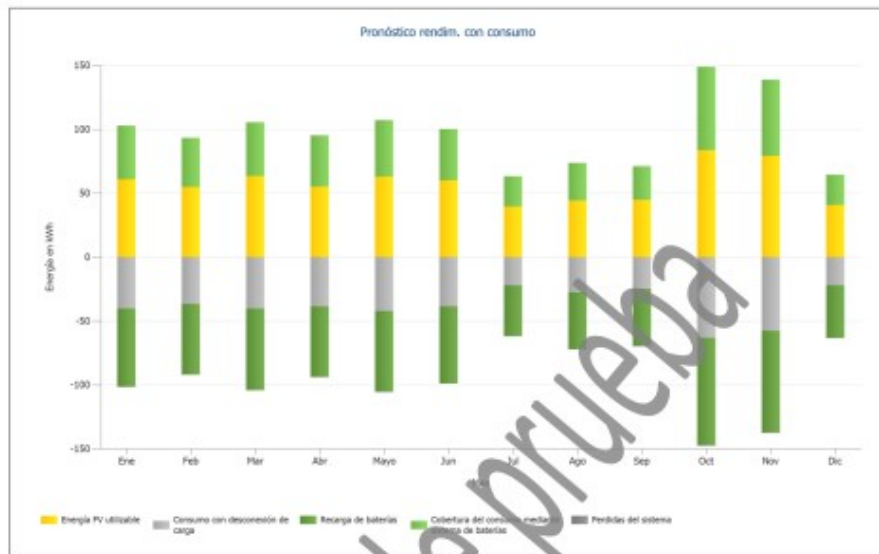


Figura: Pronóstico rendim. con consumo

Resultados por superficie de módulos

Edificio 01-Superficie del tejado Oeste

Potencia generador FV

4.76 kWp

Resultados por superficie de módulos

Edificio 01-Superficie del tejado Oeste

Potencia generador FV	4.76 kWp
Superficie generador FV	27.54 m ²
Irradiación global sobre módulo	1857.34 kWh/m ²
Radiación global en el módulo sin reflexión	1941.02 kWh/m ²
Coefficiente de rendimiento de la instalación (PR)	83.11 %
Energía de generador FV (Recl. CA)	7666.48 kWh/Año
Rendimiento anual esper	1610.60 kWh/kWp

Balance energético de instalación fotovoltaica

Balance energético de instalación fotovoltaica

Radiación global horizontal	2,091.32 kWh/m²	
Desviación del espectro estandar	-20.91 kWh/m ²	-1.00 %
Reflexión del suelo (albedo)	19.40 kWh/m ²	0.94 %
Orientación y inclinación de la superficie de módulos	-148.79 kWh/m ²	-7.12 %
Sombreado independiente del módulo	0.00 kWh/m ²	0.00 %
Reflexión en la superficie del módulo	-83.68 kWh/m ²	-4.31 %
Irradiación global sobre módulo	1,857.34 kWh/m²	
	1,857.34 kWh/m ²	
	× 27.539 m	
	= 51,149.45 kWh	
Irradiación global fotovoltaica	51,149.45 kWh	
Ensuciamiento	0.00 kWh	0.00 %
Conversión STC (eficiencia nominal de módulo 17.26 %)	-47,322.67 kWh	-82.74 %
Energía fotovoltaica nominal	8,826.78 kWh	
Ensombrecimiento parcial específico del módulo	0.00 kWh	0.00 %
Rendimiento con luz débil	30.80 kWh	0.35 %
Desviación de la temperatura nominal del módulo	-773.43 kWh	-8.73 %
Diodos	0.00 kWh	0.00 %
Inadecuación (datos del fabricante)	-161.68 kWh	-2.00 %
Inadecuación (Conexión/sombreado)	0.00 kWh	0.00 %
Cond. de línea	-13.67 kWh	-0.17 %
Energía fotovoltaica (CC) sin limitación de corriente por inversor	7,908.79 kWh	
Potencia de arranque DC no alcanzada	-0.43 kWh	-0.01 %
Regulación por rango de tensión MPP	0.00 kWh	0.00 %
Regulación por corriente CC máx.	0.00 kWh	0.00 %
Regulación por potencia CC máx.	0.00 kWh	0.00 %
Regulación por potencia CA máx. / cos phi	-2.03 kWh	-0.03 %

Energía fotovoltaica (CC) sin limitación de corriente por inversor	7,908.79 kWh	
Potencia de arranque DC no alcanzada	-0.43 kWh	-0.01 %
Regulación por rango de tensión MPP	0.00 kWh	0.00 %
Regulación por corriente CC máx.	0.00 kWh	0.00 %
Regulación por potencia CC máx.	0.00 kWh	0.00 %
Regulación por potencia CA máx. / cos phi	-2.03 kWh	-0.03 %
Adaptación MPP	-7.91 kWh	-0.10 %
Energía FV (DC)	7,898.42 kWh	
Energía en la entrada del inversor	7,898.42 kWh	
Desviación de la tensión de entrada de la tensión nominal	-9.11 kWh	-0.12 %
Conversión DC/AC	-191.53 kWh	-2.43 %
Consumo Standby (Inversor)	-17.72 kWh	-0.23 %
Cables de CA	-31.29 kWh	-0.41 %
Energía fotovoltaica (CA) menos consumo en modo de espera	7,648.76 kWh	
Energía de generador FV (Red CA)	7,666.48 kWh	

Análisis de la radiación solar para determinar un sistema fotovoltaico que permita abastecer la demanda

Autor: Diego Fernando Perez Romero

Análisis de rentabilidad

Resumen

Datos del sistema

Periodo de consideración	20 Años
Número de componentes de instalación	
Número de módulos FV	14
Número de inversores	1
Número de inversores de baterías	1
Número de baterías	4
Análisis de rentabilidad	
Total de los costes de inversión	3000 \$
Costes específicos	0.33 \$/kWh

Análisis de la radiación solar para determinar un sistema fotovoltaico que permita abastecer la demanda

Autor: Diego Fernando Perez Romero

Hojas

Hoja de datos módulo FV

Módulo FV: SUNmaxima® PX 340/72 (v1)

Fabricante	SUNSET Energietechnik
Suministr.	Sí
Datos eléctricos	
Tipo de célula	Sí policristalino
Módulo de media celda	No
Número de células	72
Número de diodos de bypass	3
Caída de voltaje por diodo de derivación	1 V
Optimizador de potencia integrado	No
Sólo apto para transf. inversor	No
Caract. U/I- STC	
Tensión en MPP	38.4 V
Corriente en MPP	8.84 A
Tens. circ. abierto	47.4 V
Corriente de cortocircuito	9.35 A
Aumento tensión de circuito abierto antes de estabil.	0 %
Potencia nominal	340 W
Factor de forma	76.59 %
Eficiencia	17.76 %

eficiencia	17.26 %
Características U/I con carga parcial	
Fuente de los valores	Fabricante/proprios
Irradiación	200 W/m ²
Tensión en el MPP con carga parcial	38.1 V
Corriente en el MPP con carga parcial	1.76 A
Tens. circ. abierto con carga parcial	43.91 V
Corriente de cortocircuito con carga parcial	1.86 A
Parámetros adicionales	
Coefficiente de temperatura de Voc	-151.68 mV/K
Coefficiente de temperatura de Isc	3.46 mA/K
Coefficiente de temperatura de Pmpp	-0.46 %/K
Factor corr. angular (IAM)	95 %
Tensión máxima del sistema	1000 V
Datos mecánicos	
Anchura	997 mm
Alto	1973 mm
Profundidad	47 mm
Ancho del marco	1 mm
Peso	26.2 kg



Creado con PV*SOL premium 2022 (R4) Versión de prueba
Valentin Software GmbH

Página 14 de 21

Hoja de datos inversor

Inversor: AE 1TL 4.2 (v1)

Fabricante	Advanced Energy Industries, Inc.
Suministr.	Sí
Datos eléctricos - CC	
Potencia nominal DC	4.3 kW
Potencia DC máx.	5.2 kW
Tensión nominal DC	540 V
Tensión máxima de entrada	845 V
Corriente máx. de entrada	12 A
Número de entradas DC	1
Datos eléctricos - CA	
Potencia nom. CA	4.2 kW
Potencia AC máx.	4.2 kVA
Número de fases	1
Con transf.	No
Datos eléctricos - Otro	
Modificación del grado de rend. en caso de desviación de la tensión de entrada de la tensión nominal	0.2 %/100V
Mín. Potencia introducida	10 W
Consumo Standby	4 W
Consumo nocturno	4 W
Seguidor MPP	
Rango de potencia < 20% de la potencia nominal	99.9 %
Rango de potencia > 20% de la potencia nominal	99.9 %
Número de seguidores MPP	1
Seguidor MPP 1	
Corriente máx. de entrada	12 A
Potencia de entrada máx.	5.2 kW

Seguidor MPP	
Rango de potencia < 20% de la potencia nominal	99.9 %
Rango de potencia > 20% de la potencia nominal	99.9 %
Número de seguidores MPP	1
Seguidor MPP 1	
Corriente máx. de entrada	12 A
Potencia de entrada máx.	5.2 kW
Tensión MPP mín.	360 V
Tensión MPP máx.	700 V



Análisis de la radiación solar para determinar un sistema fotovoltaico que permita abastecer la demanda

Autor: Diego Fernando Perez Romero

Hoja inversor de baterías

Inversor de baterías: Sunny Island 4248U (v1)

Fabricante	SMA America, Inc.
Suministr.	Sí

Datos eléctricos - CA

Tensión nominal	120 V
Corriente CA máx.	56 A
Potencia continua CA a 25 °C	4200 W
Potencia CA para 30 min. a 25 °C	5400 W
Potencia CA para 60 min. a 25 °C	4800 W
Consumo propio sin carga	22 W
Consumo propio (Standby)	4 W

Datos de la batería - DC

Tensión nominal de la batería	48 V
Tensión de batería mín.	41 V
Tensión de batería máx.	63 V
Corriente de carga de batería máx.	100 A

Hoja batería

Batería: LFP-Smart 12.8/100 (v1)

Fabricante	Victron Energv B.V.
------------	---------------------

Fabricante	Victron Energy B.V.
Suministr.	Sí
Datos eléctricos	
Tipo de batería	Fosfato de hierro y litio
Tensión de célula	3.2 V
Número de células en serie	4
Tensión nominal	12.8 V
Número de líneas de baterías	2
Resistencia interna	2 mΩ
Auto-descarga	2 %/Mes
Durabilidad en ciclos de carga-descarga (DoD = 40 %)	6300
Datos mecánicos	
Longitud	152 mm
Anchura	321 mm
Alto	197 mm
Peso	15 kg

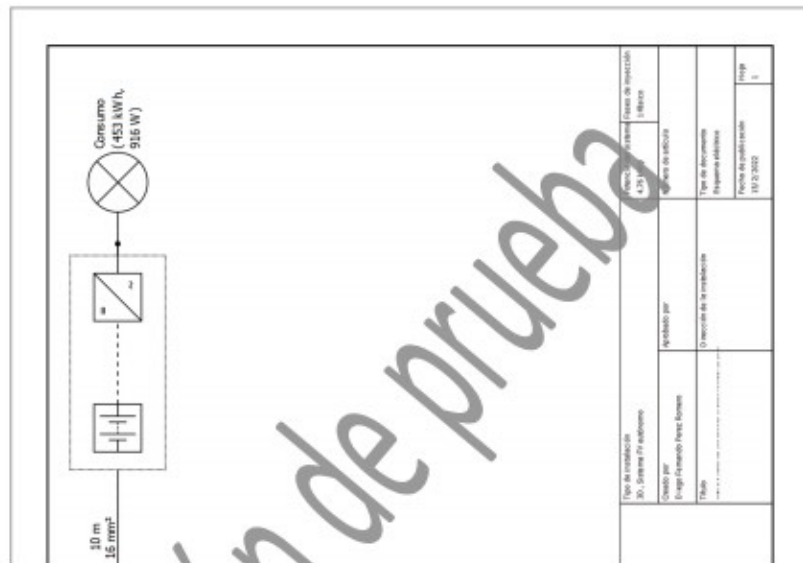


Análisis de la radiación solar para determinar un sistema fotovoltaico que permita abastecer la demanda

Autor: Diego Fernando Perez Romero

Planos y listado de piezas

Esquema eléctrico



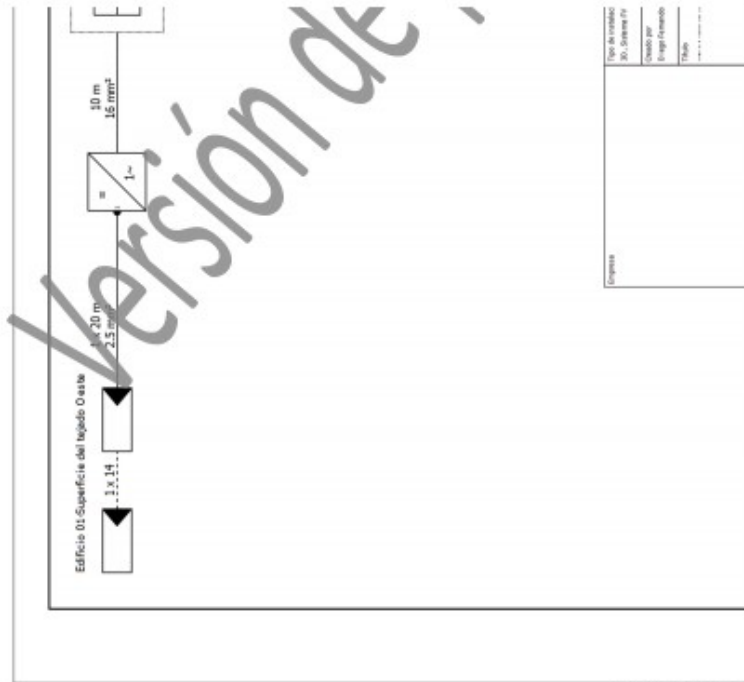
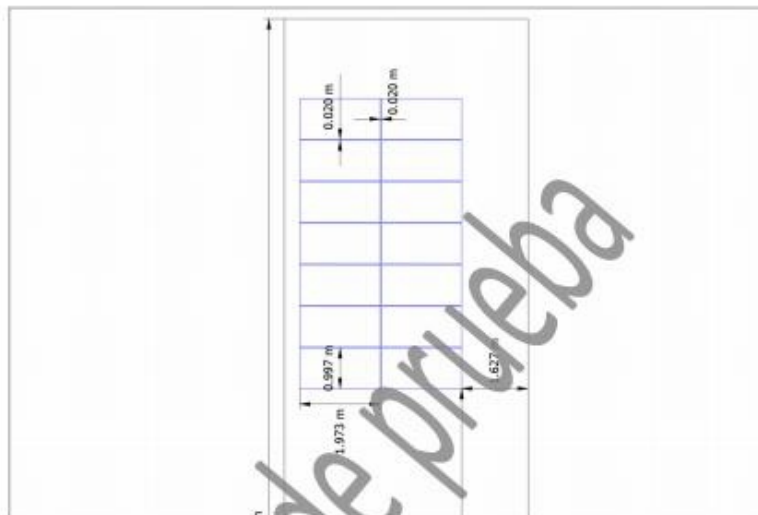


Figura: Esquema eléctrico

Análisis de la radiación solar para determinar un sistema fotovoltaico que permita abastecer la demanda

Autor: Diego Fernando Perez Romero

Plan de acotación



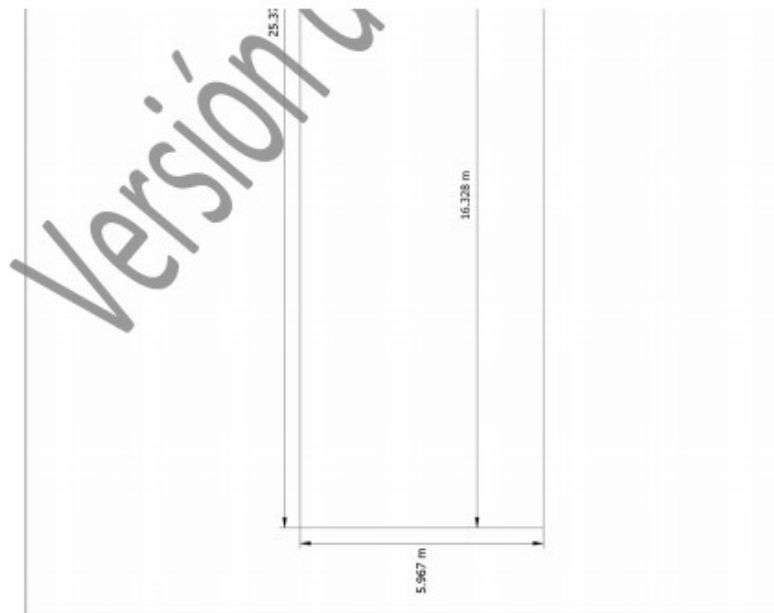
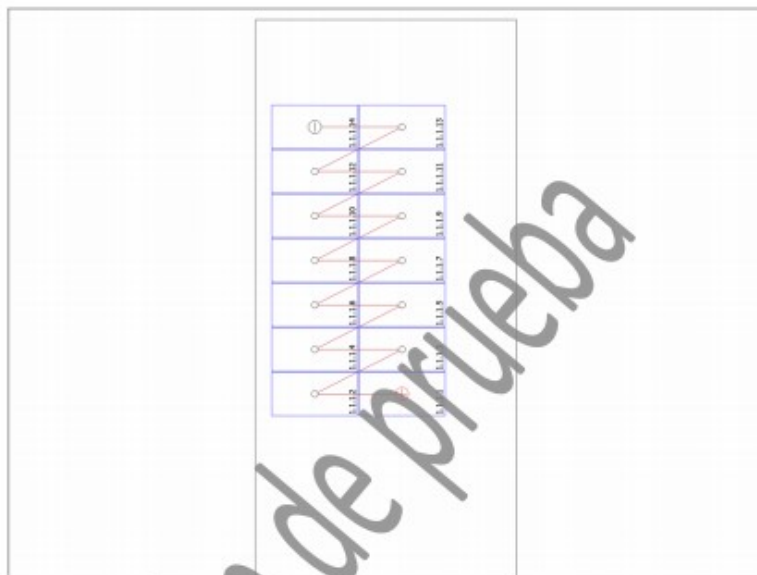


Figura: Edificio 01-Superficie del tejado Oeste

Análisis de la radiación solar para determinar un sistema fotovoltaico que permita abastecer la demanda

Autor: Diego Fernando Perez Romero

Plano de líneas



Análisis de la radiación solar para determinar un sistema fotovoltaico que permita abastecer la demanda

Autor: Diego Fernando Perez Romero

Lista de piezas

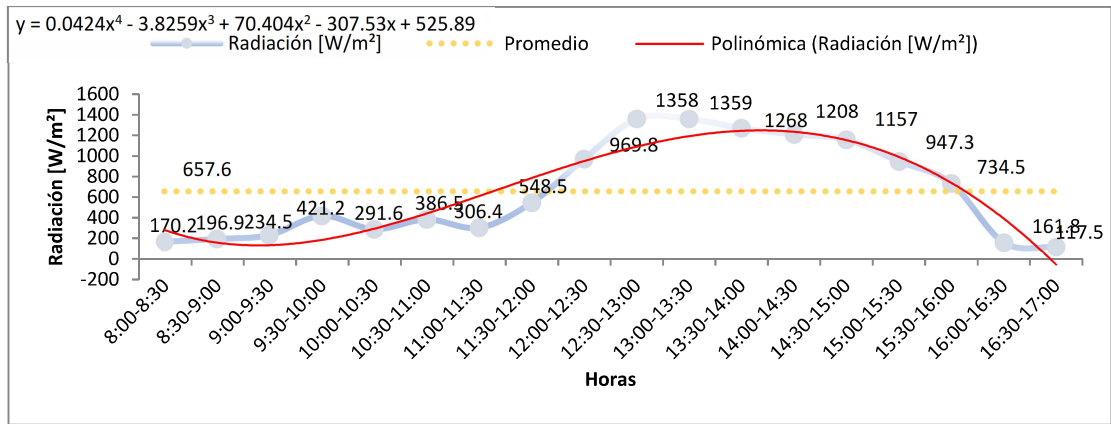
Lista de piezas

#	Tipo	Número de artículo	Fabricante	Nombre	Cantidad	Unidad
1	Módulo FV		SUNSET Energietechnik	SUNmaxima® PX 340/72	14	Pieza
2	Inversor		Advanced Energy Industries, Inc.	AE 1TL 4.2	1	Pieza
3	Inversor de baterías		SMA America, Inc.	Sunny Island 4248U	1	Pieza
4	Batería		Victron Energy B.V.	LFP-Smart 12.8/100	4	Pieza
5	Cable			Cables de CA 1-fásico 16 mm ² cobre	10	m
6	Cable			Cond. de línea 2.5 mm ² Cobre	20	m
7	Componentes			Disyuntor B 40A	1	Pieza

de prueba

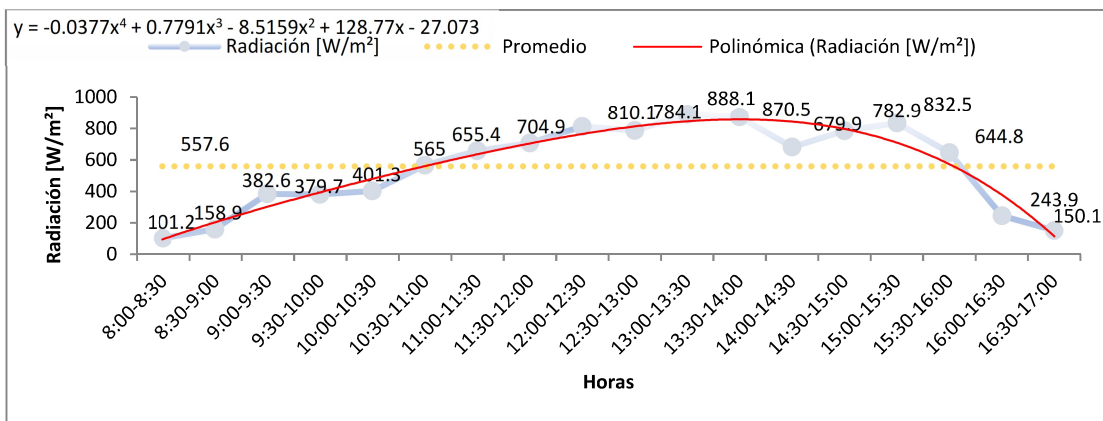
Anexo 3

Energía total del mes de enero



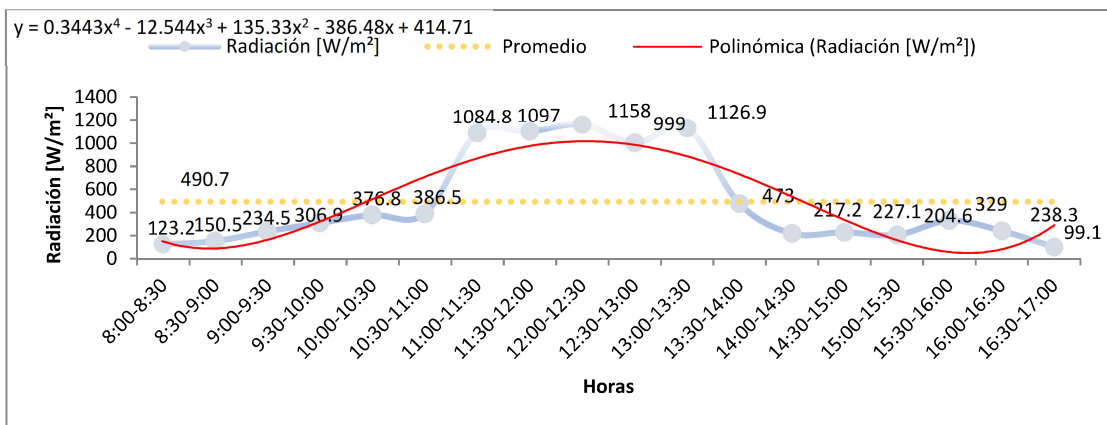
Hora	Radiación [W/m²]	Frecuencia	Energía cada media hora [Wh/m²]
8:00-8:30	170.2	55%	85.1
8:30-9:00	196.9	57%	98.45
9:00-9:30	234.5	43%	117.25
9:30-10:00	421.2	30%	210.6
10:00-10:30	291.6	40%	145.8
10:30-11:00	386.5	33%	193.25
11:00-11:30	306.4	23%	153.2
11:30-12:00	548.5	27%	274.25
12:00-12:30	969.8	23%	484.9
12:30-13:00	1358	33%	679
13:00-13:30	1359	33%	679.5
13:30-14:00	1268	47%	634
14:00-14:30	1208	37%	604
14:30-15:00	1157	33%	578.5
15:00-15:30	947.3	37%	473.65
15:30-16:00	734.5	33%	367.25
16:00-16:30	161.8	30%	80.9
16:30-17:00	117.5	33%	58.75
Energía total de [Wh/m²] 8:00-17:00			5918.35
Hora pico sol			5.91835
Promedio Radiación [Wh/m²]			657.59
Máximo			1359
Mínimo			117.5

Energía total del mes de febrero



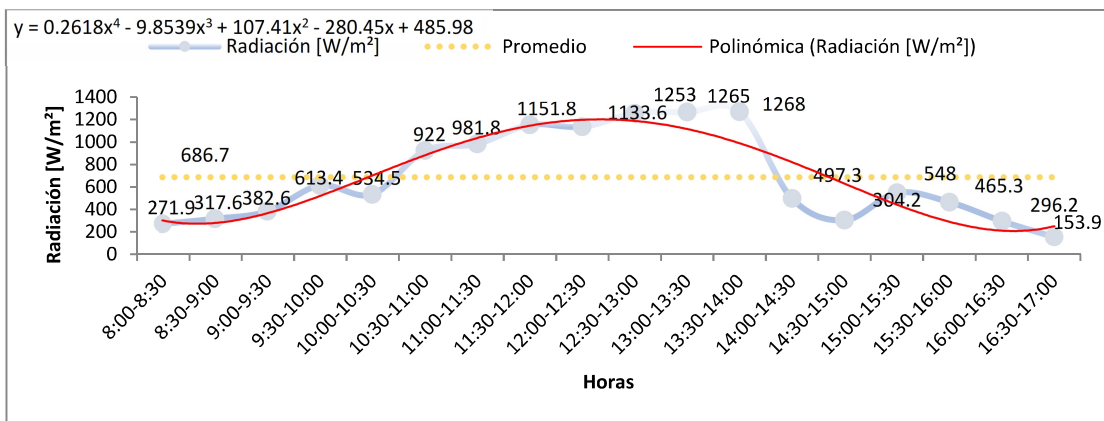
Hora	Radiación [W/m ²]	Frecuencia	Energía cada media hora [Wh/m ²]
8:00-8:30	101.2	45%	50.6
8:30-9:00	158.9	23%	79.45
9:00-9:30	382.6	40%	191.3
9:30-10:00	379.7	23%	189.85
10:00-10:30	401.3	27%	200.65
10:30-11:00	565	27%	282.5
11:00-11:30	655.4	27%	327.7
11:30-12:00	704.9	27%	352.45
12:00-12:30	810.1	20%	405.05
12:30-13:00	784.1	30%	392.05
13:00-13:30	888.1	30%	444.05
13:30-14:00	870.5	20%	435.25
14:00-14:30	679.9	20%	339.95
14:30-15:00	782.9	23%	391.45
15:00-15:30	832.5	30%	416.25
15:30-16:00	644.8	23%	322.4
16:00-16:30	243.9	33%	121.95
16:30-17:00	150.1	33%	75.05
Energía total de [Wh/m ²] 8:00-17:00			5017.95
Hora pico sol			5.01795
Promedio Radiación [Wh/m ²]			557.55
Máximo			888.1
Mínimo			101.2

Energía total del mes de marzo



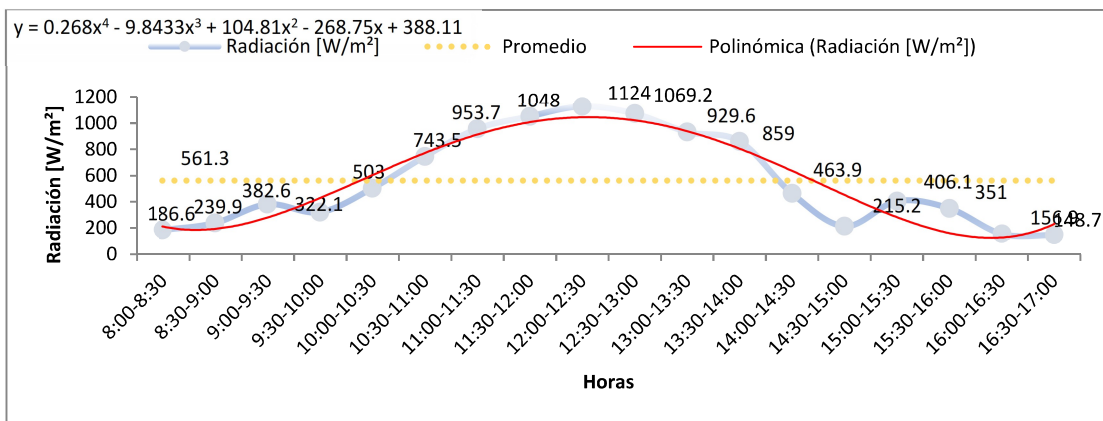
Hora	Radiación [W/m²]	Frecuencia	Energía cada media hora [Wh/m²]
8:00-8:30	123.2	58%	61.6
8:30-9:00	150.5	53%	75.25
9:00-9:30	234.5	43%	117.25
9:30-10:00	306.9	33%	153.45
10:00-10:30	376.8	47%	188.4
10:30-11:00	386.5	43%	193.25
11:00-11:30	1084.8	23%	542.4
11:30-12:00	1097	27%	548.5
12:00-12:30	1158	30%	579
12:30-13:00	999	23%	499.5
13:00-13:30	1126.9	27%	563.45
13:30-14:00	473	27%	236.5
14:00-14:30	217.2	47%	108.6
14:30-15:00	227.1	43%	113.55
15:00-15:30	204.6	40%	102.3
15:30-16:00	329	23%	164.5
16:00-16:30	238.3	60%	119.15
16:30-17:00	99.1	43%	49.55
Energía total de [Wh/m²] 8:00-17:00			4416.2
Hora pico sol			4.4162
Promedio Radiación [Wh/m²]			490.69
Máximo			1158
Mínimo			99.1

Energía total del mes de abril



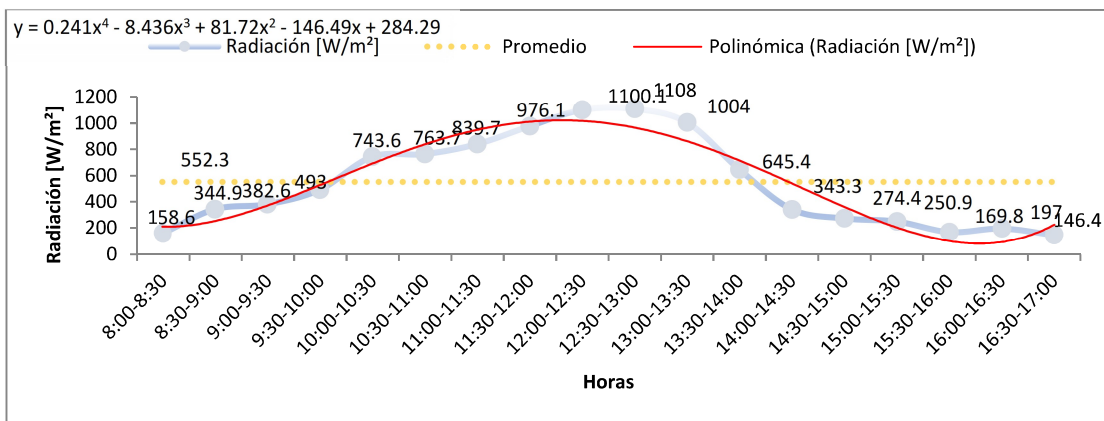
Hora	Radiación [W/m ²]	Frecuencia	Energía cada media hora [Wh/m ²]
8:00-8:30	271.9	42%	135.95
8:30-9:00	317.6	27%	158.8
9:00-9:30	382.6	37%	191.3
9:30-10:00	613.4	30%	306.7
10:00-10:30	534.5	37%	267.25
10:30-11:00	922	33%	461
11:00-11:30	981.8	30%	490.9
11:30-12:00	1151.8	33%	575.9
12:00-12:30	1133.6	47%	566.8
12:30-13:00	1253	40%	626.5
13:00-13:30	1265	27%	632.5
13:30-14:00	1268	30%	634
14:00-14:30	497.3	33%	248.65
14:30-15:00	304.2	40%	152.1
15:00-15:30	548	33%	274
15:30-16:00	465.3	30%	232.65
16:00-16:30	296.2	27%	148.1
16:30-17:00	153.9	33%	76.95
Energía total de [Wh/m ²] 8:00-17:00			6180.05
Hora pico sol			6.18005
Promedio Radiación [Wh/m ²]			686.67
Máximo			1268
Mínimo			153.9

Energía total del mes de mayo



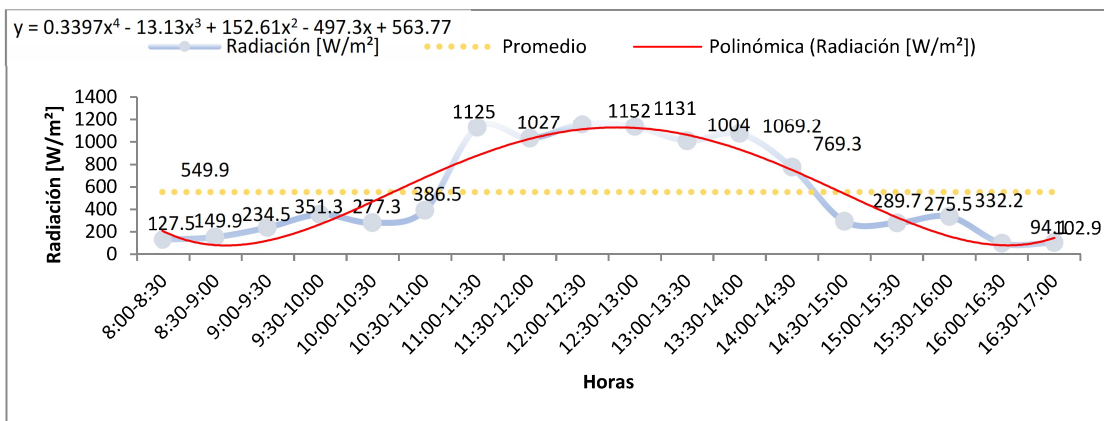
Hora	Radiación [W/m ²]	Frecuencia	Energía cada media hora [Wh/m ²]
8:00-8:30	186.6	35%	93.3
8:30-9:00	239.9	33%	119.95
9:00-9:30	382.6	33%	191.3
9:30-10:00	322.1	37%	161.05
10:00-10:30	503	30%	251.5
10:30-11:00	743.5	27%	371.75
11:00-11:30	953.7	30%	476.85
11:30-12:00	1048	27%	524
12:00-12:30	1124	23%	562
12:30-13:00	1069.2	27%	534.6
13:00-13:30	929.6	27%	464.8
13:30-14:00	859	43%	429.5
14:00-14:30	463.9	30%	231.95
14:30-15:00	215.2	27%	107.6
15:00-15:30	406.1	33%	203.05
15:30-16:00	351	20%	175.5
16:00-16:30	156.9	23%	78.45
16:30-17:00	148.7	23%	74.35
Energía total de [Wh/m ²] 8:00-17:00			5051.5
Hora pico sol			5.0515
Promedio Radiación [Wh/m ²]			561.28
Máximo			1124
Mínimo			148.7

Energía total del mes de junio



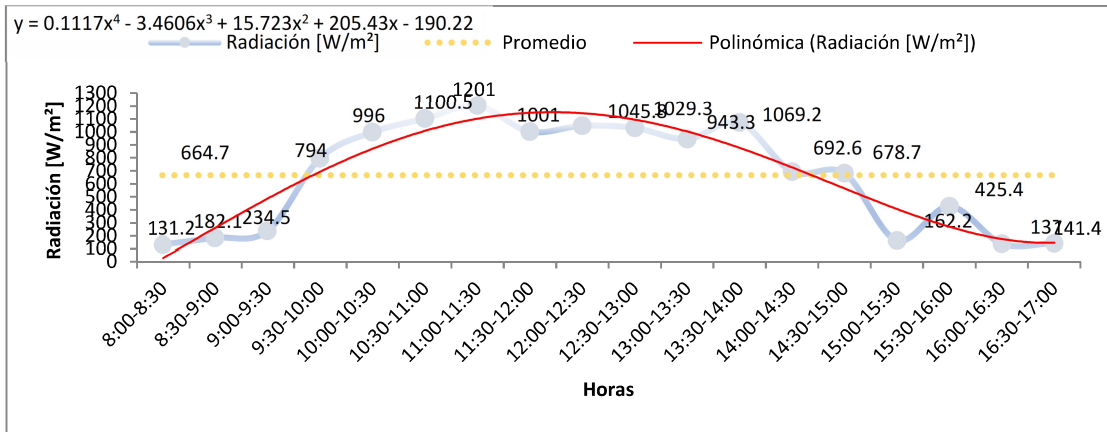
Hora	Radiación [W/m ²]	Frecuencia	Energía cada media hora [Wh/m ²]
8:00-8:30	158.6	32%	79.3
8:30-9:00	344.9	33%	172.45
9:00-9:30	382.6	33%	191.3
9:30-10:00	493	37%	246.5
10:00-10:30	743.6	40%	371.8
10:30-11:00	763.7	30%	381.85
11:00-11:30	839.7	23%	419.85
11:30-12:00	976.1	27%	488.05
12:00-12:30	1100.1	33%	550.05
12:30-13:00	1108	33%	554
13:00-13:30	1004	37%	502
13:30-14:00	645.4	27%	322.7
14:00-14:30	343.3	30%	171.65
14:30-15:00	274.4	27%	137.2
15:00-15:30	250.9	27%	125.45
15:30-16:00	169.8	33%	84.9
16:00-16:30	197	27%	98.5
16:30-17:00	146.4	30%	73.2
Energía total de [Wh/m ²] 8:00-17:00			4970.75
Hora pico sol			4.97075
Promedio Radiación [Wh/m ²]			552.31
Máximo			1108
Mínimo			146.4

Energía total del mes de julio



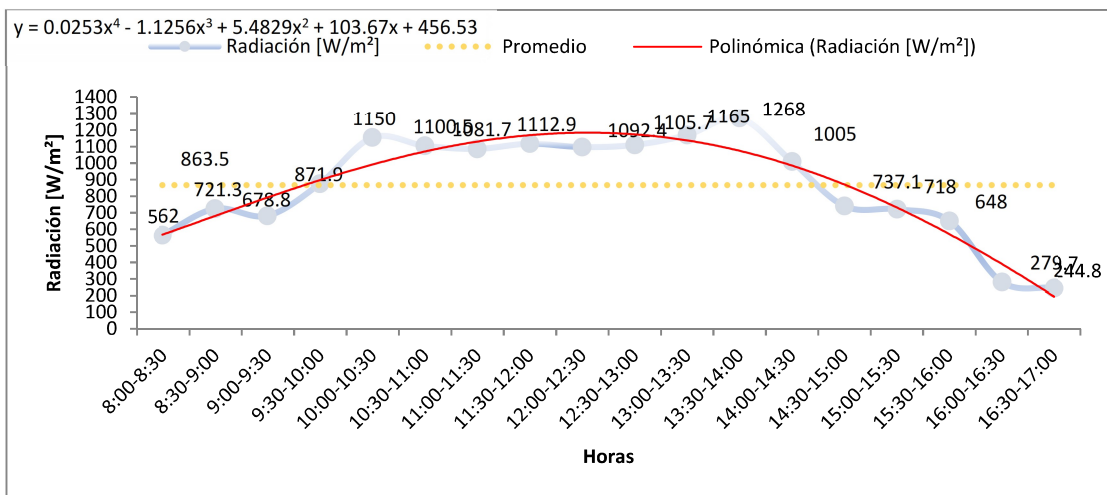
Hora	Radiación [W/m ²]	Frecuencia	Energía cada media hora [Wh/m ²]
8:00-8:30	127.5	35%	63.75
8:30-9:00	149.9	37%	74.95
9:00-9:30	234.5	37%	117.25
9:30-10:00	351.3	50%	175.65
10:00-10:30	277.3	50%	138.65
10:30-11:00	386.5	50%	193.25
11:00-11:30	1125	23%	562.5
11:30-12:00	1027	23%	513.5
12:00-12:30	1152	27%	576
12:30-13:00	1131	27%	565.5
13:00-13:30	1004	30%	502
13:30-14:00	1069.2	23%	534.6
14:00-14:30	769.3	30%	384.65
14:30-15:00	289.7	30%	144.85
15:00-15:30	275.5	33%	137.75
15:30-16:00	332.2	33%	166.1
16:00-16:30	94.1	33%	47.05
16:30-17:00	102.9	23%	51.45
Energía total de [Wh/m ²] 8:00-17:00			4949.45
Hora pico sol			4.94945
Promedio Radiación [Wh/m ²]			549.94
Máximo			1152
Mínimo			94.1

Energía total del mes de agosto



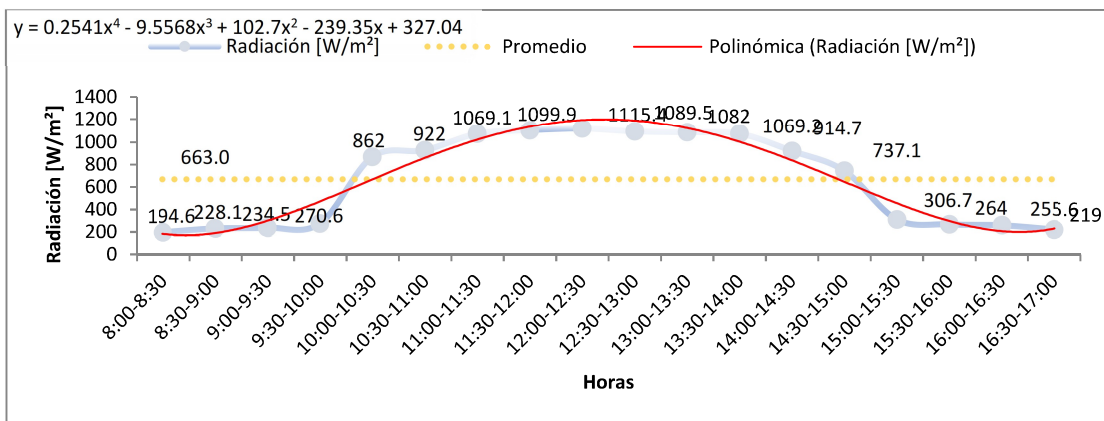
Hora	Radiación [W/m²]	Frecuencia	Energía cada media hora [Wh/m²]
8:00-8:30	131.2	35%	65.6
8:30-9:00	182.1	30%	91.05
9:00-9:30	234.5	27%	117.25
9:30-10:00	794	33%	397
10:00-10:30	996	27%	498
10:30-11:00	1100.5	30%	550.25
11:00-11:30	1201	23%	600.5
11:30-12:00	1001	27%	500.5
12:00-12:30	1045.8	30%	522.9
12:30-13:00	1029.3	23%	514.65
13:00-13:30	943.3	40%	471.65
13:30-14:00	1069.2	33%	534.6
14:00-14:30	692.6	27%	346.3
14:30-15:00	678.7	30%	339.35
15:00-15:30	162.2	33%	81.1
15:30-16:00	425.4	23%	212.7
16:00-16:30	137	27%	68.5
16:30-17:00	141.4	27%	70.7
Energía total de [Wh/m²] 8:00-17:00			5982.6
Hora pico sol			5.9826
Promedio Radiación [Wh/m²]			664.73
Máximo			1201
Mínimo			131.2

Energía total del mes de septiembre



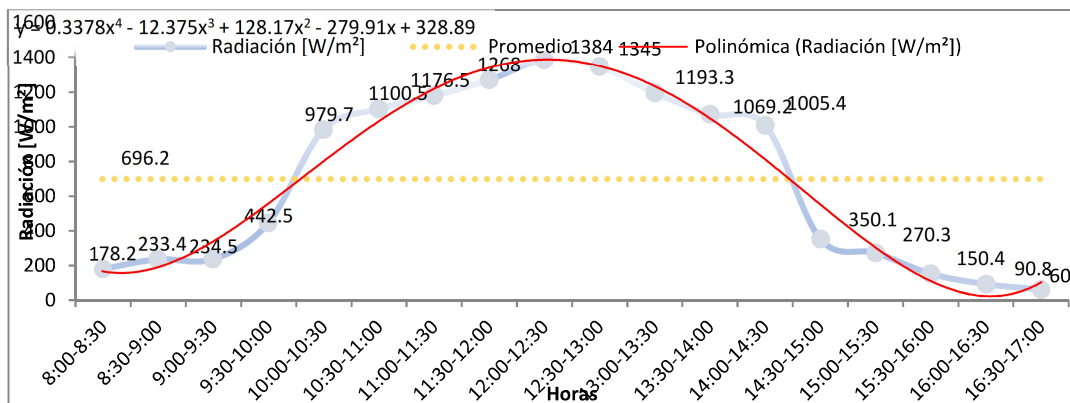
Hora	Radiación [W/m²]	Frecuencia	Energía cada media hora [Wh/m²]
8:00-8:30	562	26%	281
8:30-9:00	721.3	27%	360.65
9:00-9:30	678.8	27%	339.4
9:30-10:00	871.9	33%	435.95
10:00-10:30	1150	30%	575
10:30-11:00	1100.5	37%	550.25
11:00-11:30	1081.7	37%	540.85
11:30-12:00	1112.9	47%	556.45
12:00-12:30	1092.4	40%	546.2
12:30-13:00	1105.7	43%	552.85
13:00-13:30	1165	27%	582.5
13:30-14:00	1268	47%	634
14:00-14:30	1005	37%	502.5
14:30-15:00	737.1	37%	368.55
15:00-15:30	718	27%	359
15:30-16:00	648	23%	324
16:00-16:30	279.7	30%	139.85
16:30-17:00	244.8	27%	122.4
Energía total de [Wh/m²] 8:00-17:00			7771.4
Hora pico sol			7.7714
Promedio Radiación [Wh/m²]			863.49
Máximo			1268
Mínimo			244.8

Energía total del mes de octubre



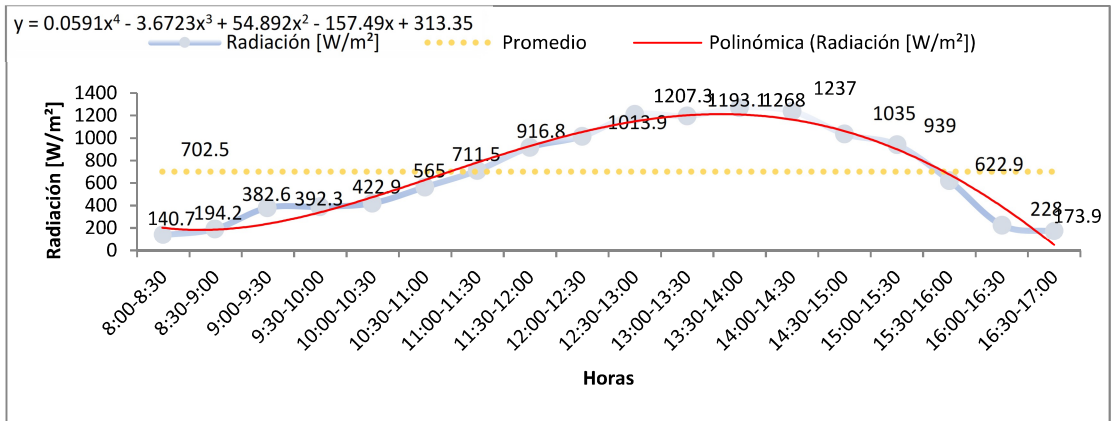
Hora	Radiación [W/m ²]	Frecuencia	Energía cada media hora [Wh/m ²]
8:00-8:30	194.6	42%	97.3
8:30-9:00	228.1	33%	114.05
9:00-9:30	234.5	33%	117.25
9:30-10:00	270.6	30%	135.3
10:00-10:30	862	30%	431
10:30-11:00	922	23%	461
11:00-11:30	1069.1	23%	534.55
11:30-12:00	1099.9	33%	549.95
12:00-12:30	1115.4	27%	557.7
12:30-13:00	1089.5	37%	544.75
13:00-13:30	1082	33%	541
13:30-14:00	1069.2	37%	534.6
14:00-14:30	914.7	43%	457.35
14:30-15:00	737.1	27%	368.55
15:00-15:30	306.7	30%	153.35
15:30-16:00	264	23%	132
16:00-16:30	255.6	27%	127.8
16:30-17:00	219	33%	109.5
Energía total de [Wh/m ²] 8:00-17:00			5967
Hora pico sol			5.967
Promedio Radiación [Wh/m ²]			663.00
Máximo			1115.4
Mínimo			194.6

Energía total del mes de noviembre



Hora	Radiación [W/m²]	Frecuencia	Energía cada media hora [Wh/m²]
8:00-8:30	178.2	37%	89.1
8:30-9:00	233.4	33%	116.7
9:00-9:30	234.5	30%	117.25
9:30-10:00	442.5	27%	221.25
10:00-10:30	979.7	27%	489.85
10:30-11:00	1100.5	30%	550.25
11:00-11:30	1176.5	33%	588.25
11:30-12:00	1268	37%	634
12:00-12:30	1384	30%	692
12:30-13:00	1345	47%	672.5
13:00-13:30	1193.3	37%	596.65
13:30-14:00	1069.2	33%	534.6
14:00-14:30	1005.4	37%	502.7
14:30-15:00	350.1	30%	175.05
15:00-15:30	270.3	43%	135.15
15:30-16:00	150.4	37%	75.2
16:00-16:30	90.8	40%	45.4
16:30-17:00	60	43%	30
Energía total de [Wh/m²] 8:00-17:00			6265.9
Hora pico sol			6.2659
Promedio Radiación [Wh/m²]			696.21
Máximo			1384
Mínimo			60

Energía total del mes de diciembre



Hora	Radiación [W/m ²]	Frecuencia	Energía cada media hora [Wh/m ²]
8:00-8:30	140.7	45%	70.35
8:30-9:00	194.2	43%	97.1
9:00-9:30	382.6	33%	191.3
9:30-10:00	392.3	27%	196.15
10:00-10:30	422.9	27%	211.45
10:30-11:00	565	37%	282.5
11:00-11:30	711.5	30%	355.75
11:30-12:00	916.8	20%	458.4
12:00-12:30	1013.9	20%	506.95
12:30-13:00	1207.3	27%	603.65
13:00-13:30	1193.1	27%	596.55
13:30-14:00	1268	30%	634
14:00-14:30	1237	30%	618.5
14:30-15:00	1035	40%	517.5
15:00-15:30	939	30%	469.5
15:30-16:00	622.9	23%	311.45
16:00-16:30	228	30%	114
16:30-17:00	173.9	37%	86.95
Energía total de [Wh/m ²] 8:00-17:00			6322.05
Hora pico sol			6.32205
Promedio Radiación [Wh/m ²]			702.45
Máximo			1268
Mínimo			140.7

Anexo 4



ANEXO 1: INFORME DE VERIFICADORES DEL TEMA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.

1. DATOS DEL VERIFICADOR:

Cristian Javier	Changoluisa	Chacha
Nombres	1er. Apellido	2do Apellido

1.1 Profesión: Magister en Electricidad Mención Sistemas Eléctricos de Potencia

Grado Académico: Cuarto Nivel

2. DATOS DE LOS POSGRADUADOS

Diego Fernando	Pérez	Romero
Nombres	1er. Apellido	2do Apellido

2.1 Profesión: Ingeniero Eléctrico

Programa: Maestría en Electricidad Mención Sistemas Eléctricos de Potencia

3. EL TEMA DE ESTUDIO:

Análisis de la radiación solar para determinar un sistema fotovoltaico que permita abastecer la demanda eléctrica de un módulo didáctico eléctrico del Instituto Tecnológico Francisco de Orellana, ciudad de Puyo Provincia de Pastaza.

4. LA SÍNTESIS DE LA SITUACIÓN PROBLÉMICA:

En algunos puntos geográficos del Ecuador, la radiación solar no es la suficiente para que los sistemas fotovoltaicos alcancen su máxima potencia, de acuerdo al atlas solar del Ecuador con fines de generación eléctrica, indica valores de forma global de la radiación solar de los meses del año, no obstante, no especifica los valores de cada ciudad, exclusivamente de la ciudad del puyo en la provincia de Pastaza, la página oficial de la NASA arroja valores predictivos en cualquier parte del mundo sin embargo siempre tiene que estar comparados con mediciones reales en el sitio de estudio para realizar una comparación de datos y asegurar las lecturas tomadas.

Esto causa que implementaciones de sistemas fotovoltaicos, no sean óptimas en el medio, puesto que no se aprovecha toda la radiación solar, y además no se tiene un registro de los meses más críticos donde la carencia de radiación solar afecta a todo el sistema.

Los efectos que tienen el no aprovechamiento total de la radiación solar en los sistemas fotovoltaicos, pueden causar que no funcione el activo a su máxima potencia, de acuerdo a la tecnología del panel solar,



estos pueden tener eficiencias de conversión de entre 25% hasta 40%, esto implica tener paneles con irradiación comprendidas entre 250 W/m² y 400 W/m².

5. LA FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:

¿El Análisis de la radiación solar, determinará un sistema fotovoltaico que permita abastecer la demanda eléctrica de un módulo didáctico eléctrico del Instituto Tecnológico Francisco de Orellana, ciudad de Puyo Provincia de Pastaza?

6. EL OBJETO DE ESTUDIO DE LA INVESTIGACIÓN:

El proyecto de investigación realizado promueve el uso de energías renovables y amigables con el medio ambiente, de igual manera promueve la educación a nivel tecnológico superior esto resulta de un análisis efectuado en 12 meses para determinar la cantidad de energía solar en el sitio de estudio.

7. EL OBJETIVO GENERAL:

Analizar la radiación solar en un tiempo determinado de 12 meses y de esta manera simular el sistema fotovoltaico obtenido, mediante instrumentos de medición y software, para abastecer la demanda de módulos didácticos del Instituto Superior francisco de Orellana.

8. LA JUSTIFICACIÓN:

En la actualidad muchas entidades a favor del medio ambiente, promueven el uso de energías alternativas que no causen daños a la flora, fauna y espacios protegidos, el uso de sistemas de generación fotovoltaica son uno de ellos, se ha demostrado que estos sistemas son muy eficientes en lugares donde la radiación solar alcance valores cercanos, iguales o superiores a los 1000W/m², esto asegura que los paneles solares funcionen a su máxima potencia.

Los principales beneficiarios de usar estos tipos de energías alternativas, son las comunidades alejadas al suministro de energía eléctrica convencional, debido al lugar remoto donde se encuentran.

Debido al incremento de demanda de generación de energía fotovoltaica, muchos países han realizado investigaciones con el fin de determinar un valor real anual de la energía promedio existente en un punto geográfico específico, esto asegura que las instalaciones de sistemas de generación fotovoltaicos no sean obsoletas y que abastezca la demanda eléctrica de los usuarios.

La siguiente investigación determinara valores reales de la radiación solar en la ciudad de Puyo, puesto que, al no existir una base de datos de la energía promedio anual, no se puede determinar a ciencia cierta, si al instalar un sistema de generación fotovoltaico funcione en las condiciones óptimas y satisfaga las necesidades del usuario.



9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- [1] P. P. Vergara-Barrios y J. M. Rey-López, «Evaluación del potencial solar y eólico del campus central de la Universidad Industrial de Santander y la ciudad de Bucaramanga, Colombia», p. 9.
- [2] M. A. Paternina, L. C. O. Villalba, J. L. I. Nuñez, y R. A. Á. López, «Diseño de prototipo de sistema solar fotovoltaico optimizando el ángulo de inclinación de los paneles solares», vol. 10, n.º 1, p. 12, 2012.
- [3] I. Samson, R. Echarri, S. Vera, A. Sartarelli, y E. Cyrulies, «Medición de la radiación solar en Santo Domingo», cys, vol. 35, n.º 4, pp. 555-565, dic. 2010, doi: 10.22206/cys.2010.v35i4.pp555-565.
- [4] S. Sayago, M. Bocco, G. Ovando, y E. Willington, «RADIACIÓN SOLAR HORARIA: MODELOS DE ESTIMACIÓN A PARTIR DE VARIABLES METEOROLÓGICAS BÁSICAS», p. 8.
- [5] X. PONS, "Estimación de la Radiación Solar a partir de modelos digitales de elevaciones.", Cataluña, 1996.
- [6] O. Álvarez Hernández, T. Montaña Peralta, y J. Maldonado Correa, «La radiación solar global en la provincia de Loja, evaluación preliminar utilizando el método de Hottel», ings, n.º 11, p. 25, jun. 2014, doi: 10.17163/ings.n11.2014.03.
- [7] S. Sayago, M. Bocco, G. Ovando, y E. Willington, «RADIACIÓN SOLAR HORARIA: MODELOS DE ESTIMACIÓN A PARTIR DE VARIABLES METEOROLÓGICAS BÁSICAS», p. 7.
- [8] M. Rivas, E. Rojas, J. Cortés, y E. Santander, «EFECTO DE LA ALTURA EN LA RADIACIÓN SOLAR ULTRAVIOLETA EN ARICA NORTE DE CHILE», Rev. Fac. Ing. - Univ. Tarapacá, vol. 10, dic. 2002, doi: 10.4067/S0718-13372002001000007.
- [9] J. P. Castanedo-Cázares, B. Torres-Álvarez, B. Portales-González, K. Martínez-Rosales, y D. Hernández-Blanco, «Análisis de la radiación solar ultravioleta acumulada en México», Rev Med Inst Mex Seguro Soc., p. 6.
- [10] D. G. Fantini y M. B. Baptista de Siqueira, «DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS EN MÓDULOS FOTOVOLTAICOS DE SILICIO PARA DIFERENTES IRRADIANCIAS Y TEMPERATURAS – MÉTODO SIMPLIFICADO CON DATOS DEL DATASHEET», 2020, doi: 10.34637/CIES2020.1.2064.
- [11] C. G. M. Alejandra, «FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA», p. 119.
- [12] C. R. S. Reinoso y S. H. Gallina, «Modelo de generación fotovoltaica para diferentes tecnologías», p. 6.
- [13] Y. MAMANI MAMANI and C. MAMANI YANA, "DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DE LA EFICIENCIA DE UN PANEL FOTOVOLTAICO MARCA SUNBE SOLAR TIPO SLP 60-12 DE 60 W BAJO LAS CONDICIONES AMBIENTALES DE PUNO CON ÉNFASIS EN LA INTENSIDAD DE RADIACIÓN SOLAR", Puno - Perú, 2019.
- [14] H. D. A. Arias, L. D. Arroyo, A. Julián, y A. Cardona, «Evaluación del potencial de generación fotovoltaica en la ciudad de Quibdó, Chocó Evaluation of the Feasibility of Implementing Photovoltaic Electric Power in Quibdó, Chocó», p. 15, 2016.
- [15] G. Gallegos, «SOBRE EL RECURSO SOLAR EN LA PROVINCIA DE SAN JUAN», p. 6, 2009.
- [16] Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación y Grupo de Nuevas Actividades Profesionales, Energía solar fotovoltaica. Madrid: Colegio Oficial Ingenieros de Telecomunicación, 2007.
- [17] M. del R. Heras Celemin, I. Guerra Plasencia, M. Ballesteros Perdices, y E. Instituto Superior de Formación y Recursos en Red para el Profesorado (Madrid, Fuentes de energía para el futuro. Madrid:



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

- Ministerio de Educación, Política Social y Deporte, Subdirección General de Información y Publicaciones, 2008.
- [18] D. Orellana y G. Jacqueline, «Estimación de la radiación solar global diaria en el cantón Cuenca mediante la aplicación del modelo Bristow & Campbell», p. 94, 2015.
- [19] N. Vera Mella, "Atlas climático de irradiación solar a partir de imágenes del satélite NOAA. Aplicación a la península Ibérica.", Doctorado, Universidad Politécnica de Catalunya., 2005.
- [20] Ó. E. Cely, F. Guerrero, C. A. Chacón Cardona, "Diseño y construcción de un medidor de radiación solar", Colombia, (2008).
- [21] CONELEC, "Atlas solar del Ecuador con fines de generación eléctrica", p 51, 2008.
- [22] D. Arenas Sánchez, H. Zapata Castaño, "Libro interactivo sobre energía solar y sus aplicaciones", (2011).
- [23] NASA [Online]. Available: <http://www.atm.comhttps://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>
- [24] Ingeniería verde [Online]. Available: https://www.ingenieriaverde.org/wp-content/uploads/2020/01/Mapa_Solar_del_Ecuador_2019.pdf
- [25] U. Janett, «ILLUMINATION WITH PHOTO-VOLTAIC ENERGY FOR SUPERMARKETS IN BOGOTÁ», vol. 5, p. 14, 2014.

Fecha de elaboración: 15 de marzo del 2021



Firma del verificador:

Mgs. Ing. Cristian Javier Changoluisa Chacha

www.utc.edu.ec

Av. Simón Rodríguez s/n Barrio El Ejido / San Felipe. Tel: (03) 2252346 – 2252307 - 2252205



ANEXO 2:

CERTIFICADO DE VALIDACIÓN DEL VERIFICADOR

En mi calidad de verificador del tema del proyecto de investigación y desarrollo titulado “ANÁLISIS DE LA RADIACIÓN SOLAR PARA DETERMINAR UN SISTEMA FOTOVOLTAICO QUE PERMITA ABASTECER LA DEMANDA ELÉCTRICA DE UN MÓDULO DIDÁCTICO ELÉCTRICO DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO FRANCISCO DE ORELLANA, CIUDAD DE PUYO PROVINCIA DE PASTAZA.”, del posgraduado:

APELLIDOS: Pérez Romero

NOMBRES: Diego Fernando

PROGRAMA: MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD MENCIÓN EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA

CERTIFICO:

Que: analizado el tema del proyecto de investigación y desarrollo, presentado como requisito previo a la aprobación y desarrollo del trabajo de titulación para optar por el grado de Magister en Electricidad mención Sistemas Eléctricos de Potencia

Revisado por: Changoluisa Chacha Cristian Javier

Cédula de ciudadanía N°: 1720909033

Profesión: Ingeniero Electromecánico

Posgrado: Magister en Electricidad mención Sistemas Eléctricos de Potencia

Sugiero su aprobación y permita continuar con el diseño del proyecto de investigación y desarrollo.

Puyo , 15 de marzo del 2022

Firma



Mgs. Ing. Changoluisa Chacha Cristian Javier

ANEXO 5

Aval del Tutor



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

DIRECCIÓN DE
POSGRADO

ANEXO 4: AVAL DEL TUTOR PARA LA APROBACIÓN DEL PROTOCOLO EN EL CONSEJO DE POSGRADO

CERTIFICADO DE VALIDACIÓN DE TUTOR

En mi calidad de Tutor del Programa de Maestría en Electricidad Mención Sistemas Eléctricos de Potencia, nombrado por el Consejo de Posgrado.

CERTIFICO:

Que: analizado el Protocolo de Trabajo de Titulación, presentado como requisito previo a la aprobación y desarrollo de la Investigación para optar por el grado de Magister en Electricidad Mención Sistemas Eléctricos de Potencia.


El problema de investigación se refiere a:

"ANÁLISIS DE LA RADIACIÓN SOLAR PARA DETERMINAR UN SISTEMA FOTOVOLTAICO QUE PERMITA ABASTECER LA DEMANDA ELÉCTRICA DE UN MÓDULO DIDÁCTICO ELÉCTRICO DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO FRANCISCO DE ORELLANA, CIUDAD DE PUYO PROVINCIA DE PASTAZA."

Presentado por: PÉREZ ROMERO DIEGO FERNANDO con cédula de ciudadanía N° 1600566622.

Sugiero su aprobación y permita continuar con la ejecución del proyecto de investigación y desarrollo.

Latacunga, marzo 2022


PhD. Marrero Ramírez Secundino
Tutor

www.utc.edu.ec

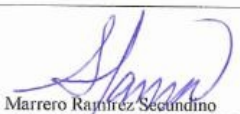
Av. Simón Rodríguez s/n Barrio El Ejido /San Felipe. Tel: (03) 2252346 - 2252307 - 2252205

INFORME ETAPA UNO DEL TUTOR CIENTÍFICO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

DATOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN			
Programa	PROYECTO DE PROGRAMA DE MAESTRÍA EN ELÉCTRICIDAD MENCION SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA		
Cohorte	2019		
Apellido/s y nombre/s completos del estudiante/s	Pérez Romero Diego Fernando		
Tema del trabajo de titulación	"Análisis de la radiación solar para determinar un sistema fotovoltaico que permita abastecer la demanda eléctrica de un módulo didáctico eléctrico del Instituto Tecnológico Francisco de Orellana, ciudad de Puyo Provincia de Pastaza."		
Modalidad	INFORME DE INVESTIGACIÓN		
Línea de Investigación.	Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental		
Sublínea de Investigación	Conversión y uso racional de la energía eléctrica,		
DATOS DEL TUTOR CIENTÍFICO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN			
Nombre completo	PhD. Marrero Ramírez Secundino		
INFORME: PROTOCOLO			
FECHA: 10/03/2022			
ACTIVIDADES DE DESARROLLO (Desglosar las actividades realizadas durante el mes)	CUMPLIMIENTO		AVANCE DE LA ACTIVIDAD DEL TRABAJO DE TITULACIÓN EN %
Título:	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	100%
Planteamiento del problema objeto de estudio (Situación problemática)	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	100%
Formulación del problema:	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	100%
Objetivo General:	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	100%
Objetivos Específicos	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	100%
Sistemas de tareas en relación a los objetivos específicos	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	100%
Justificación y/o importancia	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	100%
Fundamentación teórica	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	100%



Hipótesis	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	100%
Metodología:	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	100%
Cronograma:	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	100%
Bibliografías:	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	100%
EQUIVALENCIA: (48 HORAS = 1 CREDITO)	TOTAL	HORAS: 48	CREDITOS: 1
OBSERVACIONES: N/A			


 Ph.D. Marrero Ramirez Secundino
 Tutor Científico del Trabajo de Titulación
 CC 1757107907