



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LAS INGENIERÍAS Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA OBTENER LA ENERGÍA PRODUCIDA POR
UNA ESTACIÓN FOTOVOLTAICA MÓVIL CON UNA ESTACIONARIA A FIN DE
DETERMINAR LA EFICIENCIA DE ÉSTAS

Propuesta tecnológica presentada previo a la obtención del Título de Ingenieros en
Electromecánica.

Autores:

Sergio Mesías Aguayo Chanchicocha
Darwin Oswaldo Ante Bautista

Tutor:

Ing. Luis Rolado Cruz Panchi.MSc.

LATACUNGA-ECUADOR

Agosto 2022



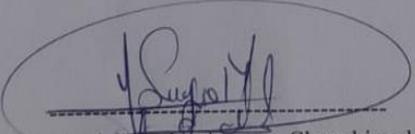
DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Los postulantes, Aguayo Chanchicocha Sergio Mesías y Ante Bautista Darwin Oswaldo declaran ser autores del presente Proyecto de investigación: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA OBTENER LA ENERGÍA PRODUCIDA POR UNA ESTACIÓN FOTOVOLTAICA MÓVIL CON UNA ESTACIONARIA A FIN DE DETERMINAR LA EFICIENCIA DE ÉSTAS”** siendo el Ing. Luis Rolando Cruz Panchi MSc., tutor del presente trabajo; se excluye expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, se certifica que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de exclusiva autoría.

Latacunga, 30 de agosto 2022.

AUTORES


Sergio Mesías Aguayo Chanchicocha
C.C.: 050334607-4


Darwin Oswaldo Ante Bautista
C.C.: 050351365-7



AVAL DEL TUTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

En calidad de director de la Propuesta tecnológica sobre el título:

“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA OBTENER LA ENERGÍA PRODUCIDA POR UNA ESTACIÓN FOTOVOLTAICA MÓVIL CON UNA ESTACIONARIA A FIN DE DETERMINAR LA EFICIENCIA DE ÉSTAS” de los señores Aguayo Chanchicocha Sergio Mesías y Ante Bautista Darwin Oswaldo, de la carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, 30 de agosto 2022.

TUTOR

Ing. Luis Rolando Cruz Panchi MSc.

C.C.: 050259517-6



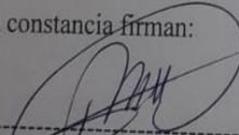
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes: Aguayo Chanchicocha Sergio Mesías y Ante Bautista Darwin Oswaldo, con el título de Proyecto de Investigación **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA OBTENER LA ENERGÍA PRODUCIDA POR UNA ESTACIÓN FOTOVOLTAICA MÓVIL CON UNA ESTACIONARIA A FIN DE DETERMINAR LA EFICIENCIA DE ÉSTAS”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúnen los méritos suficientes para ser sometidos al acto de Sustentación del Proyecto.

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

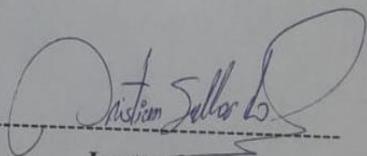
Latacunga, 30 de agosto 2022

Para constancia firman:



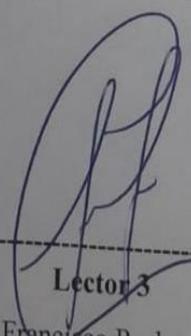
Lector 1 (Presidente)

Ing. Edwin Homero Moreano Martínez. Mg.
C.C.: 050260750-0



Lector 2

Ing. Cristian Fabián Gallardo Molina. Mg.
C.C.: 050284769-2



Lector 3

Ing. Carlos Francisco Pacheco Mena. Mg.
C.C.: 050307290-2



AVAL DE IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA CARRERA DE ELECTROMECÁNICA



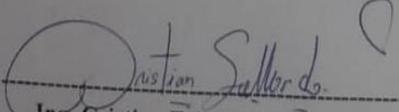
Latacunga, 30 de agosto 2022

Quien suscribe, Ing. Cristian Fabián Gallardo Molina. MSc., en calidad de Director de la carrera de Electromecánica, de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, de la Universidad Técnica de Cotacachi, CERTIFICO que los Sres. Aguayo Chanchicocha Sergio Mesías y Ante Bautista Darwin Oswaldo, realizaron en las instalaciones de la Facultad el proyecto tecnológico titulado. **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA OBTENER LA ENERGÍA PRODUCIDA POR UNA ESTACIÓN FOTOVOLTAICA MÓVIL CON UNA ESTACIONARIA A FIN DE DETERMINAR LA EFICIENCIA DE ÉSTAS”** En la ejecución de dicho proyecto los Sres. Demostraron habilidades y conocimientos en su especialidad; así también generaron resultados que les serán de gran utilidad al área electromecánica, por cuanto se enfocaron en solucionar problemas inherentes a las energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental.

Durante el trabajo de campo los Sres. En mención se hicieron acreedores de nuestra confianza por la responsabilidad, honestidad y profesionalismo demostrado.

Es todo en cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los interesados dar uso a este documento como estimen conveniente.

Atentamente;


Ing. Cristian Fabián Gallardo Molina
DIRECTOR DE LA CARRERA DE ELECTROMECAÁNICA

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a mi Dios por haberme bendecido con salud y vida, así como, el conocimiento y la fortaleza para ir cumpliendo mis metas cada día de mi existencia. Con gran afecto agradezco a mi tutor Ing. MSc. Luis Cruz por el apoyo, confianza, amistad y los conocimientos importantes que me ha compartido, además de la paciencia puesta para el desarrollo de este proyecto. También, agradezco a la prestigiosa Universidad Técnica de Cotopaxi y sus autoridades por hacer posible este sueño.

Además, a todos los docentes que me supieron compartir sus conocimientos y experiencias profesionales. Finalmente, un enorme y sincero agradecimiento a mi esposa y familia por el apoyo incondicional que supieron brindar durante mi etapa estudiantil.

Sergio

Agradezco a la Universidad Técnica de Cotopaxi por haber permitido cursar mis estudios en sus instalaciones, a la carrera de Electromecánica por guiarme y brindarme conocimientos que me ayudaran a desenvolverme en mi vida profesional.

Profundo agradecimiento a mi tutor Ing. Luis Rolado Cruz Panchi.MSc, quién, con su paciencia y conocimiento profesional supo guiarme hacia la culminación exitosa de esta investigación; potencializando en todo momento el desarrollo y la disciplina para enfrentar los retos a nivel profesional y personal; a mis padres por el apoyo moral en todo momento, los mismo que me ayudaron a seguir adelante en la carrera.

Darwin

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a mi Dios por haberme bendecido con la vida y el conocimiento necesario para cumplir con el sueño tan anhelado de ser un profesional.

A mi querida esposa quien supo darme la fuerza necesaria en los momentos malos y buenos, por haberme apoyado de manera incondicional durante toda la etapa de mi carrera, a mi madre por darme sus buenos consejos y ser la guía de mi vida, a mi familia quienes fueron el pilar fundamental en mi vida como estudiante, a mi adorada hija Maite, porque ella es la razón para realizar mis metas que he plasmado en cada paso que doy, el esfuerzo y el sacrificio que lo realice estará reflejado en el cumplimiento de mis sueños.

Sergio

El presente proyecto de titulación lo dedico a dios quien ha sido mi guía, a mis padres Oswaldo Ante y Blanca Bautista quienes, con su apoyo, paciencia amor y mucho esfuerzo me ha permitido poder llegar a cumplir una meta más, gracias por saber inculcarme valores e inspirar en mi valentía y esfuerzo.

A mis hermanas por su apoyo incondicional, por estar conmigo durante todo el proceso académico. Y a toda la familia por saber impartirme palabras y consejos de aliento que forjaron en mí una mejor persona.

Darwin

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|------|
| DECLARACIÓN DE AUTORIA..... | ii |
| AVAL DE TUTOR PROYECTO DE TITULACIÓN..... | iii |
| APROBACIÓN DE TRIBUNAL DE TITULACIÓN..... | iv |
| AVAL DE IMPLEMENTACIÓN..... | v |
| AGRADECIMIENTO..... | vi |
| DEDICATORIA..... | vii |
| RESUMEN..... | xiii |
| ABSTRAC..... | xiv |
| AVAL DE TRADUCCIÓN..... | xv |
| INFORMACIÓN GENERAL..... | 1 |
| 1 INTRODUCCIÓN..... | 2 |
| 1.1 DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA..... | 3 |
| 1.2 EL PROBLEMA..... | 3 |
| 1.2.1 Situación Problemática..... | 3 |
| 1.2.2 Diagrama causa efecto..... | 5 |
| 1.2.3 Formulación del problema:..... | 7 |
| 1.3 OBJETIVO DE ESTUDIO Y CAMPO DE ACCIÓN..... | 7 |
| 1.3.1 Objeto de estudio..... | 7 |
| 1.3.2 Campo de acción..... | 7 |
| 1.4 BENEFICIARIOS..... | 7 |
| 1.5 JUSTIFICACION..... | 8 |
| 1.6 HIPOTESIS..... | 8 |
| 1.6.1 Declaración de variables..... | 8 |
| 1.6.2 Operacionalización de variables..... | 9 |
| 1.7 OBJETIVOS..... | 10 |
| 1.7.1 General..... | 10 |
| 1.7.2 Específicos..... | 10 |
| 1.8 SISTEMA DE TAREA..... | 10 |
| 2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA..... | 12 |
| 2.1 RADIACIÓN..... | 12 |
| 2.1.1 Irradiación..... | 13 |
| 2.1.2 Energía solar..... | 13 |
| 2.1.3 Energía solar fotovoltaica..... | 13 |
| 2.2 CELULA SOLAR FOTOVOLTAICA..... | 14 |
| 2.2.1 Angulo de incidencia:..... | 15 |
| 2.2.2 Intensidad de luz:..... | 15 |
| 2.2.3 Las propiedades eléctricas de las células..... | 15 |

| | | |
|-------|---|----|
| 2.3 | PARAMETROS DE UNA CELULA SOLAR | 16 |
| 2.3.1 | Factor de Forma (FF) | 16 |
| 2.3.2 | Hora Solar Pico (Hsp) | 16 |
| 2.4 | EFICIENCIA ENERGÉTICA | 17 |
| 2.4.1 | Fórmula para determinar la Eficiencia Energética | 18 |
| 2.4.2 | Eficiencia en la captación de radiación solar por el panel fotovoltaico | 18 |
| 2.4.3 | Eficiencia Dependiente de la temperatura del panel Solar | 19 |
| 2.5 | EFICIENCIA DE LAS CELDAS SOLARES | 20 |
| 2.6 | FACTORES QUE AFECTAN A LA EFICIENCIA DE LOS PANELES FV | 20 |
| 2.7 | EQUIPOS DE MONITOREO PARA REGISTRAR DATOS | 21 |
| 2.7.1 | Sensor Datasol MET-485 | 21 |
| 2.7.2 | Medidor de tensión y corriente continua M/TR-25 | 22 |
| 2.7.3 | Analizador TRH16-RS485-25A | 23 |
| 2.7.4 | Gestor energético PV-MONITOR-M | 24 |
| 2.8 | ENTORNO DE SOFTWARE PARA GESTIÓN Y CONTROL ENERGÉTICO | 25 |
| 2.8.1 | Software PowerStudio de Circutor | 25 |
| 2.8.2 | Interface SCADA | 25 |
| 3 | MATERIALES Y MÉTODOS | 26 |
| 3.1 | MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN | 26 |
| 3.2 | MÉTODOS | 26 |
| 3.2.1 | Bibliográfico | 26 |
| 3.2.2 | De campo | 26 |
| 3.2.3 | Método inductivo | 27 |
| 3.2.4 | Método deductivo | 27 |
| 3.3 | TÉCNICAS DE INSTRUMENTOS PARA RECOLECTAR INFORMACIÓN | 28 |
| 3.3.1 | Técnicas | 28 |
| 3.3.2 | Instrumentos | 28 |
| 3.4 | TÉCNICAS PARA EL PROCEDIMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS | 28 |
| 3.5 | DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES | 29 |
| 3.5.1 | MATERIALES | 29 |
| 3.6 | MODELO DEL EXPERIMENTO | 33 |
| 3.6.1 | Sistema de transmisión | 34 |
| 3.6.2 | Conexión de los transformadores de corriente | 35 |
| 3.6.3 | Comunicación del bus RS-485 | 36 |
| 3.6.4 | Conexión del sensor Datasol MET-485 | 36 |
| 3.6.5 | Comunicación MODBUS | 37 |
| 3.6.6 | Direcciones del MODBUS | 37 |
| 3.6.7 | Velocidades de comunicación | 38 |
| 3.6.8 | Número de esclavos permitidos | 38 |

| | | |
|--------|---|----|
| 3.6.9 | Software PowerStudio | 39 |
| 3.6.10 | Instalación Software..... | 39 |
| 3.6.11 | Relación de Bornes del PV-Monitor-M | 40 |
| 3.6.12 | Comunicación RS-485 PV-Monitor-M..... | 40 |
| 3.6.13 | Comunicaciones Ethernet | 41 |
| 4 | ANÁLISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS | 41 |
| 4.1 | RESULTADOS..... | 41 |
| 4.1.1 | Configuración de comunicación con el equipo PV-Monitor-M..... | 42 |
| 4.1.2 | Generación de Datos en PowerStudio..... | 43 |
| 4.1.3 | Ecuación para el cálculo de la potencia energética..... | 43 |
| 4.1.4 | Análisis de resultados de potencia | 44 |
| 4.1.5 | Análisis de resultados de temperatura..... | 48 |
| 4.1.6 | Análisis de resultados de eficiencia | 50 |
| 4.2 | PRESUPUESTO..... | 53 |
| 4.2.1 | Costos Directos | 53 |
| 4.2.2 | Costos Indirectos..... | 54 |
| 4.3 | IMPACTOS | 55 |
| 4.3.1 | Impacto Social | 55 |
| 4.3.2 | Impacto Tecnológico | 55 |
| 4.3.3 | Impacto Ambiental..... | 56 |
| 5 | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 57 |
| 5.1 | CONCLUSIONES | 57 |
| 5.2 | RECOMENDACIONES..... | 58 |
| 6 | BIBLIOGRAFÍA..... | 59 |
| 7 | ANEXOS..... | 62 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1.1: Beneficios Directos | 7 |
| Tabla 1.2: Beneficios Indirectos..... | 7 |
| Tabla 1.3: Operacionalización de la variable dependiente | 9 |
| Tabla 1.4: Operacionalización de la variable independiente..... | 10 |
| Tabla 1.5: Sistema de tareas en función a los objetivos planteados | 11 |
| Tabla 2.6: Características técnicas del Datasol MET-485 | 21 |
| Tabla 2.7: Medidor de Corriente Continua M/TR-25 | 22 |
| Tabla 2.8: Características del TRH16-RS485 | 23 |
| Tabla 2.9: Características del PV-MONITOR-M | 24 |
| Tabla 3.10: Selección de plataformas tecnológicas..... | 29 |
| Tabla 3.11: Hardware del sistema de características de parámetros eléctricos..... | 30 |
| Tabla 3.12: Direcciones del protocolo MODBUS | 37 |
| Tabla 3.13: Direcciones MOBUS del equipo..... | 38 |
| Tabla 3.14: Ejemplo de velocidad de comunicación..... | 38 |
| Tabla 3.15: Ejemplo de un número de esclavos..... | 39 |
| Tabla 3.16: Relación de equipos necesarios para el sistema PV-Monitor-M..... | 40 |
| Tabla 3.17: Relación de bornes del PV-Monitor-M..... | 40 |
| Tabla 3.18: Comunicación RS-485 PV-Monitor-M..... | 41 |
| Tabla 3.19: Comunicaciones Ethernet. | 41 |
| Tabla 4.20: Adquisición de datos del día 22 de agosto del 2022 | 45 |
| Tabla 4.21: Tabla de adquisición de datos del día 23 de agosto del 2022 | 46 |
| Tabla 4.22: Adquisición de datos del día 24 de agosto del 2022 | 47 |
| Tabla 4.23: Datos de las temperaturas tomadas por tres días..... | 49 |
| Tabla 4.24: Tabla de comparación de eficiencias generadas el día 22 de agosto del 2022..... | 50 |
| Tabla 4.25: Comparación de eficiencias generadas en el segundo día..... | 51 |
| Tabla 4.26: Comparación de eficiencias generadas en el tercer día..... | 52 |
| Tabla 4.27: Costos directos del sistema de monitoreo. | 54 |
| Tabla 4.28: Costos indirectos del sistema de monitoreo. | 54 |
| Tabla 4.29: Costo total del sistema de monitoreo. | 54 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1.1: Diagrama Causa y Efecto. | 6 |
| Figura 2.2: Esquema de un sistema fotovoltaico..... | 14 |
| Figura 2.3: Célula solar fotovoltaica..... | 15 |
| Figura 2.4: Distribución horaria de la irradiación solar en un día..... | 17 |
| Figura 2.5: Eficiencia energética..... | 18 |
| Figura 2.6: Sensor de adquisición de datos..... | 22 |
| Figura 2.7: Medidor de Tensión y corriente continua M/TR-25..... | 23 |
| Figura 2.8: Medidor de niveles de corriente..... | 24 |
| Figura 2.9: Gestor energético PV-Monitor-M..... | 25 |
| Figura 3.10: Modelo del experimento práctico. | 34 |
| Figura 3.11: Esquema del modelo experimental de la conexión del sistema..... | 35 |
| Figura 3.12: Panel simax (suzhou) Green New Energy..... | 35 |
| Figura 3.13: Conexión TCS..... | 36 |
| Figura 3.14: Comunicación del Bus RS-485..... | 36 |
| Figura 3.15: Comunicación del Bus RS485 del sensor MET-485..... | 37 |
| Figura 3.16: Instalación Software PowerStudio..... | 39 |
| Figura 4.17: Entorno de PowerStudio SCADA..... | 42 |
| Figura 4.18: Direcciones de comunicación..... | 42 |
| Figura 4.19: Entorno de adquisición de datos PowerStudio..... | 43 |
| Figura 4.20: Potencia generada durante un periodo de tres días..... | 44 |
| Figura 4.21: Potencia generada el 22 de agosto del 2022..... | 46 |
| Figura 4.22: Potencia generada el 23 de agosto del 2022..... | 47 |
| Figura 4.23: Potencia generada el 24 de agosto del 2022..... | 48 |
| Figura 4.24: Variación térmica..... | 50 |
| Figura 4.25: Eficiencia generada el 22 de agosto de 2022..... | 51 |
| Figura 4.26: Eficiencia generada el 23 de agosto de 2022..... | 52 |
| Figura 4.27: Eficiencia generada el 24 de agosto de 2022..... | 53 |

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TÍTULO: “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA OBTENER LA ENERGÍA PRODUCIDA POR UNA ESTACIÓN FOTOVOLTAICA MÓVIL CON UNA ESTACIONARIA A FIN DE DETERMINAR LA EFICIENCIA DE ÉSTAS”

Autores:

Sergio Mesías Aguayo Chanchicocha
Darwin Oswaldo Ante Bautista

RESUMEN

El desconocimiento de la eficiencia de energía producida entre un sistema fotovoltaico móvil, con uno estacionario genera un factor negativo para evaluar la generación eficiente de energía eléctrica, por lo cual dotar de una óptima instalación mejoraría la eficiencia del mismo. Para evaluar el rendimiento máximo de un sistema fotovoltaico se puede implementar sistemas de control de monitoreo y seguimiento solar. La presente propuesta tecnológica tiene como objetivo la implementación de un sistema para comparar la eficiencia entregada por una estación fotovoltaica móvil con una estacionaria, mediante la aplicación de dispositivos analizadores de corriente y voltaje, sensores que midan radiación, temperatura ambiente y temperatura de las células fotovoltaica, también se utilizara un gestor energético que ayudara a visualizar en tiempo real la producción de energía que genera durante su operatividad. El estudio surge por el desconocimiento de la eficiencia energética que genera cada una de estas estaciones fotovoltaicas, por lo cual se ha visto la necesidad de utilizar dispositivos eléctricos que ayuden a monitorear durante todo el día en todas las épocas del año. La metodología utilizada es de carácter aplicativo con el uso de los métodos bibliográficos, estudio de campo inductivo y deductivo. Los resultados obtenidos durante su operación nos has dado que la eficiencia del sistema móvil en el día 1 genero 64,51%, con respecto al sistema fijo que genero un 55% de eficiencia, en el día 2 la eficiencia para el sistema móvil fue de 65% en relación al fijo que genero 55% de eficiencia, para el tercer día la eficiencia generada estuvo al mismo rango del día dos, el sistema móvil genero un 65% en relación al fijo que generó un 55% de eficiencia. Después de haber realizado las pruebas de campo durante tres días se evaluaron los resultados de ambos sistemas. Los resultados muestran que la eficiencia del sistema fotovoltaico móvil está en una diferencia de 10% de eficiencia en relación al sistema fotovoltaico fijo.

Palabras claves: Eficiencia, Radiación, Temperatura, Energética, Energía

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

TITLE: “IMPLEMENTATION OF A SYSTEM TO OBTAIN THE ENERGY PRODUCED BY A MOBILE PHOTOVOLTAIC STATION WITH A STATIONARY ONE IN ORDER TO DETERMINE THEIR EFFICIENCY”

Authors:

Sergio Messiah Aguayo Chanchicocha

Darwin Oswaldo Ante Bautista

ABSTRAC

The lack of knowledge of the efficiency of energy produced between a mobile photovoltaic system and a stationary one generates a negative factor to evaluate the efficient generation of electric energy, so providing an optimal installation would improve its efficiency. To evaluate the maximum performance of a photovoltaic system, solar monitoring and tracking control systems can be implemented. This technological proposal aims to implement a system to compare the efficiency delivered by a mobile photovoltaic station with a stationary one, through the application of current and voltage analyzer devices, sensors that measure radiation, ambient temperature and temperature of the photovoltaic cells, also an energy manager that will help to visualize in real time the energy production generated during its operation will be used. The study arises from the lack of knowledge of the energy efficiency generated by each of these photovoltaic stations, so it has been seen the need to use electrical devices that help to monitor throughout the day at all times of the year. The methodology used is of an applicative nature with the use of bibliographic methods, inductive and deductive field study. The results obtained during its operation have given us that the efficiency of the mobile system on day 1 generated 64.51%, with respect to the fixed system that generated 55% efficiency, on day 2 the efficiency for the mobile system was 65% in relation to the fixed system that generated 55% efficiency, for the third day the efficiency generated was in the same range of day two, the mobile system generated 65% in relation to the fixed system that generated 55% efficiency. After three days of field testing, the results of both systems were evaluated. The results show that the efficiency of the mobile PV system is within 10% of the fixed PV system.

Key words: Efficiency, Radiation, Temperature, Energetics, Energy.



UNIVERSIDAD
TÉCNICA DE
COTOPAXI



CENTRO
DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del trabajo de titulación cuyo título versa: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA OBTENER LA ENERGÍA PRODUCIDA POR UNA ESTACIÓN FOTOVOLTAICA MÓVIL CON UNA ESTACIONARIA A FIN DE DETERMINAR LA EFICIENCIA DE ÉSTAS.”** presentado por: **Sergio Mesías Aguayo Chanchicocha y Darwin Oswaldo Ante Bautista**, estudiantes de la Carrera de: **Ingeniería Electromecánica**, perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los **peticionarios** hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, agosto del 2022

Atentamente,

Mg. Marco Beltrán



CENTRO
DE IDIOMAS

DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC

CI: 0502666514

INFORMACIÓN GENERAL

Título:

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA OBTENER LA ENERGÍA PRODUCIDA POR UNA ESTACIÓN FOTOVOLTAICA MÓVIL CON UNA ESTACIONARIA A FIN DE DETERMINAR LA EFICIENCIA DE ÉSTAS.

Fecha de inicio: Abril 2022.

Fecha de finalización: Agosto 2022.

Lugar de ejecución: Zona 3, parroquia Eloy Alfaro. barrio san Felipe, Cantón Latacunga Provincia de Cotopaxi, Universidad Técnica de Cotopaxi.

Facultad que auspicia: Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas.

Carrera que auspicia: Ingeniería Electromecánica.

Proyecto de investigación vinculado: Energías alternativas.

Equipo de Trabajo:

Tutor del proyecto de investigación

Nombre: Ing. Luis Rolado Cruz Panchi.MSc.

Celular: 0984518484

Cédula de ciudadanía: 050259517-6

Correo electrónico: luis.cruz@utc.edu.ec

Coordinador uno del proyecto de investigación

Nombre: Sergio Mesías Aguayo Chanchicocha

Celular: 0998508528

Cédula de ciudadanía: 050334607-4

Correo electrónico: sergio.aguayo4@utc.edu.ec

Dirección: La Matriz, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi

Coordinador dos del proyecto de investigación

Nombre: Darwin Oswaldo Ante Bautista

Celular: 0983550670

Cédula de ciudadanía: 050351365-7

Correo electrónico: darwin.ante3657@utc.edu.ec

Dirección: La Matriz, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi

Campo amplio:

- 07-Ingeniería, Industria y Construcción.

Campo Específico:

- 071-Ingeniería y Profesiones a Fines.

Campo Detallado:

- 0713- Electricidad y Energía.
- 0714- Electrónica y Automatización.

Línea de investigación:

De acuerdo a lo establecido por el departamento de investigación de la Universidad Técnica de Cotopaxi, línea 6 Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental. El proyecto está enfocado a la implementación de un sistema para evaluar la eficiencia entregada por una estación fotovoltaica móvil con una estacionaria.

Sub líneas de investigación de la Carrera:

Energética en sistemas electromecánicos y uso de fuentes renovables de energía.

1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad los sistemas fotovoltaicos se han convertido en parte fundamental dentro del desarrollo de energías renovables en nuestro planeta, ya que, este tipo de energías se genera a partir de la captación de la radiación solar que se transforma en energía eléctrica eficiente para el consumo de la población.

Como bien sabemos, los sistemas fotovoltaicos son sistemas producidas por fuentes renovables que no afectan al medio ambiente, están constituidos por elementos principales como módulos solares, regulador de carga, banco de baterías e inversor, la principal función de esta constitución es transformar la energía solar en energía eléctrica para finalmente la energía que generan sea entregada hacia una carga. Ahora estos elementos constructivos necesitan de un estudio, análisis y dimensionamiento para su correcto funcionamiento por ende el presente proyecto está enfocado en ayudar a obtener la producción de energía que genera un sistema fotovoltaico móvil versus un estacionario, mediante la implementación de un sistema capaz de registrar y obtener datos en tiempo real para el análisis del comportamiento en un sistema de paneles solares que permanecen fijos con otro sistema de paneles móviles capaces de seguir la trayectoria del sol durante todo el día en todas las épocas del año para saber la variación de producción de energía que varía entre estas. Con este proyecto IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA

OBTENER LA ENERGÍA PRODUCIDA POR UNA ESTACIÓN FOTOVOLTAICA MÓVIL CON UNA ESTACIONARIA A FIN DE DETERMINAR LA EFICIENCIA DE ÉSTAS, se realizará el análisis de los datos medidos con la sonda MET-485 (Radiación, Temperatura) y TRH16-485 (Voltaje, Corriente), con el cual se determinará la capacidad de producción energética y la eficiencia que generan estos sistemas FV.

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

La presente propuesta tecnológica está enfocada en ayudar a evaluar la eficiencia energética que entregan los sistemas fotovoltaicos, mediante la implementación de un sistema de monitoreo para obtener la energía producida por una estación fotovoltaica móvil con uno estacionaria, en adelante será un medio que permitirá controlar y analizar la incidencia de radiación solar, temperatura ambiente y temperatura de los paneles solares así también se podrá analizar las variables de corriente y voltaje, durante su operación en determinadas horas del día. Mediante esta implementación, se procederá realizar un análisis con los datos registrados para evaluar la producción energética que genera durante su operación.

1.2 EL PROBLEMA

1.2.1 Situación Problemática

En la actualidad, alrededor de todo el mundo existen proyectos encaminados a mejorar e incrementar la producción de energías renovables, entonces, entre las más importantes esta la producción de energía mediante el aprovechamiento de la radiación solar con el uso de paneles fotovoltaicos que convierte la radiación solar en energía eléctrica. En los últimos años los gobiernos de todo el mundo han impulsado el desarrollo de la energía solar fotovoltaica en sus naciones, ya sea para uso doméstico como a nivel de red, de acuerdo a datos recopilados por PowerWeb entre los países con más capacidad instalada para generar energía solar fotovoltaica son:

China (130.4 GW), Estados Unidos (85.3 GW), Japón (63.3 GW), India (57.4 GW), Alemania (48.4 GW), España (3500 MW), Italia (22.6 GW), Reino Unido (14.2 GW), Francia (12.8 GW), Australia (22.6 GW), Pakistán (22.6 GW). En consecuencia, es evidente que la mayoría de los países aprovechan estas energías renovables para su uso [1].

En Ecuador año a año se ha destacado la importancia por el desarrollo de la energía relacionado al campo energético, al inicio del año 2009 se empezaba a poner énfasis en la explotación de las energías alternativas en beneficio del cambio climático, para entonces aun no ponían en marcha proyectos energéticos, para el año 2018 ya se contaba en operación algunos proyectos, aunque aportaban en baja medida a la matriz energética, ya era un impacto positivo para el medio ambiente. De acuerdo a estudios para el año 2017 la capacidad instalada en Ecuador llega a producir (26.48 MW), si bien sigue el crecimiento en los años que viene, pero falta para llegar a producir a nivel de Brasil con (1097 MW) o Chile con (2110 MW), siendo los países en Latinoamérica que más producción generan en relación a los sistemas de energía fotovoltaicos. A pesar de los esfuerzos realizados, Ecuador ha sufrido un declive desde el año 2013 como país atractivo a inversiones por factores políticos, para el año 2016 en los países de Sudamérica se ha visto evidente el decrecimiento en los sectores energéticos y productivos esto debido a contratos millonarios como es el caso Odebrecht que ha alcanzado países como Ecuador, Brasil, Colombia, Perú entre otros, también vale resaltar que el mal aprovechamiento de la energía solar puede estar causada por efectos ambientales o meteorológicos como, orientación, radiación, temperatura, suciedad entre otros, estos factores han sido una problemática para el crecimiento de la energía alternativas, haciendo que en nuestro país no se aproveche al máximo el recurso de la energía solar [2].

En la provincia de Cotopaxi se encuentra ubicada a 5750 msnm la ciudad de Latacunga, posee un clima muy húmedo temprano seco a veces ventoso y frío en diferentes épocas del año, su delimitación está en que no presenta un clima templado, con esta definición podemos decir que el clima en la zona es templado a frío. La incidencia de la radiación en nuestra localidad se tiene que mantiene constante en $1,36KW/m^2$, mediante estos datos se puede decir que existen un delimitante para generar energía fotovoltaicos, quizá por los factores climáticos y meteorológicos que presenta nuestra localidad, ante esto también existen factores que delimitan la producción y el rendimiento eficiente de las energías fotovoltaicas como son: Angulo de inclinación, radiación, temperatura, suciedad, nubosidad entre otras características importantes [3] .

Por ello el construir fuentes alternas de generación de energía cada día va tomando mayor relevancia, con estos tipos de generación se busca reducir costos, minimizar el efecto invernadero, hacer más eficiente su producción y lo que es más importante reducir gastos

de consumo, en este proyecto se centra en la producción de la energía solar fotovoltaica donde más adelante se hace una explicación detallada, se hace mención a que existen dos tipos de sistemas con diferentes estructuras y diferentes paneles, como también su área geográfica, comportamiento, características y rendimientos [4].

Estos sistemas denominados plantas fotovoltaicas están en la capacidad de satisfacer el constante aumento de la necesidad energética, haciendo uso de fuentes renovables que no afecten al ambiente siempre y cuando los sistemas fotovoltaicos dispongan de un sistema de caracterización de las curvas de operación de los parámetros eléctricos, con ello mantener en constante funcionamiento los paneles fotovoltaicos y constante monitoreo de su operatividad [5].

Al desconocer la producción energética en los sistemas fotovoltaicos ocasiona que el operario no pueda disponer de datos exactos que ayuden a saber la eficiencia energética que generan cada uno de los paneles solares, es necesario medir la eficiencia de las celdas solares, con ello podremos saber cuánta potencia de radiación solar absorbe cada módulo solar, por lo cual debemos saber con precisión cuánta energía solar llega a cada módulo por unidad de área en segundo (sg), después se debe conocer la cantidad de energía solar y la eficiencia de conversión de esta en energía eléctrica, estas son variables fundamentales a medir en todo sistema fotovoltaico que hace uso del aprovechamiento de la energía solar. Esto ayudara a tener un criterio específico para el mejor funcionamiento de la planta fotovoltaica por el cual se ha visto en la necesidad de implementar un sistema para obtener la energía producida por una estación fotovoltaica móvil con una estacionaria a fin de determinar la eficiencia de éstas [6].

1.2.2 Diagrama causa efecto

En la figura 1.1, se muestra el diagrama causa efecto del problema. En esta figura se puede analizar que el problema que demanda la investigación, es el desconocimiento de la eficiencia energética que generan los sistemas fotovoltaicos móviles respecto a los estacionarios esto debido al mal aprovechamiento de la energía solar.

Otra de las líneas de investigación del problema son las condiciones meteorológicas, ambientales y la falta de registro de datos para su análisis debido a la falta de equipos de monitoreo para determinar la eficiencia energética de la planta fotovoltaica, las cuales son producidas por efectos ambientales como la radiación solar, temperatura, orientación,

nubosidad, captación de energía de los módulos fotovoltaicos entre otros, siendo estos los factores negativos que no permiten tener un debido control de su aprovechamiento.

La radiación solar que actúa sobre los paneles solares y los parámetros eléctricos que trabajan durante el pasar del día, que no están efectivamente controlados por un sistema capaz de monitorear el rendimiento, provocan el desconocimiento de la potencia máxima inducida en el sistema, el cual es un factor muy importante para saber la eficiencia energética que genera la planta fotovoltaica.

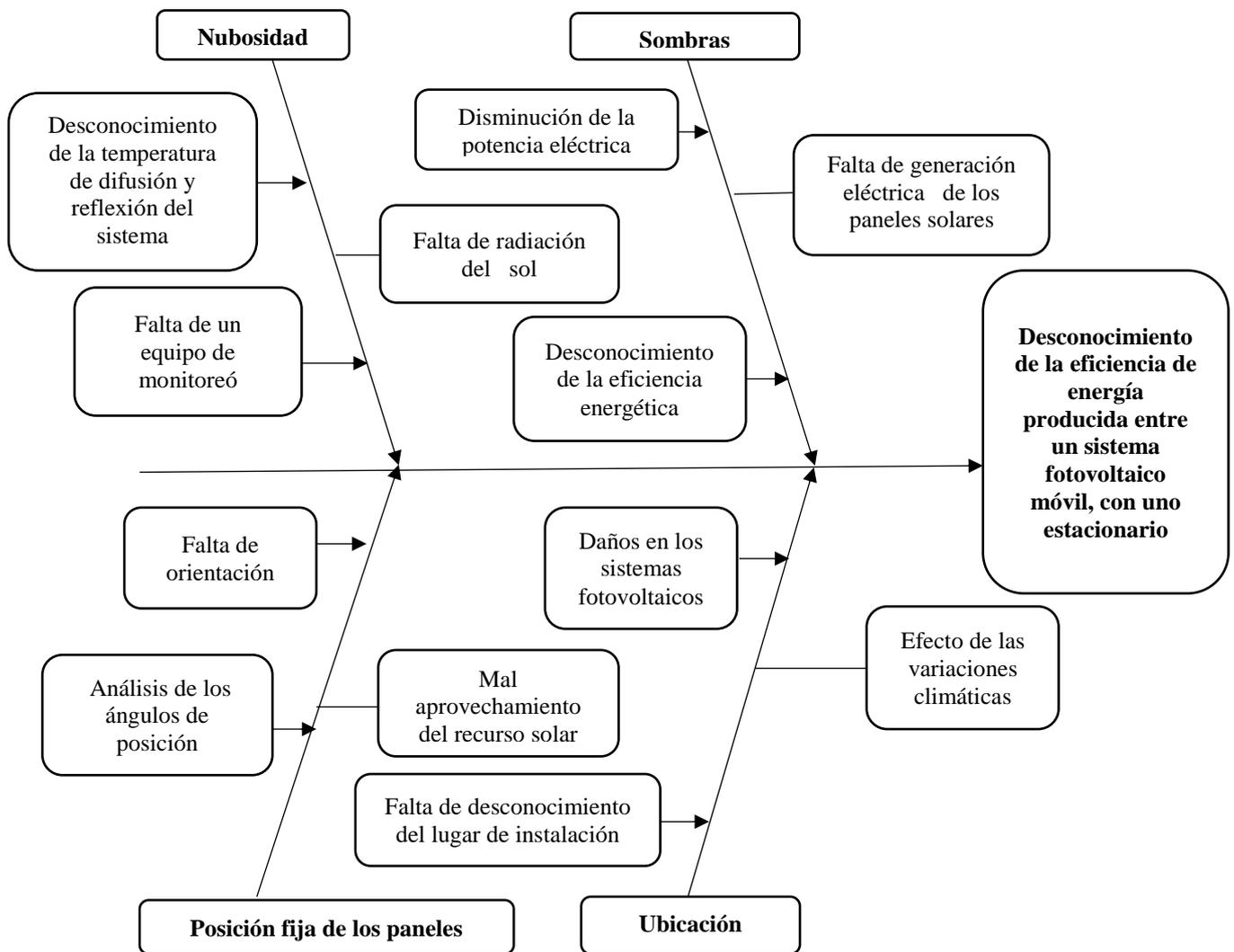


Figura 1.1: Diagrama Causa y Efecto.

1.2.3 Formulación del problema:

Desconocimiento de la eficiencia de energía producida entre un sistema fotovoltaico móvil, con uno estacionario.

1.3 OBJETIVO DE ESTUDIO Y CAMPO DE ACCIÓN

1.3.1 Objeto de estudio

El objeto de estudio de esta propuesta tecnológica es una estación fotovoltaica móvil y una estacionaria.

1.3.2 Campo de acción

El campo de acción está constituido por:

330000 Ciencias Tecnológicas / 3311 Tecnología de la Instrumentación / 3311.99 Dispositivos

1.4 BENEFICIARIOS

En esta percepción, los beneficiarios directos están englobados en los postulantes de la propuesta tecnológica; mientras que los beneficiarios indirectos serán los respectivos estudiantes de la carrera de Ingeniería en Electromecánica.

En la siguiente tabla se muestra el número de personas que se benefician directamente.

Beneficiarios Directos

Tabla 1.1: Beneficios Directos

| Beneficiarios Directos | |
|-------------------------------|---|
| Postulantes | 2 |

Beneficiarios Indirectos

Tabla 1.2: Beneficios Indirectos

| Beneficiarios Indirectos | |
|---------------------------------------|-----|
| Carrera de Ingeniería Electromecánica | 168 |

1.5 JUSTIFICACION

Hoy en día el uso de recursos naturales es el medio más importante en la actualidad, para cuidar el medio ambiente y reducir el efecto invernadero es el reto más importante para todas las naciones, por ende, la quema de combustibles fósiles representa un 80% en la obtención de electricidad en el mundo. De acuerdo a las estadísticas generadas por la Agencia Internacional de Energía, en el mundo se producen 21.431 TWh de energía fotovoltaica, es decir un 75% de energía fotovoltaica en el mundo proviene del aprovechamiento de los recursos naturales.

Estos hechos han conllevado a un gran interés, por medir la eficiencia en un sistema fotovoltaico móvil con uno estacionario, mediante la implementación de un sistema de monitoreo para obtener la energía producida por una estación fotovoltaica móvil con una estacionaria, se elabora con el propósito de obtener un medio de visualización para el monitoreo de la eficiencia energética, con ello obtener variables como: radiación, temperatura, corriente y voltaje que generan durante su operatividad.

Esta propuesta tecnológica, en un futuro será un medio de monitoreo que garantizará visualizar el rendimiento en los sistemas fotovoltaicos cuando este en operación, permitirá encaminar al mejoramiento de la eficiencia energética, aportando al desarrollo de calidad en la producción de la energía Eléctrica con alternativas Renovables.

1.6 HIPOTESIS

La implementación de un sistema para obtener la energía producida por una estación fotovoltaica móvil con una estacionaria permitirá obtener la diferencia de la eficiencia que genera un sistema fotovoltaico móvil versus un sistema fotovoltaico fijo.

1.6.1 Declaración de variables

Para el desarrollo de la propuesta tecnológica se ha visto necesario la identificación de las variables dependientes como “Eficiencia en los sistemas fotovoltaicos móviles y estacionarios” y la variable independiente como “Obtención de variables de radiación, temperatura, corriente y voltaje” por medio del diagrama causa efecto como se muestra en la figura 1.1.

1.6.2 Operacionalización de variables

La tabla 1.3 muestra la operación de la variable independiente; variable que encamina el desarrollo técnico de la propuesta tecnológica; las variables parten del tema y la hipótesis de la propuesta. Desconocimiento de la eficiencia de energía producida entre un sistema fotovoltaico móvil, con uno estacionario.

Tabla 1.3: Operacionalización de la variable dependiente

| Variable Dependiente | Conceptualización | Dimensión | Indicadores | Técnica o Instrumentos |
|--|---|---------------------------------|---|--|
| Eficiencia en los sistemas fotovoltaicos móviles y estacionarios | La capacidad de energía producida por los paneles solares es la cantidad de energía que se puede aprovechar para una determinada operación. | Radiación (Wh/ m ²) | Cantidad de energía que induce el sol hacia los paneles solares se mide en vatios por metro cuadrado. | Observación <ul style="list-style-type: none"> • Multímetro • Gestor de energía para monitoreo PV_ Monitor-M • Sensor de temperatura MET-485 • Analizador TRH16-RS485 • M/TR-25 |
| | | Temperatura (°C) | Cantidad de calor que proporciona el panel solar medida en grado centígrado. | |
| | | Corriente (A) | Cantidad corriente generada por el panel medida en amperios | |
| | | Voltaje (V) | Cantidad de voltaje generada por el panel medida en voltios. | |

Por otra parte, la tabla 1.4, muestra la operación de la variable dependiente que se emplea en el desconocimiento de la eficiencia energética en paneles solares.

Tabla 1.4: Operacionalización de la variable independiente

| Variable Independiente | Conceptualización | Dimensión | Indicadores | Técnica o instrumentos |
|---|--|--------------------------------------|--------------------------|--|
| Obtención de variables de radiación, temperatura, corriente y voltaje | Es una interfaz que ayuda a obtener datos generados y calculados con los cuales podemos obtener la eficiencia energética del sistema mediante la comunicación entre equipos. | Visualización de curvas de operación | Curvas de radiación | <ul style="list-style-type: none"> • Observación • Computador • Software Power Studio • Analizador TRH16-RS485 |
| | | | Curvas de temperatura | |
| | | Software y hardware | Software de programación | |
| | | | Programa de monitoreo | |

1.7 OBJETIVOS

1.7.1 General

Implementar un sistema, para obtener la energía producida por una estación fotovoltaica móvil con una estacionaria a fin de determinar la eficiencia de éstas.

1.7.2 Específicos

- Indagar información en fuentes bibliográficas, revistas e inspección visual para deducir el funcionamiento de los sistemas fotovoltaicos y así determinar la eficiencia energética generada por una estación fotovoltaica móvil con una estacionaria.
- Implementar un sistema capaz de registrar y monitorear las variables de radiación, temperatura, voltaje y corriente.
- Comprobar la eficiencia de los sistemas fotovoltaicos a través de pruebas de comportamiento.

1.8 SISTEMA DE TAREA

El sistema de tareas en función a los objetivos planteados se detalla en la tabla 1.5, todas las actividades esquematizan la implementación de un sistema para obtener la energía

producida por una estación fotovoltaica móvil con una estacionaria a fin de determinar la eficiencia de éstas.

Tabla 1.5: Sistema de tareas en función a los objetivos planteados

| OBJETIVOS ESPECÍFICOS | ACTIVIDAD | RESULTADO DE LA ACTIVIDAD | MÉTODOS-TÉCNICAS |
|--|--|--|--|
| <p>Objetivo 1: Indagar información en fuentes bibliográficas, revistas e inspección visual para deducir el funcionamiento y la eficiencia energética generada por una estación fotovoltaica móvil con una estacionaria.</p> | <p>a.- Identificar el principio de funcionamiento en los sistemas fotovoltaicos móviles y estacionarios.</p> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Establecer la situación actual en la planta de los sistemas ▪ fotovoltaicos. | <p>Investigación de campo: Matriz crítico de los elementos fotovoltaicos.</p> |
| | <p>b.- Reconocer los parámetros y variables eléctricos que intervienen en los sistemas de red de paneles fotovoltaicos</p> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Reconocer los elementos de entradas y salidas de los dispositivos de monitoreo y medición. | <p>Investigación de campo: Esquema de elementos de la planta fotovoltaica.</p> |
| | <p>c.- Modelar un sistema de flujograma para determinar la caracterización de los parámetros eléctricos.</p> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Desarrollar un diagrama de bloques del sistema de adquisición y caracterización de parámetros eléctricos. | <p>Investigación Bibliográfica y de campo: Esquema de la estructura del sistema de adquisición y caracterización de datos.</p> |
| <p>Objetivo 2: Implementar un sistema capaz de registrar y monitorear las variables de radiación, temperatura, voltaje y corriente.</p> | <p>a.- Seleccionar los equipos tecnológicos para la caracterización y monitoreo de los parámetros eléctricos en sistemas fotovoltaicos.</p> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Identificar las características de operación de las tarjetas electrónicas con la que están constituidas los dispositivos destinados a la adquisición de datos. | <p>Inductivo- Deductivo: Matriz de plataformas y especificaciones tecnológicas.</p> |
| | <p>b.- Seleccionar el software adecuado para implementación del sistema de caracterización de señales de corriente, voltaje, temperatura y pérdidas de energía.</p> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Determinar los componentes necesarios para realizar el experimento práctico | <p>Visualización: Arquitectura constructiva del sistema.</p> |

| | | | |
|---|---|--|--|
| | c.- Adquirir el hardware adecuado para implementar el sistema de monitoreo de los parámetros eléctricos en los sistemas fotovoltaicos. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Configurar los puertos de comunicación necesarias para la operatividad del sistema de adquisición de datos en el experimento práctico. | Deductivo: Configuración de puertos de comunicación. Diagrama de flujo. Selección de hardware y software. |
| Objetivo 3: Comprobar la eficiencia de los sistemas fotovoltaicos a través de pruebas de comportamiento | a.- Realizar pruebas de operación del sistema de adquisición y generación de curvas de los parámetros eléctricos en los sistemas fotovoltaicos. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Considerar pruebas en diferentes estaciones, horarios y condiciones ambientales. | Inductivo-Deductivo: Obtención de matriz de curvas. |

2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Los numerales de la propuesta tecnológica detallan el argumento científico y técnico de la implementación de un sistema para obtener la energía producida por una estación fotovoltaica móvil con una estacionaria a fin de determinar la eficiencia de éstas.

2.1 RADIACIÓN

El sol es una gran fuente de energía que hace posible la vida en nuestro planeta. Pero la acción de la radiación solar en el ser humano posee efectos que influyen de forma importante en su salud. Esto bastaría para generar curiosidad acerca de la naturaleza de esta fuente de vida. Por otro lado, la energía que irradia el sol no se puede usar en su totalidad de forma eficiente. Parte de la luz es absorbida en la atmósfera terrestre o también reflejada [7].

La radiación solar que llega a la tierra, es la fuente de energía renovable fundamental en la naturaleza, por ende, conocer la radiación solar local es esencial para muchas aplicaciones. El poder de la intensidad que genera en un tiempo diario o anual se llama “radiación” la cual revela la potencia de la luminosidad. La radiación se expresa en W/m^2 por día [8]

Las tecnologías solares están en un constante desarrollo, que empuja más allá los límites de

conversión de energía. La radiación varía según el momento del día asimismo logra cambiar desde una localidad a otra principalmente en las zonas montañosas. La radiación oscila aproximadamente a un valor de 1.000 K W/m^2 en todo el año estas variaciones se producen en relación a los climas la ubicación geográfica y la latitud de cada lugar [9]

2.1.1 Irradiación

La irradiación se define como la energía por unidad de superficie a lo largo de un periodo de tiempo, sus unidades se expresa en $\frac{Wh}{m^2}$ [10] .

2.1.2 Energía solar

La energía solar es una fuente de energía renovable, obtenida a partir del aprovechamiento de la radiación que procede del sol. La energía solar surge como una alternativa importante debido a su carácter inagotable, el calor se obtiene mediante la electricidad y colectores térmicos a través de los paneles fotovoltaicos [11].

La energía solar fotovoltaica se ha convertido en una de la alternativa significativa para reemplazar o complementar la generación de energía convencional, por esto es importante analizar la cadena de suministro de sistemas fotovoltaicos en el país [12].

La energía solar puede aprovecharse de dos maneras importantes, mediante la conversión térmica, que consiste en transformar la energía solar en energía térmica, y la conversión fotovoltaica, en la cual se emplean paneles solares para recolectar la energía luminosa y convertirla en eléctrica [13].

2.1.3 Energía solar fotovoltaica

En la figura 2.2 se ilustra un esquema de la composición de un sistema fotovoltaico. El sol comprende nuestra mayor fuente de energía en la Tierra. Desde este, llega justo a la parte exterior de la atmósfera terrestre, una cantidad de radiación lumínica, equivalente a 1367 W/m^2 (la constante solar). Al ingresar dentro de la atmósfera, parte de la energía radiada es transformada a través de diversos procesos, entre los cuales se encuentran la reflexión en moléculas presentes en esta, procesos térmicos que calientan la atmósfera, océanos y suelo y finalmente inciden directa o indirectamente sobre dispositivos captadores de energía solar fotovoltaica [14].

Cuando existe mayor radiación solar existe gran cantidad de almacenamiento de energía en un sistema fotovoltaico, gran cantidad de esta energía solar se puede usar para generar electricidad. En cambio, durante las épocas de lluvia y nubosidad se obtiene menor disponibilidad de energía.

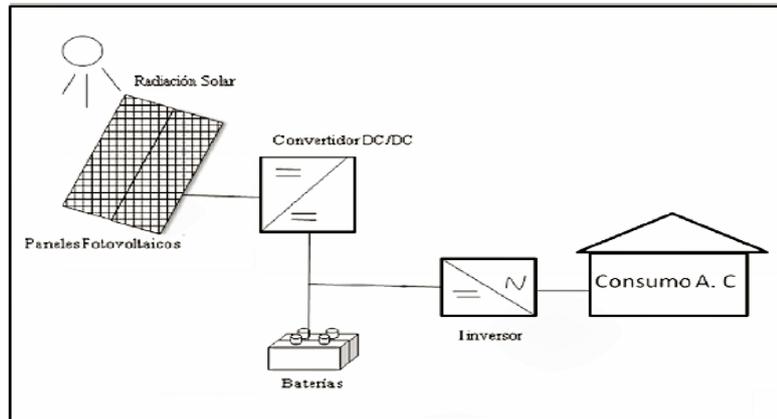


Figura 2.2: Esquema de un sistema fotovoltaico [15]

La energía solar como recurso renovable, impulsa al mundo en general a aportar en el crecimiento y la implementación de tecnologías que respalden los sistemas solares fotovoltaicos, apoyando y promoviendo el cuidado del medio ambiente, la contaminación y sobre todo el desarrollo de nuevos métodos de generación de energía limpia, debido al gran interés que se viene presentando por estas energías alrededor del mundo [16].

Actualmente esta técnica es fundamental para el problema de electrificación rural, es una gran ventaja con respecto a otras alternativas no contaminan no producen ningún ruido no consumen combustible además funciona en días nublados ya que captan la luz que sobrepasan las nubes y la almacenan para su posterior uso.

2.2 CELULA SOLAR FOTOVOLTAICA

En la figura 2.3 se ilustra el modelo de un modelo solar. Es un dispositivo que convierte la energía solar en electricidad dependiendo de la aplicación necesaria. La energía solar utiliza células solares o paneles fotovoltaicos para convertir la energía luminosa directamente en electricidad. Hay dos tipos principales de tecnología solar: fotovoltaica y térmica. En los últimos años, la creciente demanda de energía y servicios relacionados está demostrando ser una respuesta al crecimiento de la población y al sano desarrollo económico y social de las personas [17].

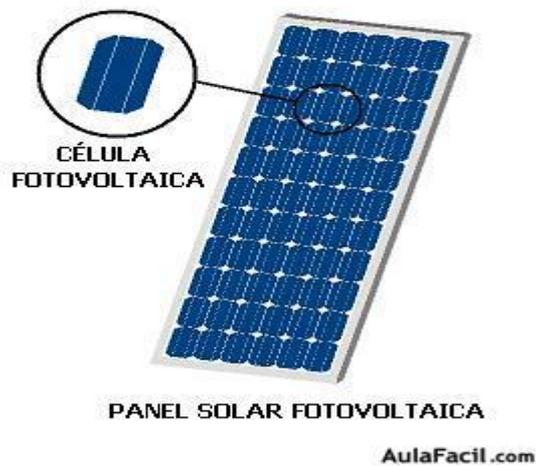


Figura 2.3: Célula solar fotovoltaica [18]

De esta manera hay varios factores que ayudan a generar electricidad por medio de la célula solar como, por ejemplo:

2.2.1 Angulo de incidencia:

Para saber el ángulo de incidencia es necesario que el ángulo de reflexión sea perpendicular a su superficie para poder aprovechar la energía generada, dependiendo de la posición del ángulo cercano a los 90° .

2.2.2 Intensidad de luz:

La intensidad de luz es la cantidad de energía solar que recepta la célula fotovoltaica, mientras mayor sea el flujo de calor inducido mayor será la cantidad de energía generada por la misma.

2.2.3 Las propiedades eléctricas de las células

Las propiedades eléctricas se encuentran aplicando una diferencia de potencial en la oscuridad, hay un paso de corriente sólo si el valor supera un determinado umbral, en cambio exponiendo la celda a la luz se genera en cualquier caso energía eléctrica; si la unión está en condiciones de cortocircuito ($V=0$) la corriente generada es máxima, mientras que en circuito abierto será el voltaje máximo que se determina en los dos extremos (VCA) [19] .

Las células solares en el mundo han llegado a ser parte fundamental para el desarrollo de energías renovables ya que presentan materiales de fabricación resistentes al ambiente en general y también mayor eficiencia a la hora de captar la luz solar.

2.3 PARAMETROS DE UNA CELULA SOLAR

La luz solar viene determinada por algunos parámetros en las células solares. Cuando la radiación solar incide sobre la superficie de las celdas, los fotones o haces de luz, con energía suficiente podrán ser absorbidos por el material semiconductor y podrán liberar un electrón [20].

2.3.1 Factor de Forma (FF)

El factor de forma nos ayuda a determinar la relación entre la Potencia Máxima [$MPP = V_{mp} \times I_{mp}$] y el producto de la máxima tensión en circuito abierto por la máxima corriente en corto circuito ($V_{oc} \times I_{sc}$), con ello se podrá ver la forma de la curva I-V del panel o célula fotovoltaica cuyo valor varía de 0.50 a 0.60 para casos de silicio amorfo y de 0.70 a 0.80 para silicio cristalino [21].

El factor de forma se obtiene midiendo, la tensión del panel en el punto máximo de potencia por la corriente del panel en el punto máximo ($V_{pm} \times I_{pm}$), sobre la máxima tensión en circuito abierto por la máxima corriente en corto circuito ($V_{oc} \times I_{sc}$) como se muestra en la ecuación (2.1):

$$FF = \frac{V_{mp} \times I_{mp}}{V_{oc} \times I_{sc}} \quad (2.1)$$

Donde, FF = Factor de forma

V_{mp} = tensión del panel en el punto máximo de potencia

I_{mp} = corriente del panel en el punto máximo

V_{oc} = máxima tensión en circuito abierto

I_{sc} = máxima corriente en corto circuito

2.3.2 Hora Solar Pico (Hsp)

Conocido como Hora Solar Pico, es aquella unidad que permite medir la irradiación solar, frecuentemente utilizado para realizar cálculos fotovoltaicos. De forma sencilla el HSP

es la cantidad de energía solar que recibe 1m^2 de superficie.

La unidad hsp, equivale a $1[\text{kWh}/\text{m}^2]$ o realizado su respectiva conversión equivale a $3.6 [\text{Mj}/\text{m}^2]$, con esto podremos saber a la capacidad que genera un panel solar por día [22]. La hora solar pico se obtiene midiendo la irradiación global por $1000\text{ W}/\text{m}^2$, como muestra la ecuación (2.2):

$$\text{HSP} = \frac{\text{Irradiación Global}}{1000\text{ W}/\text{m}^2} \quad (2.2)$$

Donde,

HSP= Hora solar Pico [horas]

Irradiación Global= valor de la irradiación global $[\text{kW}/\text{m}^2]$

$1000\text{ W}/\text{m}^2$ = unidad equivalente de la hora solar pico $[\text{W}/\text{m}^2]$

En la figura 2.4, se ilustra la gráfica de distribución horaria de la irradiación incidente sobre la superficie terrestre.

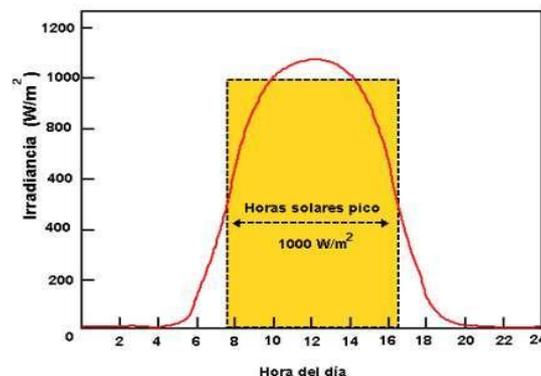


Figura 2.4: Distribución horaria de la irradiación solar en un día [23].

2.4 EFICIENCIA ENERGÉTICA

Es la utilización eficiente de la energía, en contexto, hacer uso de una cantidad menor de energía, pero que cumpla el mismo trabajo u acción. Con esta definición un electrodoméstico, artefacto u equipos eléctricos serán eficientes cuando estos consuman menor cantidad de energía como ejemplo las bombillas de tipo LED frente a las bombillas incandescentes.

La eficiencia energética está encaminado a proteger el medio ambiente reduciendo la cantidad de energía que se utiliza a diario, gracias al aprovechamiento de la fuente de energía solar, siendo este una fuente inagotable [24].



Figura 2.5: Eficiencia energética [24].

2.4.1 Fórmula para determinar la Eficiencia Energética.

La ecuación para determinar la eficiencia energética se empleó, de acuerdo a la norma internacional ISO 50001, sobre sistemas de gestión de la energía, publicada en septiembre del 2012 por la Organización Internacional para la Estandarización [25].

La eficiencia energética se obtiene midiendo la potencia generada por el panel fotovoltaico sobre la potencia máxima del panel fotovoltaico como se muestra en la ecuación (2.3):

$$Eficiencia\ Energética = \frac{Resultado}{Entrada\ Total\ de\ Energía} \times 100\% \quad (2.3)$$

Donde,

Resultado: Potencia Generada por el Panel Fotovoltaico (W)

Entrada de Energía: Potencia máxima del panel Fotovoltaico (W)

2.4.2 Eficiencia en la captación de radiación solar por el panel fotovoltaico

La eficiencia de captación de radiación solar de un panel fotovoltaico es la relación de energía entregada por el panel fotovoltaico y por la energía irradiada total sobre la superficie. Puede haber una delimitación causadas por la célula poli cristalinas, este efecto no convierte en su totalidad en energía eléctrica a los fotones de iluminación provenientes

del sol, a más de otros factores como la mala orientación, nubosidad, suciedad en las capsulas protectoras de los paneles entre otras [26].

Para realizar el cálculo de la eficiencia de captación de radiación solar para un panel FV, se toma en cuenta el área del módulo como espacios entre cada panel y el espacio que existentes entre las células fotovoltaicas y como también la superficie del marco. Existe otra forma más rápida que se puede emplear para este cálculo, se puede calcular la eficiencia también tomando en cuenta solo el área de las células fotovoltaicas. Como se muestra en la ecuación (2.4):

$$\eta_{total} = \frac{FF \times Voc \times Isc}{G \times Area} \quad (2.4)$$

Donde,

η_{total} : Eficiencia total del panel, (%).

FF : Factor de forma

Voc : Tensión en circuito abierto

Isc : Intensidad de cortocircuito

G : Irradiación que recibe la célula y su valor está dada en ($1,000 W/m^2$)

Área: dimensión de la superficie de la célula fotovoltaica (m^2).

2.4.3 Eficiencia Dependiente de la temperatura del panel Solar.

La temperatura de funcionamiento cumple un rol fundamental en el proceso de conversión fotovoltaica. Con este concepto debemos saber que tanto la eficiencia eléctrica como la potencia de salida de un módulo fotovoltaico dependen linealmente de la temperatura de funcionamiento.

Con las diversas correlaciones analizadas en este proyecto se representa ecuaciones simplificadas aplicadas a módulos fotovoltaicos o matrices fotovoltaicas, montados en colectores fotovoltaicos, marcos independientes y matrices BIPV respectivamente [27].

El efecto generado de la temperatura sobre la eficiencia energética en módulos fotovoltaicos se puede calcular con la siguiente ecuación (2.5):

$$P_m = I_m V_m = (FF) I_{sc} V_{oc} \quad (2.5)$$

Donde,

FF = Factor de llenado.

I_{sc} = Corriente de cortocircuito.

V_{oc} = Tensión de circuito abierto.

m = Punto máximo de potencia en la curva I-V del módulo.

2.5 EFICIENCIA DE LAS CELDAS SOLARES

La eficiencia de la celda solar está determinada por el tamaño total del panel, el tamaño individual de las celdas y su diseño, es fundamental tener en cuenta en la eficiencia de las celdas solares influyen factores como: el número y tipos de celdas utilizados, el diseño del bus bar, las distancias entre las celdas y la interconexión de ellas. Es importante conocer la eficiencia de los paneles solares, así se podrá determinar el rendimiento a largo plazo [28] .

A continuación, se detalla una comparación del coeficiente de temperatura de potencia, más bajo es más eficiente:

Células policristalinas (-0.4 a 0.43%/°C)

Células monocristalinas (-0.37 a 0.40%/°C)

Células monocristalinas de IBC (-0.29 a 0.31%/°C)

Células monocristalinas HJC (-0.26 a 0.27 %/°C)

2.6 FACTORES QUE AFECTAN A LA EFICIENCIA DE LOS PANELES FV

Mientras la tecnología empleada avanza exitosamente en la construcción de los paneles solares, se ha visto la necesidad de realizar una investigación para conocer cuáles son los factores más comunes que afectan al rendimiento del módulo solar como también afectan indirectamente a su eficiencia. De acuerdo a la investigación realizada los factores pueden ser propias y externas. Los factores propios como, (temperatura de funcionamiento del panel, efectos de reflexión y suciedad), pueden llegar a interferir en el rendimiento de los paneles solares. Y los factores externos como, (cambios climáticos, ángulo de inclinación

y sombreado), son factores que pueden llegar afectar en el rendimiento de los paneles solares [29].

2.7 EQUIPOS DE MONITOREO PARA REGISTRAR DATOS DE LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA EN LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Los equipos de monitoreo es parte fundamental para la realización del experimento practico del presente proyecto tecnológico ya que ayudara a registrar y analizar datos del sistema fotovoltaico móvil con uno estacionario, permitiendo conocer la eficiencia energética que entregan los sistemas. A continuación, se describe cada uno de los dispositivos a utilizar en este proyecto.

2.7.1 Sensor Datasol MET-485

En la figura 2.6 se ilustra el sensor Datasol MET-485. Es un equipo electrónico de precisión que permitirá adquirir y visualizar los datos de radiación solar, temperatura propia de la célula FV, la temperatura ambiente, la velocidad del viento y gestionar la apertura de un lazo de aviso. Toda esta información es enviada vía el dispositivo RS485, con protocolo de comunicación MODBUS o protocolo ATERSA. Tiene un grado de protección IP-65 que permite su conexión a la intemperie, la instalación de este dispositivo es fácil, se lo puede hacer mediante fijación Hook o tornillos [30]. En la siguiente tabla 2.6 se detalla las características técnicas del Datasol MET-485.

Tabla 2.6: Características técnicas del Datasol MET-485

| Características Técnicas | |
|--|--|
| Tensión de alimentación de la fuente externa | Rango de tensión: 16 a 33 VDC |
| Consumo | Medio: 20 mW/Maximo: 80 mA |
| Dimensiones | Ancho: 266mm, Alto: 266mm. Profundidad: 35mm |
| Rango de temperatura de funcionamiento | -20°C hasta +60°C |
| Rango de temperatura de almacenamiento | 20°C hasta +75°C |
| Peso | 1600g |
| Sistema de montaje | Fijación Hook / Fijación atornillada |
| Grado de protección | IP-65 |

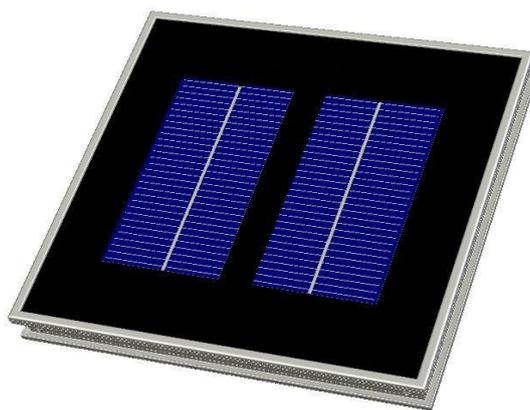


Figura 2.6: Sensor de adquisición de datos; radiación solar, temperatura célula FV, temperatura ambiente, velocidad del viento y gestionar la apertura de un lazo de aviso [30].

2.7.2 Medidor de tensión y corriente continua M/TR-25

En la figura 2.7 se ilustra el Medidor de Tensión y corriente continua. Es un módulo de medida para 2 o 4 circuitos de corriente, trabaja con puerto RS485 y protocolo de comunicación MODBUS/RTU. Utiliza un TR16 como TR8, para realizar las mediadas de corriente hasta una capacidad de (25 $A_{c.c}$) [31]. En la siguiente tabla 2.7 se detalla las características técnicas del medidor de tensión y corriente continua M/TR-25.

Tabla 2.7: Medidor de Corriente Continua M/TR-25

| Características Técnicas | | |
|--|---------------------|-----------------------------------|
| Circuito alimentación | Tensión nominal | 230Vc.a. \pm 30% |
| | Frecuencia | 50Hz |
| | Tensión Nominal | 24Vc.c. \pm 10% |
| | Frecuencia | 50Hz |
| Circuito medida de tensión | | 10...300 Vc.a. |
| | | 50...60 Hz |
| Precisión entrada t ^a (solo TR16) | | Sonda temperatura Pt100/Pt 1000 |
| Comunicaciones | Puerto | RS-485 |
| | Protocolo | Modbus/RTU |
| Características constructivas | Material caja | Plástico UL 94 Vo autoextinguible |
| | Grado de protección | IP 20 |
| Condiciones ambientales | Temperatura trabajo | -10...+ 65°C |
| | Humedad | 5.. 95% sin condensación |



Figura 2.7: Medidor de Tensión y corriente continua M/TR-25 [31].

2.7.3 Analizador TRH16-RS485-25A.

En la figura 2.8 se ilustra un medidor de niveles de corriente. Es un equipo de medida de hasta 16 strings fotovoltaicos en corriente continua ($I_{c.c}$) y un canal de tensión de hasta 1500 V de tensión continua ($V_{c.c}$), es un equipo ideal y versátil para medir diferentes niveles de corriente. La medida de corriente se realiza a través de 16 transformadores de efecto Hall. El dispositivo cuenta con dos puertos de comunicación RS.485. El primer puerto de comunicación se utiliza para conectar y transmitir la información al master mediante el protocolo de comunicación MODBUS/RTU. El segundo puerto de comunicación permite realizar una topología de comunicación tipo multimaster. Dado que una multitud de aplicaciones pueden estar conformados por una gran cantidad de analizadores TRH16-RS485 [32]. En la siguiente tabla 2.8 se detalla las características técnicas del medidor de niveles de corriente continua TRH16-RS485.

Tabla 2.8: Características del TRH16-RS485

| Características Técnicas | | |
|--|-----------------|-------------|
| Alimentación | C. Alterna | C. continua |
| Tensión nominal | 230 Vc.a. | 24 Vc.c. |
| Tolerancia de alimentación | $\pm 20\%$ | $\pm 10\%$ |
| Frecuencia | 50 Hz | - |
| Consumo del equipo sin transformadores | 2 VA | 2 W |
| Consumo del equipo con 16 sensores (en vacío) | 14 VA | 8 W |
| Consumo del equipo con 16 sensores (corriente) | 24 VA | 14 W |
| Pico de arranque | 3.5 A(3ms) | 15 A (1 ms) |
| Temperatura de trabajo | -10...65 °C | |
| Grado de Protección | IP 20 | |
| Rango de medida de tensión | 30...1500 Vc.c. | |

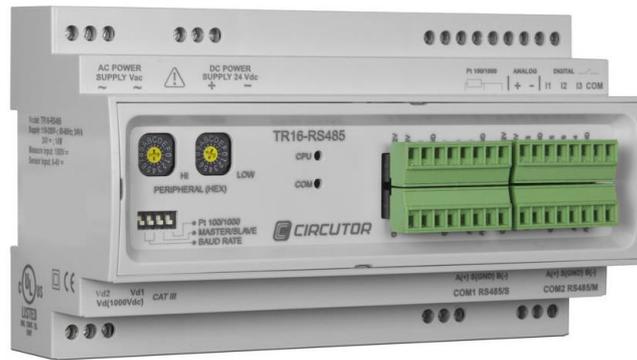


Figura 2.8: Medidor de niveles de corriente [33].

2.7.4 Gestor energético PV-MONITOR-M

En la figura 2.9 se ilustra un Gestor energético PV-Monitor-M. Es un gestor energético destinado a monitorizar instalaciones fotovoltaicas de autoconsumo instantáneo. Dispone de un datalogger y servidor web con PowerStudio Embedded y una aplicación SCADA para tal fin.

Este equipo permite conocer, en tiempo real, la producción fotovoltaica, el ahorro energético y los consumos de un edificio, vivienda, empresa, etc. así como almacenar datos históricos para hacer análisis periódicos.

Adicionalmente, dispone de una sonda MET. Esta mide la radiación solar, la temperatura ambiente y la temperatura de la superficie del módulo FV. Con ello se calcula el rendimiento de la instalación [34]. En la siguiente tabla 2.9 se detalla las características técnicas del Gestor energético PV-Monitor-M.

Tabla 2.9: Características del PV-MONITOR-M

| CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS | |
|---------------------------------|--------------------|
| Alimentación en C.A | |
| Tensión nominal | 120...264 Vc.a. |
| Frecuencia | 50...60Hz |
| Consumo | 11... 28 VA |
| Categoría de la instalación | CAT III 300 V |
| Alimentación en C.C | |
| Tensión nominal | 190... 300 Vc.c. |
| Consumo | 25...7 W |
| Categoría de la instalación | CAT III 300 V |
| Grado de Protección | IP30. Frontal:IP40 |



Figura 2.9: Gestor energético PV-Monitor-M [34].

2.8 ENTORNO DE SOFTWARE PARA GESTIÓN Y CONTROL ENERGÉTICO

2.8.1 Software PowerStudio de Circutor

Es un software de la empresa Circutor que ayuda a la gestión de la Eficiencia Energética. Este software de entorno es un sistema de control y adquisición de datos SCADA, engloba todas las herramientas necesarias para gestionar los equipos de control energético. Con este dispositivo se podrá leer en tiempo real los valores instantáneos de todos los analizadores de red conectados a un bus Modbus [35].

2.8.2 Interface SCADA

Es aquel sistema que permite recoger datos de campo en diversos sensores conectados a una estación maestro ya sea en una planta, fábrica, procesos industriales o en otras ubicaciones remotas, luego envía estos datos a un ordenador central a través de un sistema de comunicaciones que lo gestiona y controla. Con este sistema se podrá controlar y supervisar los equipos industriales en diversas etapas como el desarrollo, fabricación y la producción [36].

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

Para realizar el presente proyecto se aplica los siguientes métodos investigativos: bibliográfico, de campo, método inductivo y método deductivo. En función a la metodología nuestra propuesta es de carácter tecnológico, el cual es la implementación de un sistema para obtener la energía producida por una estación fotovoltaica móvil con una estacionaria a fin de determinar la eficiencia de éstas, los parámetros a evaluar serán la radiación, temperatura, corriente y voltaje, con ello poder valorar cada uno de los parámetros de medición y visualización encaminados a la eficiencia energética, operación y el rendimiento de dicha planta FV.

3.2 MÉTODOS

3.2.1 Bibliográfico

Este método ayuda a la recolección de información concisa y necesaria para poder ir desarrollando cada uno de los pasos de la investigación, con lo cual se buscó información relacionada con el funcionamiento de los paneles fotovoltaicos Vin Solar y Simax Green New Energy, para el análisis de la eficiencia energética en un sistema móvil con uno estacionario, fue importante investigar los equipos necesarios y los factores que influyen en la eficiencia de los sistemas FV. En base a recolección de información se hará uso del Sensor de temperatura MET-485, encargado de medir parámetros como la radiación, temperatura y velocidad del viento, también se hará uso del dispositivo medidor de tensión y corriente continua M/TR-25, encargado de medir corriente y voltaje de los paneles fotovoltaicos, esta información será enviada mediante una comunicación MODBUS al dispositivo PV Monitor-M que permitirá conocer en tiempo real, la producción fotovoltaica, el ahorro energético y los consumos de un edificio, vivienda, empresa, etc. así como almacenar datos históricos para hacer análisis periódicos. Con esto podremos respaldar la teoría científica de las investigaciones con un argumentó explícito.

3.2.2 De campo

Se utilizó la investigación de campo para poder recopilar todos los datos necesarios para la implementación del sistema los cuales fueron emitidos por el operador de la Planta Fotovoltaica de la Universidad Técnica de Cotopaxi ,posteriormente con la autorización del encargado se realizó una inspección e identificación de cada componente instalado en

la respectiva red eléctrica, con el levantamiento de toda la información necesaria a través de un enfoque visual fue más claro el desarrollo de la propuesta tecnológica. Este método permitió conocer el diagnóstico actual del problema. Con este estudio de campo realizado se consiguió aclarar el procedimiento a seguir para implementación del sistema para obtener la energía producida por una estación fotovoltaica móvil con una estacionaria a fin de conocer la eficiencia energética y la producción de energía que generan cada uno de estos sistemas FV, por medio del control y monitoreo del sistema como tal.

3.2.3 Método inductivo

El método inductivo se usa para establecer las diferentes falencias e inconsistencias que necesita ser solventado el sistema actual por lo cual se debe realizar una valoración del sistema de monitoreo en los paneles fotovoltaicos para saber su estado de funcionamiento, con el sensor de temperatura MET-485 se puede obtener datos como la cantidad de radiación, temperatura y velocidad del viento a la que están sometidos los sistemas FV, así como también por medio del dispositivo medidor de tensión y corriente continua M/TR-25, se podrá obtener datos como corriente y voltaje de los paneles fotovoltaicos para proceder a su respectivo análisis ; el cual no existe control del consumo y las pérdidas de energía debido a la falta de un equipo de monitoreo. Con el equipo PV-Monitor-M se podrá monitorizar en tiempo real la operatividad del sistema fotovoltaico.

3.2.4 Método deductivo

El método deductivo permitirá la identificación de datos eléctricos radiación, temperatura, voltaje y corriente arrojados por los sistemas fotovoltaicos y consigo determinar la eficiencia energética que entregan los sistemas móviles con respecto a los estacionarios también se podrá visualizar el estado de operación de la planta fotovoltaica y la calidad de energía eléctrica que esta suministra, al no contar con un sistema de monitoreo permanente no se conocen variables como la radiación, temperatura, corriente y voltaje los cuales ayuden a controlar la producción de energía eléctrica, con esto se puede recopilar datos técnicos precisos que puedan solventar el funcionamiento de dichos paneles solares .

3.3 TÉCNICAS DE INSTRUMENTOS PARA RECOLECTAR INFORMACIÓN

3.3.1 Técnicas

3.3.1.1 Observación

Se toma en consideración todas las situaciones actuales para saber identificar cada una de las causas y efectos de una manera visual, esta técnica conllevará a la visualización general de los sistemas FV, y con ello saber el sistema de funcionamiento, para encaminar a la implementación del sistema y así llevar a cabo un proceso de monitoreo y control estratégico con la finalidad de mejorar la calidad de desempeño en la planta.

3.3.1.2 Medición

Se realiza mediante dispositivos de medida para evaluar el rendimiento de los sistemas. En el sistema para obtener la energía producida por una estación voltaica móvil con una estacionaria, fue fundamental valorar la cantidad de voltaje y corriente con el analizador TRH16, con ello determinar la cantidad de energía que genera, como también poder crear tablas para estos parámetros eléctricos. Otra parte de medición fundamental fue el Sensor MET-485, con este equipo se pudo valorar la cantidad de radiación, temperatura ambiente y temperatura de la célula, para determinar la cantidad de energía que producen los sistemas fotovoltaicos durante su funcionamiento. Por último otro equipo fundamental de medición, se realiza mediciones mediante el multímetro para valorar las condiciones de voltaje en el momento de realizar las conexiones de los equipos eléctricos.

3.3.2 Instrumentos

3.3.2.1 Software

Mediante el software PowerStudio nos permite realizar la comunicación permitiendo visualizar en tiempo real la operatividad de los sistemas fotovoltaicos.

3.3.2.2 Multímetro

Mediante este instrumento de medida nos facilita realizar las mediciones de los parámetros eléctricos y de esta manera llevar a cabo las conexiones y comparaciones con el software.

3.4 TÉCNICAS PARA EL PROCEDIMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Técnicas: observación

Análisis de datos: los datos obtenidos son analizados mediante el software PoweStudio, ya que es un software específicamente para sistemas fotovoltaicos su comunicación es directamente con equipos de monitorización de Circutor.

3.5 DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

3.5.1 MATERIALES

La tabla 3.10 muestra un cuadro de las características de un sistema de proceso de curvas de radiación, temperatura, corriente y voltaje en los sistemas fotovoltaicos.

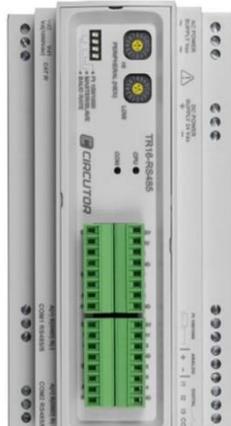
Tabla 3.10: Selección de plataformas tecnológicas

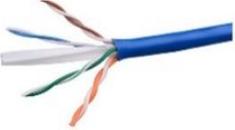
| Característica | Sensor de temperatura MET-485 | TRH16-RS485-25A | Gestor energético PV-Monitor | Imágenes de la plataforma |
|-------------------------------------|--|---------------------------------------|--|--|
| Protocolo de comunicaciones | ATERSA o MODBUS RTU (autodetección) | MODBUS/RTU | RS-485 y Ethernet. | <p>Sensor de temperatura MET-485</p>  <p>TRH16-RS485-25A</p>  |
| Velocidad de transmisión | 9.600 / 19.200 / 38.400 / 57.600 / 115.200 bps | n/a | n/a | |
| Corriente de alimentación en reposo | 10mA media | Primario 25 A | 120 mA | |
| Nº de serie | 10 dígitos | E80005 | M61085 | |
| Ethernet | n/a | 10/100 | T10/100 | |
| I/O | Selector de módulo de 2 conmutadores rotatorios de 10 posiciones | 16 canales: 2 analógicas, 4 digitales | Dispone de 5 leds de indicación, 2 salidas digitales Comunicación RS-485 y Ethernet conexión Wi-Fi. | |
| Tamaño | Ancho: 226 mm. Alto :226mm Profundidad:35mm | 85.60 mm x 53.38 mm | Ancho: 52.5 mm Alto: 118 mm Profundidad: 70 mm | |
| Sistema Operativo | n/a | n/a | n/a | |

| | | | | |
|---------|--|---|--|--|
| Entorno | Datsol MET permite la visualización y la adquisición de datos mediante la gestión estándar MODBUS. | Modbus/RTU Kep Server medición de corriente M/TR-25 y voltaje de forma directa. | Dispone de un datalogger y servidor web con Power Studio Embedded y Comunicación SCADA | <p>Gestor energético PV-Monitor</p>  |
|---------|--|---|--|--|

Estos componentes del hardware deben cumplir con el entorno del desarrollo de la implementación de la planta fotovoltaica de Energías Renovables de la Universidad Técnica de Cotopaxi para poder tener un excelente rendimiento y buenos resultados de la eficiencia energética que se monitorizara constantemente en los paneles solares en tiempo real dando cumplimiento a muestra propuesta tecnológica como se muestra en la tabla 3.11.

Tabla 3.11: Hardware del sistema de características de parámetros eléctricos.

| Componente | Modelo | Características | Imagen del hardware |
|--|-----------------|--|---|
| ALAIZADOR DE TENCION Y CORRIENTE CONTINUA MULI CANAL | TRH16-RS485-25A | Protección: IP20 Frecuencia: 50Hz. Tolerancia de alimentación: AC $\pm 20\%$, DC $\pm 10\%$. Tensión nominal: AC 230V, DC 24V Consumo del equipo sin transformadores: AC2VA, DC2W. Consumo del equipo con 16 sensores (en vacío): AC 14VA, DC 8W. |  |

| | | | |
|--|-----------------------|--|---|
| <p>MÓDULO DE MEDIDA DE CORRIENTE</p> | <p>M/TR-25</p> | <p>Módulo de medida para cuatro circuitos de corriente que utiliza el TR16 para realizar la medida de las corrientes hasta 25A C.C.</p> |  |
| <p>CABLE UTP APANTALLADO</p> | <p>OUDP6CCA305AZ3</p> | <p>Longitud 10m ISO/IEC1181:2002/2008. Funda exterior de PVC color azul de la funda. Apantallamiento SF/UTP.</p> |  |
| <p>PANEL SOLAR simax (suzhou) Green New Energy Co.</p> | <p>SP636-140</p> | <p>Tolerancia $\pm 3\%$. Voltaje para Pmax (Vmp) 17.8 V. Corriente para Pmax (Imp) 7.87 A. Corriente de Circuito Abierto (Isc) 8.56 V. Temperatura Nominal de Operación de la célula (NOCT) $\pm 47\%$. Voltaje máximo del sistema 1000 VDC.</p> |  |

| | | | |
|--|--|---|--|
| <p>VING SOLAR</p> | <p>AT AM 5G SOLAR SPECTRUM YL235P-29Bb</p> | <p>Tolerancia $0\pm 5\%$. Voltaje para Pmax (Vmp) 29.1 V. Corriente para Pmax (Imp) 8.08 A Corriente de Circuito Abierto (Ise) 37.4 V. Potencia máxima nominal (Pm) 235w. Temperatura Nominal de Operación de la célula (NOCT) $\pm 25^{\circ}\text{C}$. Voltaje máximo del sistema 1000 VDC.</p> |  |
| <p>GESTOR ENERGÉTICO PARA MONITORIZAR SISTEMAS FOTOVOLTAICOS</p> | <p>Gestor Energético PV-Monitor-M</p> | <p>Tornillo tipo Plano: M2.5 Envoltente: Plástico V0 autoextinguible Par de apriete: ≤ 0.4 Nm Sección en cables de comunicaciones :2.5 mm² Sección de cable en bornes alimentación: 2.5 mm² Sección del cable enbornes de entradas / salidas:2,5mm² Fijación: Carril DIN (IEC 60715). Peso Neto (kg):0,18</p> |  |

| | | | |
|---|---|---|---|
| <p>EQUIPO PARA MEDIR LA RADIACIÓN SOLAR TEMPERATURA DE LA CÉLULA, TEMPERATURA AMBIENTE Y VELOCIDAD DEL VIENTO</p> | <p>Sensor de temperatura MET- 485</p> | <p>Tensión de alimentación de la fuente externa: Rango de tensión: 16 a 33 VDC. Consumo: Medio: 20 mW / Máximo: 80 mA. Rango de temperatura de funcionamiento: -20°C hasta +60°C Rango de temperatura de almacenamiento: 20°C hasta +75°C. Grado de protección: IP-65 Peso: 1600g. Sistema de montaje: Fijación Hook / Fijación atornillada</p> |  |
|---|---|---|---|

3.6 MODELO DEL EXPERIMENTO

En la figura 3.10 se ilustra un modelo del experimento práctico de nuestro proyecto, consiste en conectar cada uno de los elementos, el cual permitirá monitorizar el sistema fotovoltaico y controlar la eficiencia energética de los paneles solares cabe recalcar que este experimento se llevó cabo con los paneles móviles como estacionarios.

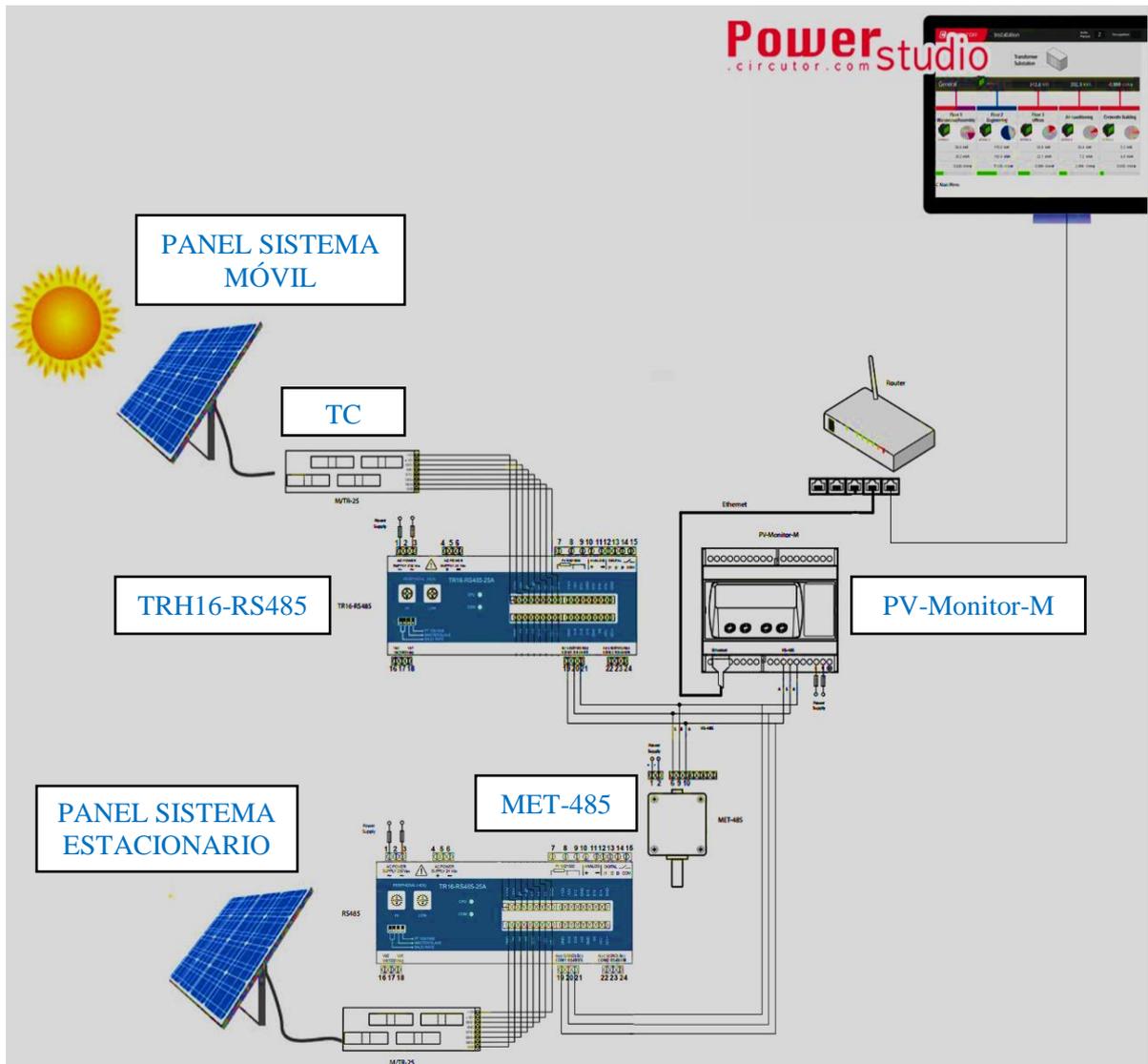


Figura 3.10: Modelo del experimento práctico.

3.6.1 Sistema de transmisión

El sistema de transmisión se toma desde los cuadros de protección principal alimentando a los dispositivos, TRH16-RS485, PV-Monitor-M y sensor MET-485, siendo estos los equipos más importantes que realizarán la función de registrar y monitorear las variables como: radiación, temperatura, voltaje y corriente durante su funcionamiento, como se muestra en la figura 3.11.

Del esquema experimental se realizó un plano eléctrico general, cuyo diagrama de conexiones eléctricas se puede visualizar en el apartado del anexo (A).

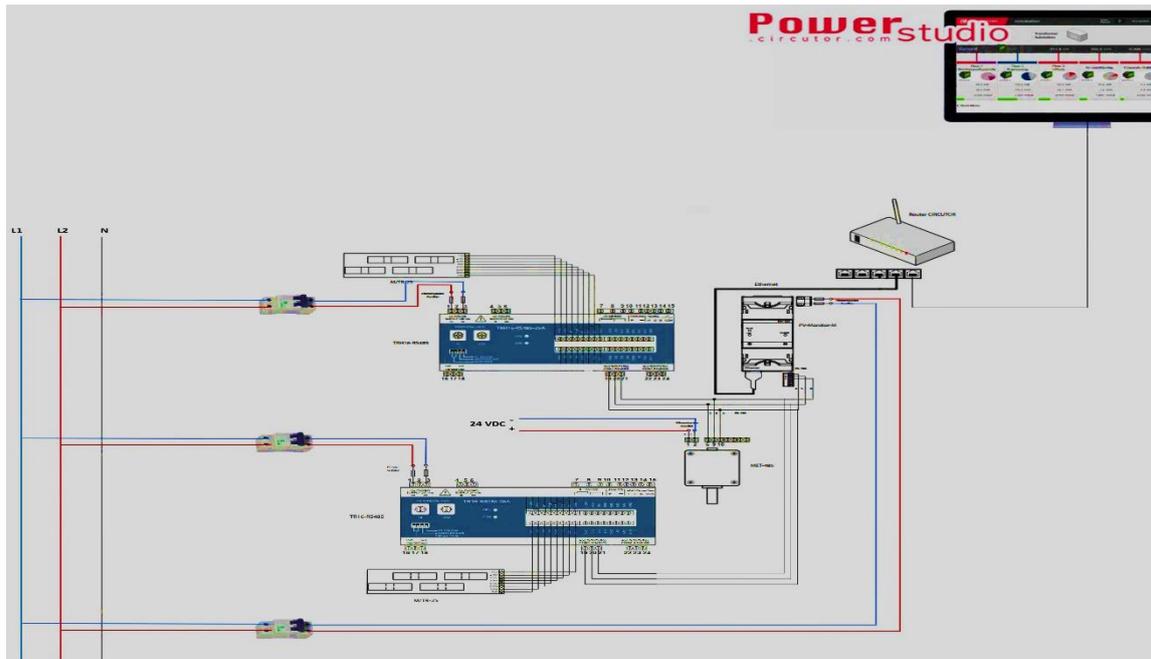


Figura 3.11: Esquema del modelo experimental de la conexión del sistema.

Panel Solar simax (suzhou) Green New Energy

En la Figura 3.12 se ilustra el Panel simax (suzhou) Green New Energy, de tipo policristalinos tienen una eficiencia adecuada para las propiedades técnicas del sistema, la conexión se realizará de acuerdo al requerimiento de los parámetros que se vaya registrar, pudiendo ser en serie o paralelo.

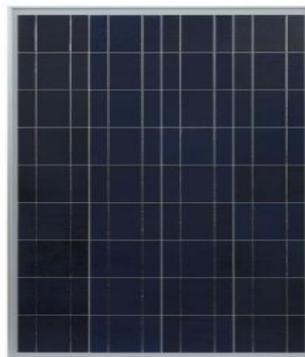


Figura 3.12: Panel simax (suzhou) Green New Energy.

3.6.2 Conexión de los transformadores de corriente

En la figura 3.13 se ilustra la Conexión de los TCS. El TRH16-RS485, es un equipo diseñado para medir hasta 16 líneas de corriente continua de manera simultánea. El equipo dispone de 16 entradas para transformadores de efecto Hall, el cual se puede medir una corriente de hasta 25 A por canal en corriente continua.

Para la conexión del medidor de tensión y corriente continua M/TR-25 con el equipo El TRH16-RS485, se recomienda usar el cable calibre 18 flexible, cuya malla debe conectarse únicamente al conector GND del equipo.

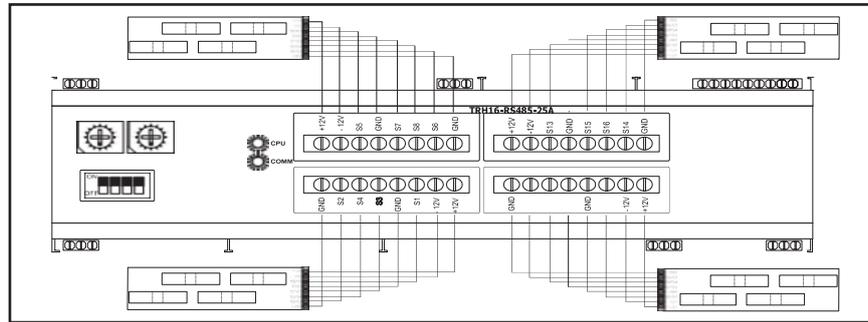


Figura 3.13: Conexión TCS.

3.6.3 Comunicación del bus RS-485

En la figura 3.14 se ilustra la comunicación del Bus RS-485, el TRH16-RS485 dispone de un puerto de comunicación RS-485 para la comunicación en tiempo real, con un sistema maestro de comunicación de tipo PLC o SCADA de control industrial. El protocolo de comunicación implementado es del tipo MODBUS, como se muestra en la figura 3.13 de conexión, el periférico TRH16-RS485 se conecta a un sistema de control denominado PV-Monitor-M, mediante el bus RS-485. Para ello, a cada uno de los equipos debe asignarse un número de nodo que le identifique dentro del bus de comunicación.

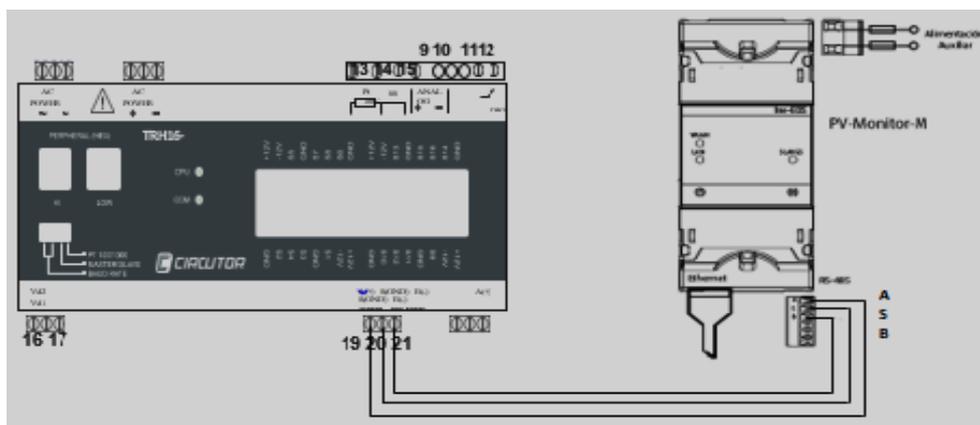


Figura 3.14: Comunicación del Bus RS-485.

3.6.4 Conexión del sensor Datasol MET-485

En la figura 3.15 se ilustra la comunicación del Bus RS485 del sensor MET-485. Es un equipo electrónico de precisión que permitirá visualizar y adquirir la radiación solar, temperatura propia de la célula y temperatura ambiente. La alimentación auxiliar para este equipo es

mediante una fuente en rango de 16 a 33 V_{DC} con una corriente en reposo de 10mA. Al igual que otros equipos su comunicación es vía RS485 con protocolo MODBUS, todos los datos que genere durante su operación serán enviados vía RS485. Par realizar la conexión de comunicación es recomendable utilizar el cable de comunicación dos pares trenzados de baja capacidad. Un par para datos (A y B) y otro para alimentación (+ y-). Los dos pares irán dentro del mismo apantallamiento del cable.

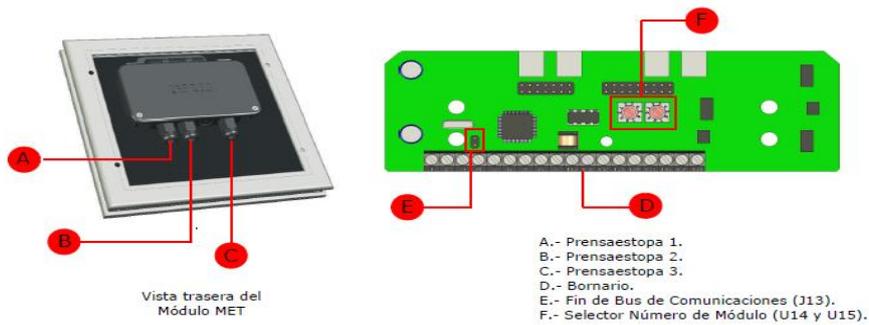


Figura 3.15: Comunicación del Bus RS485 del sensor MET-485.

3.6.5 Comunicación MODBUS

En la tabla 3.12 se detalla las direcciones del protocolo MODBUS. El protocolo MODBUS se utiliza para la red de comunicación, utiliza la definición de datos registrados en tablas para guardar la información proveniente de un componente maestro, una tabla de información es un buffer de datos utilizados para guardar datos registrados en un elemento maestro.

Tabla 3.12: Direcciones del protocolo MODBUS

| Dirección MODBUS | Direcciones usadas en el protocolo | Nombre de la Tabla de Datos |
|------------------|------------------------------------|---------------------------------------|
| 1-999 | 0000-9998 | Ouput Coils (Lectura/Escritura) |
| 10001-1999 | 0000-9998 | Inputs Contac (Lectura) |
| 30000-39999 | 0000-9998 | Inputs Registers (Lectura) |
| 40001-49999 | 0000-9998 | Holding Registers (Lectura/Escritura) |

3.6.6 Direcciones del MODBUS

En la tabla 3.13 se detalla las direcciones MOBUS del equipo. La tabla se muestra las

direcciones MODBUS del equipo para la comunicación, donde se muestra las direcciones de memoria de los equipos subes clavos, en caso de ser conectados.

Tabla 3.13: Direcciones MODBUS del equipo

| Descripción | Símbolo | Dirección | Unidad |
|---------------------------|---------------|-----------|--------|
| Corriente entrada 1 | I 1 | 0000 | Ax100 |
| Corriente entrada 2 | I2 | 0001 | Ax100 |
| Corriente entrada 3 | I3 | 0002 | Ax100 |
| Corriente entrada 4 | I4 | 0003 | Ax100 |
| Corriente entrada 5 | I5 | 0004 | Ax100 |
| Corriente entrada 6 | I6 | 0005 | Ax100 |
| Corriente entrada 7 | I7 | 0006 | Ax100 |
| Corriente entrada 8 | I8 | 0007 | Ax100 |
| Corriente entrada 9 | I9 | 0008 | Ax100 |
| Corriente entrada 10 | I10 | 0009 | Ax100 |
| Corriente entrada 11 | I11 | 000A | Ax100 |
| Corriente entrada 12 | I12 | 000B | Ax100 |
| Corriente entrada 13 | I13 | 000C | Ax100 |
| Corriente entrada 14 | I14 | 000D | Ax100 |
| Corriente entrada 15 | I15 | 000E | Ax100 |
| Corriente entrada 16 | I16 | 000F | Ax100 |
| Tensión Diferencial | Vd | 0010 | Vx10 |
| Temperatura Pt 100/Pt1000 | Pt 100/Pt1000 | 0011 | °C |

3.6.7 Velocidades de comunicación

En la tabla 3.14 detalla un ejemplo de velocidad de comunicación, el analizador TRH16-RS485 dispone de un módulo de cuatro selectores (MINI-DIPS), que permite la configuración de la velocidad mediante dos colectores 1 y 2.

Tabla 3.14: Ejemplo de velocidad de comunicación.

| Velocidad de transmisión | Selector 1 | Selector 2 |
|--------------------------|------------|------------|
| 9.600/8/N/1 | OFF | OFFF |
| 9.200/8/N/1 | OFF | ON |
| 38.400/8/N/1 | ON | OF |

3.6.8 Número de esclavos permitidos

En la tabla 3.15 se detalla un ejemplo de un número de esclavos. Mediante el selector 3, el usuario puede escoger el tipo de topología de comunicación. El equipo se puede configurar como si fuese un esclavo convencional de una red de comunicación o también como su fuera un esclavo dentro de una red multi slave.

Tabla 3.15: Ejemplo de un número de esclavos.

| | | |
|--------------------|--|--------------------|
| TX | NP 0407D0000 CD | |
| RX | NP 0420 02 03 04 05 06 00 00 00 00 00 00 | 00 00 00 00 00 CRC |
| Lista de esclavos | 02,03,04,05,06 | Hexadecimal |
| Conversión decimal | 02,03,04,05,06 | Decimal |

3.6.9 Software PowerStudio

En la Figura 3.16 se ilustra el entorno de Instalación del Software PowerStudio. Es un software potente, sencillo y de entorno amigable, engloban todas las opciones necesarias para el análisis de los datos obtenidos y tomar las decisiones oportunas para visualizar en tiempo real la eficiencia energética en nuestras instalaciones FV. Permite una completa supervisión energética analizadores de redes, contadores, protectores, diferenciales y un completo control de diferentes magnitudes en cualquier campo de aplicación.

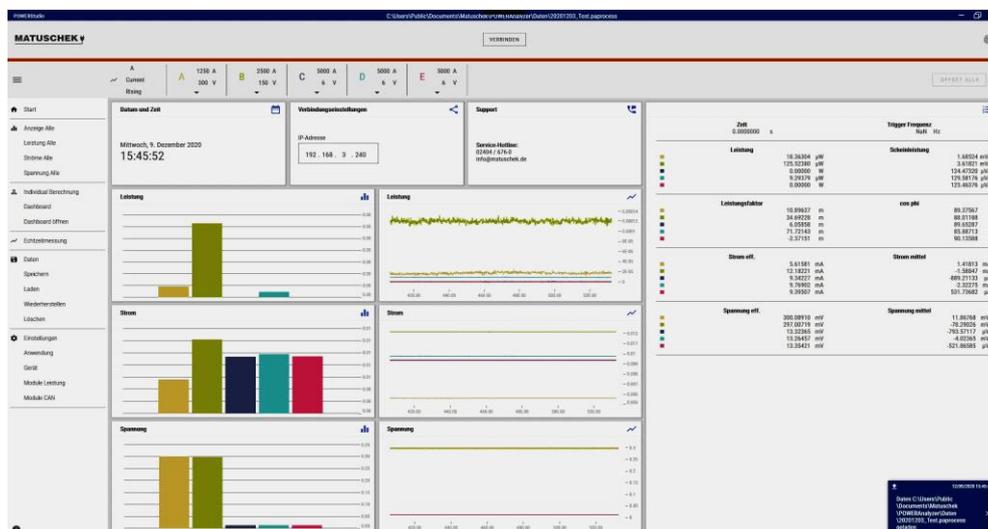


Figura 3.16: Instalación Software PowerStudio

3.6.10 Instalación Software

El PV-Monitor-M es un gestor energético que permite monitorizar instalaciones fotovoltaicas de autoconsumo instantáneo (con o sin inyección a red).

Para conocer, en tiempo real el rendimiento de la instalación, la producción fotovoltaica,

el consumo y almacenar datos historicos para hacer los analisis necesarios. El dispositivo se debe conectarse a un circuito de alimentacion protegido con fusible tipo g1(IEC 269) o tipo M, comprendido entre 1 a 2 A, la alimentacion y de medida de tension se debe conectar con cable de seccion minima 1mm².

Para realizar correctamente la gestión energética de una instalación el PV-Monitor-M necesita asociar con los dispositivos que se detalla en la tabla 3.16.

Tabla 3.16: Relación de equipos necesarios para el sistema PV-Monitor-M.

| Código | Nombre | Descripción |
|---------------|--------------------|---|
| E51001 | CDP-0 | Controlador dinámico de potencia |
| E80005 | TRH16-RS485 | Medidor de tensión y corriente DC multicanal para strings fotovoltaicos |
| M60413 | PSC-12 | Fuente de tensión para sondas MET |
| M80010 | M/TR-25 x2 | Módulo de medida para 2 circuitos de corriente |
| M80011 | M/TR-25 x4 | Módulo de medida para 4 circuitos de corriente |
| EX0095 | MET-485 | Sonda de radiación, temperatura ambiente y temperatura módulos FV |

3.6.11 Relación de Bornes del PV-Monitor-M

La relación de bornes de conexión del equipo PV-Monitor se detalla en la tabla 3.17.

Tabla 3.17: Relación de bornes del PV-Monitor-M.

| Bornes del Equipo | |
|-----------------------------------|--|
| A1: Alimentación Auxiliar. | 21: 1, Salida digital 1 |
| A2: Alimentación Auxiliar. | 20: 2, Salida digital 2 |
| 24: A+, RS-485 | 19: C, Común de las salidas digitales |
| 23: S, GND para RS-485 | Ethernet, Conexión Ethernet |
| 22: B-, RS-485 | |

3.6.12 Comunicación RS-485 PV-Monitor-M

El PV-Monitor-M se comunica con el TRH16 y con la Sonda MET-485 a través del bus RS-485, para que la comunicación entre estos equipos sea correcta se debe configurar lo siguiente: en la tabla 3.18 se detalla sus especificaciones.

Tabla 3.18: Comunicación RS-485 PV-Monitor-M.

| Comunicaciones RS-485 | |
|---------------------------|-----------------------------------|
| Bus de campo | RS-485 |
| Protocolo de comunicación | Modbus RTU |
| Velocidad | 9600-19200-38400-57600-115200 bps |
| Bits de datos | 8 |
| Bits de stop | 1-2 |
| Paridad | Sin |

3.6.13 Comunicaciones Ethernet

La comunicación del sistema de comunicación se realiza mediante la función Ethernet en la tabla 3.19 se detalla las especificaciones.

Tabla 3.19: Comunicaciones Ethernet.

| Comunicaciones Ethernet | |
|-------------------------------------|----------------------------------|
| Tipo | Ethernet 10BaseTX autodetectable |
| Conector | RJ 45 |
| Protocolo | Web server-XML |
| Modo de conexión a Red | DHCP ON/OFF (ON por defecto) |
| Dirección IP secundaria de servicio | 100.0.0.1 |

4 ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

4.1 RESULTADOS

Los resultados obtenidos en este experimento, corresponde a la energía generada por un sistema fotovoltaico móvil frente a un sistema fotovoltaico fijo, fueron analizados tres días con diferentes cambios climáticos tanto en radiación y temperatura a una altitud mayor a 2800 msnm.

En la figura 4.17 se ilustra el entorno de PowerStudio SCADA el cual permitió percibir mediciones de radiación, temperatura ambiente, temperatura del panel solar, voltaje y corriente, para evaluar las mediciones de potencia generada por cada uno de los sistemas de paneles fotovoltaicos.



Figura 4.17: Entorno de PowerStudio SCADA.

4.1.1 Configuración de comunicación con el equipo PV-Monitor-M

En la figura 4.18 se ilustra el icono de configuración realizado para la comunicación con el equipo de gestión energético PV-Monitor-M, la comunicación se realizó a través del bus RS485, las direcciones de configuración que se aplicó para el correcto funcionamiento de los equipos son los siguientes:

- Bus de camp: RS-485
- Protocolo de comunicación: Modbus RTU
- Velocidad: 9600-19200-38400-57600-115200 bps
- Bits de datos: 8
- Bits de stop: 1-2
- Paridad: Sin

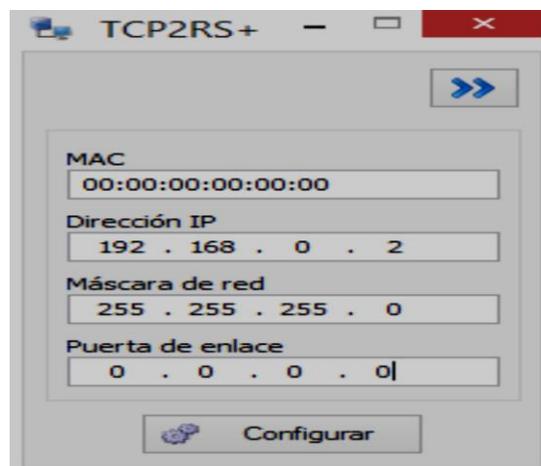


Figura 4.18: Direcciones de comunicación.

4.1.2 Generación de Datos en PowerStudio

En la figura 4.19 se aprecia el entorno para adquisición de datos registrados por los equipos de monitoreo, haciendo el uso de este medio se pudo registrar datos por tres días, los datos obtenidos fueron de radiación, temperatura ambiente, corriente y voltaje.

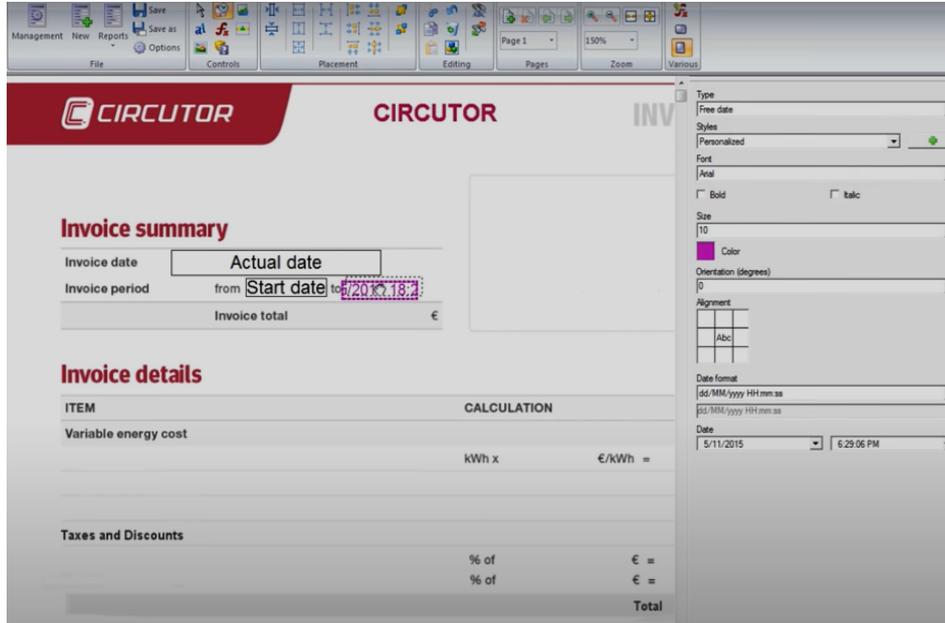


Figura 4.19: Entorno de adquisición de datos PowerStudio.

4.1.3 Ecuación para el cálculo de la potencia energética

La ecuación (4.6) se utilizó para evaluar la medición de la potencia generada por cada uno de los sistemas de paneles fotovoltaicos.

$$P = V * I$$

Donde:

P = Potencia eléctrica (W).

V = Voltaje (V).

I = Corriente eléctrica (A).

Mientras que para determinar la eficiencia energética se hace uso de la ecuación (2.3) mencionado anteriormente:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Resultado}}{\text{Entrada total de energía}} * 100\%$$

Donde

Resultado = Potencia generada por el panel fotovoltaico (W)

Entrada total de energía = Potencia máxima del panel fotovoltaico (W)

4.1.4 Análisis de resultados de potencia

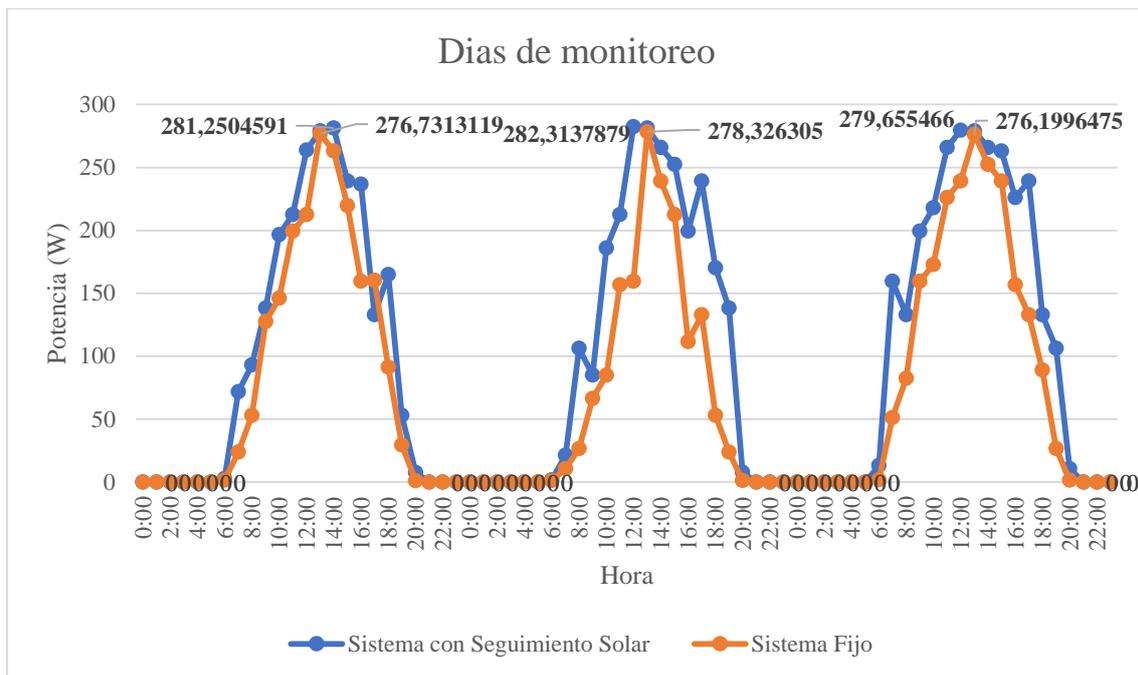


Figura 4.20: Potencia generada durante un periodo de tres días.

La potencia generada en los sistemas fotovoltaicos durante un periodo de tres días de toma de información, se muestra en la figura 4.20 con la cantidad de potencia obtenida por los sistemas fotovoltaicos, como el cambio de radiación generada durante el día es distinta permite obtener diferentes potencias eléctricas según el tipo de sistema de paneles, mientras que ambos sistemas obtienen una potencia diferente existe un punto en el que los dos son similares.

El día 22 de agosto del 2022, el sistema con seguimiento solar obtiene una potencia promedio de 281,25 W, mientras que el sistema fijo generó un promedio de 276,73 W, como se muestra en la tabla 4.20 obteniendo un 1,60 % de eficiencia sobre el sistema fijo.

Tabla 4.20: Adquisición de datos del día 22 de agosto del 2022

| Hora | Energía panel Móvil | Energía panel Estático |
|-------------|----------------------------|-------------------------------|
| | [W/h] | [W/h] |
| 0:00 | 0 | 0 |
| 1:00 | 0 | 0 |
| 2:00 | 0 | 0 |
| 3:00 | 0 | 0 |
| 4:00 | 0 | 0 |
| 5:00 | 0 | 0 |
| 6:00 | 2,924154112 | 1,594993152 |
| 7:00 | 71,77469184 | 23,92489728 |
| 8:00 | 93,0412672 | 53,1664384 |
| 9:00 | 138,2327398 | 127,5994522 |
| 10:00 | 196,7158221 | 146,2077056 |
| 11:00 | 212,6657536 | 199,374144 |
| 12:00 | 263,7055345 | 212,6657536 |
| 13:00 | 279,1238016 | 276,7313119 |
| 14:00 | 281,2504591 | 263,1738701 |
| 15:00 | 239,2489728 | 219,5773906 |
| 16:00 | 236,5906509 | 159,4993152 |
| 17:00 | 132,916096 | 160,2968118 |
| 18:00 | 164,815959 | 91,44627405 |
| 19:00 | 53,1664384 | 29,50737331 |
| 20:00 | 7,709133568 | 1,063328768 |
| 21:00 | 0 | 0 |
| 22:00 | 0 | 0 |
| 23:00 | 0 | 0 |

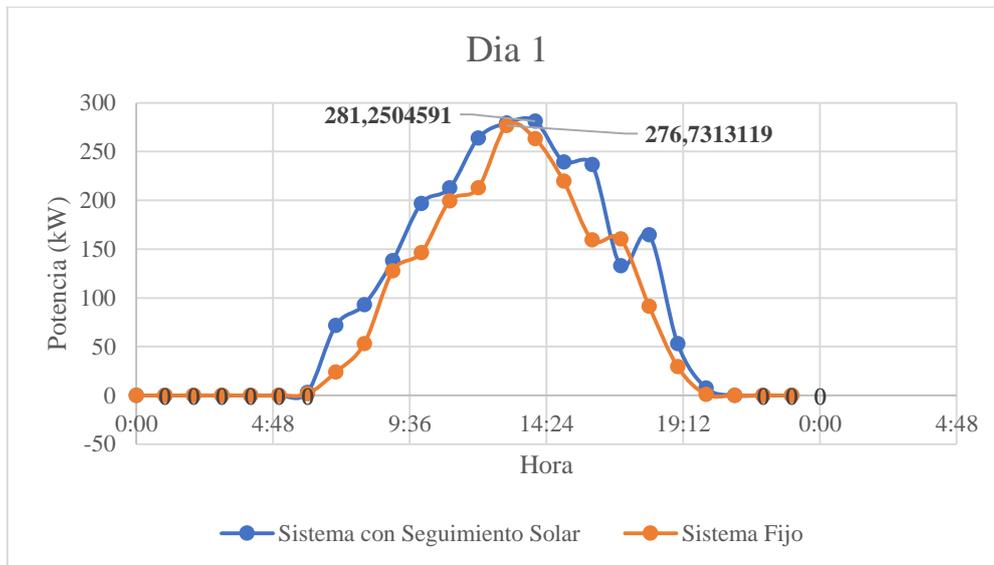


Figura 4.21: Potencia generada el 22 de agosto del 2022.

Mientras que el día 23 de agosto del 2022, el sistema con seguimiento solar obtiene una potencia promedio de 282,31 W, mientras que el sistema fijo generó un promedio de 278,32 W, como se muestra en la tabla 4.21 obteniendo un 1,41 % de eficiencia sobre el sistema fijo como se muestra en la figura 4.22.

Tabla 4.21: Tabla de adquisición de datos del día 23 de agosto del 2022

| Hora | Energía panel Móvil [W/h] | Energía panel Fijo [W/h] |
|-------|---------------------------|--------------------------|
| 0:00 | 0 | 0 |
| 1:00 | 0 | 0 |
| 2:00 | 0 | 0 |
| 3:00 | 0 | 0 |
| 4:00 | 0 | 0 |
| 5:00 | 0 | 0 |
| 6:00 | 1,860825344 | 1,32916096 |
| 7:00 | 21,26657536 | 10,63328768 |
| 8:00 | 106,3328768 | 26,5832192 |
| 9:00 | 85,06630144 | 66,458048 |
| 10:00 | 186,0825344 | 85,06630144 |
| 11:00 | 212,6657536 | 156,8409933 |
| 12:00 | 282,3137879 | 159,4993152 |
| 13:00 | 281,2504591 | 278,326305 |
| 14:00 | 265,832192 | 239,2489728 |
| 15:00 | 252,5405824 | 212,6657536 |
| 16:00 | 199,374144 | 111,6495206 |
| 17:00 | 239,2489728 | 132,916096 |

| | | |
|-------|-------------|-------------|
| 18:00 | 170,1326029 | 53,1664384 |
| 19:00 | 138,2327398 | 23,92489728 |
| 20:00 | 7,97496576 | 1,32916096 |
| 21:00 | 0 | 0 |
| 22:00 | 0 | 0 |
| 23:00 | 0 | 0 |

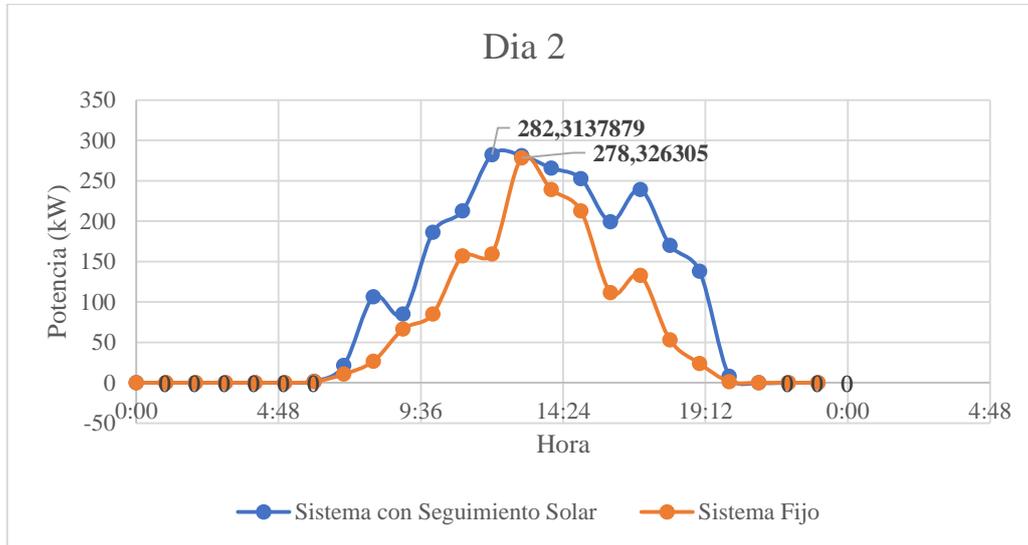


Figura 4.22: Potencia generada el 23 de agosto del 2022.

Y finalmente el día 24 de agosto del 2022, el sistema con seguimiento solar obtiene una potencia promedio de 279,65 W, mientras que el sistema fijo generó un promedio de 276,19 W, como se muestra en la tabla 4.22 obteniendo un 1,23 % de eficiencia sobre el sistema fijo como se muestra en la figura 4.23.

Tabla 4.22: Adquisición de datos del día 24 de agosto del 2022

| Hora | Energía panel móvil [W/h] | Energía panel fijo [W/h] |
|-------|------------------------------|-----------------------------|
| 0:00 | 0 | 0 |
| 1:00 | 0 | 0 |
| 2:00 | 0 | 0 |
| 3:00 | 0 | 0 |
| 4:00 | 0 | 0 |
| 5:00 | 0 | 0 |
| 6:00 | 13,2916096 | 1,860825344 |
| 7:00 | 159,4993152 | 51,30561306 |
| 8:00 | 132,916096 | 82,40797952 |
| 9:00 | 199,374144 | 159,4993152 |
| 10:00 | 217,9823974 | 172,7909248 |
| 11:00 | 265,832192 | 225,9573632 |

| | | |
|-------|-------------|-------------|
| 12:00 | 279,655466 | 239,2489728 |
| 13:00 | 279,1238016 | 276,1996475 |
| 14:00 | 265,832192 | 252,5405824 |
| 15:00 | 263,1738701 | 239,2489728 |
| 16:00 | 225,9573632 | 156,8409933 |
| 17:00 | 239,2489728 | 132,916096 |
| 18:00 | 132,916096 | 89,05378432 |
| 19:00 | 106,3328768 | 26,5832192 |
| 20:00 | 10,63328768 | 1,594993152 |
| 21:00 | 0 | 0 |
| 22:00 | 0 | 0 |
| 23:00 | 0 | 0 |

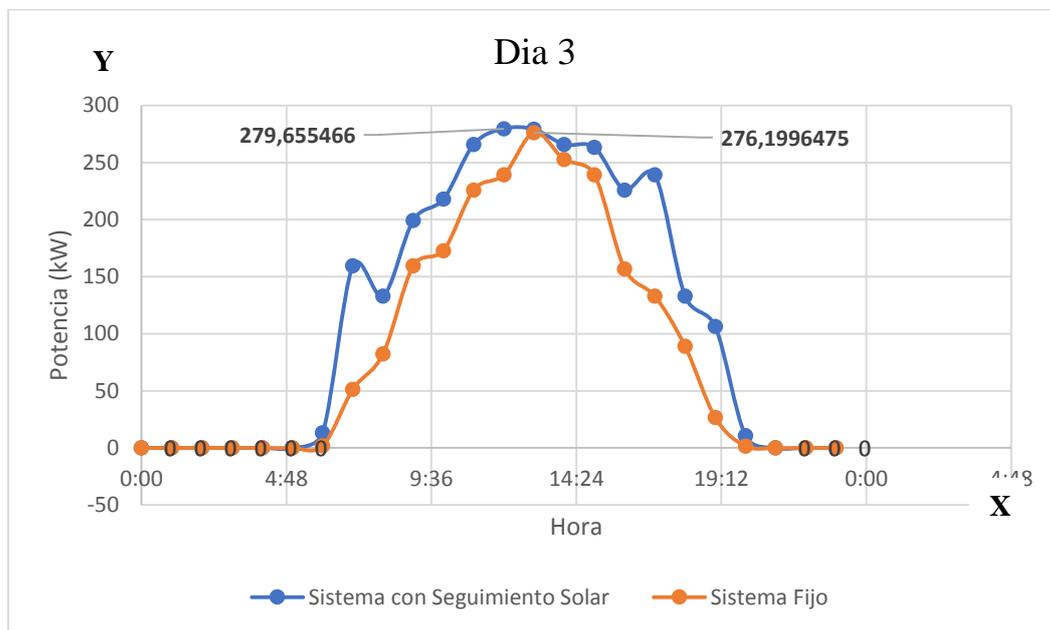


Figura 4.23: Potencia generada el 24 de agosto del 2022.

Lo anterior comprueba, que, durante el análisis de resultados, el sistema con seguimiento solar logró generar mayor energía que el sistema fijo. Indiferentemente de la hora y la cantidad de radiación el sistema con seguimiento solar permite obtener una mayor eficiencia eléctrica. El sistema de paneles fotovoltaicos con seguimiento solar hace que su eficiencia promedio sea de un 1,41 %, mayor que un sistema fijo, en un día con una alta radiación solar incidente.

4.1.5 Análisis de resultados de temperatura

La variación térmica que existió durante este periodo de tres días presenta cambios según la variación de la radiación solar. Los registros de temperatura obtenidos durante tres días de monitoreo nos permitió evaluar la variación de temperatura los resultados obtenidos

son: el día 22 de agosto del 2022, existió bajas en la temperatura promedio de (26,1°C) hasta (26,6 °C) mientras que los días 23 y 24 del mismo mes y año, existió incremento de temperatura en un rango de (27,3 °C) hasta (28,7 °C), como se muestra en la tabla 4.23 por lo cual se determinó que en el segundo y tercer día existió un incremento en la temperatura promedio como se muestra en la figura 4.24.

Tabla 4.23: Datos de las temperaturas tomadas por tres días

| Hora | Temperatura (°C) Día 22/08/2022 | Temperatura (°C) Día 23/08/2022 | Temperatura (°C) Día 24/08/2022 |
|-------------|--|--|--|
| 0:00 | 11 | 12 | 10 |
| 1:00 | 10 | 11 | 9 |
| 2:00 | 8 | 10 | 8 |
| 3:00 | 7 | 8 | 5 |
| 4:00 | 6 | 6 | 4 |
| 5:00 | 6 | 6 | 3 |
| 6:00 | 6 | 7 | 5 |
| 7:00 | 10 | 8 | 8 |
| 8:00 | 15,7 | 16,4 | 12 |
| 9:00 | 18,4 | 18,9 | 15 |
| 10:00 | 20,9 | 19,8 | 22 |
| 11:00 | 21,8 | 22,4 | 23,4 |
| 12:00 | 23,2 | 24 | 24,2 |
| 13:00 | 24,6 | 24,8 | 27,9 |
| 14:00 | 26,1 | 24 | 24,4 |
| 15:00 | 25,8 | 27,3 | 28,1 |
| 16:00 | 26,6 | 28,3 | 28,7 |
| 17:00 | 25,7 | 20 | 27,9 |
| 18:00 | 24,7 | 18 | 26,8 |
| 19:00 | 23,6 | 17 | 18 |
| 20:00 | 21,1 | 14 | 17 |
| 21:00 | 15 | 13 | 12 |
| 22:00 | 14 | 12 | 10 |
| 23:00 | 13 | 11 | 10 |

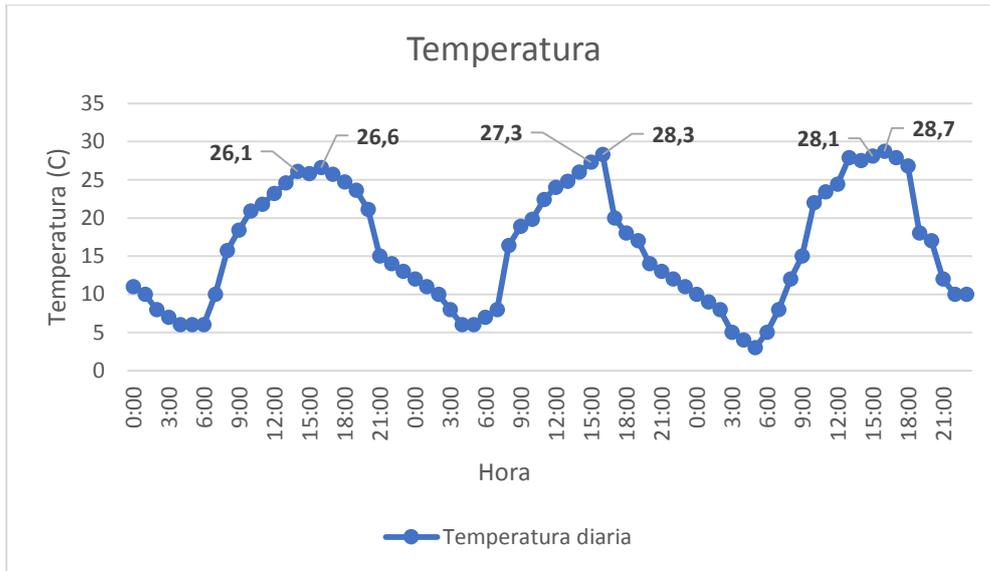


Figura 4.24: Variación térmica.

4.1.6 Análisis de resultados de eficiencia

La eficiencia energética obtenida el día 22 de agosto de 2022, se observa que el sistema con seguimiento solar obtuvo una mayor cantidad de potencia eléctrica en la parte de la mañana comprendida entre las 6:00 a 11:30 am y también en la tarde durante las 13:30 hasta las 18:00, obteniendo una eficiencia de 1,60 % sobre el sistema fijo como se muestra en la tabla 4.24. Mientras que durante las 11:30 hasta las 13:30 la eficiencia es similar para ambos sistemas debido a que los dos reciben la misma cantidad de radiación como se muestra en la figura 4.25. En cuanto a la eficiencia promedio generada ese día, el sistema con seguimiento solar registró 64,5 % mientras que el sistema fijo consiguió 55 % de promedio.

Tabla 4.24: Tabla de comparación de eficiencias generadas el día 22 de agosto del 2022.

| Hora | Eficiencia (%) Sistema móvil día 22/08/2022 | Eficiencia (%) Sistema fijo día 22/08/2022 |
|-------|---|--|
| 6:00 | 0,6758034 | 0,31700288 |
| 7:00 | 16,5879017 | 4,75504323 |
| 8:00 | 21,5028355 | 10,5667627 |
| 9:00 | 31,9470699 | 25,3602305 |
| 10:00 | 45,463138 | 29,0585975 |
| 11:00 | 49,1493384 | 39,6253602 |
| 12:00 | 60,9451796 | 42,2670509 |
| 13:00 | 64,5085066 | 55 |
| 14:00 | 65 | 52,3054755 |

| | | |
|-------|------------|------------|
| 15:00 | 55,2930057 | 43,6407301 |
| 16:00 | 54,6786389 | 31,7002882 |
| 17:00 | 30,7183365 | 31,8587896 |
| 18:00 | 38,0907372 | 18,1748319 |
| 19:00 | 12,2873346 | 5,86455331 |
| 20:00 | 1,78166352 | 0,21133525 |

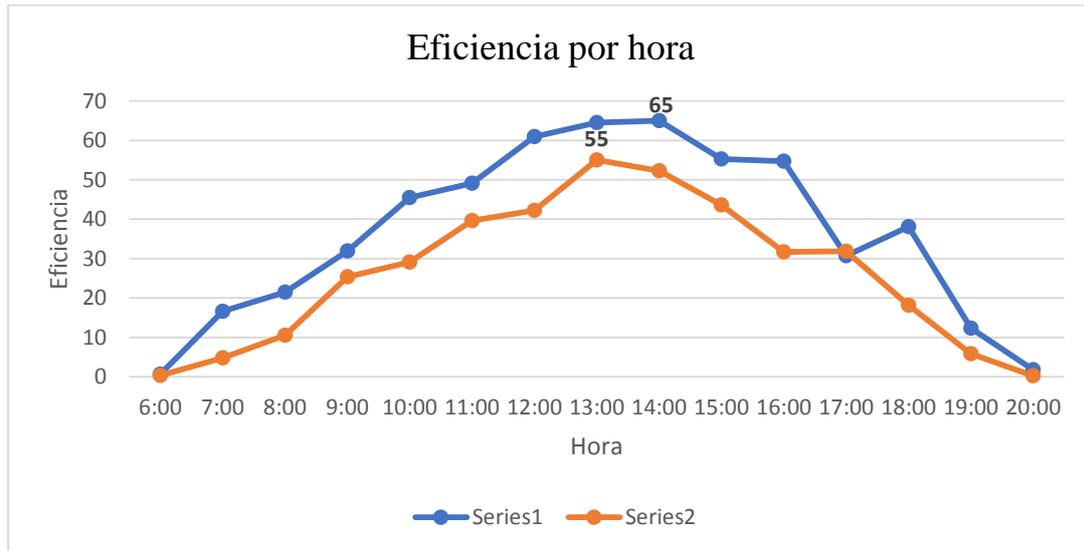


Figura 4.25: Eficiencia generada el 22 de agosto de 2022.

La eficiencia energética obtenida el día 23 de agosto del 2022, se identifica que los sistemas siguen el mismo rango de valores por lo que el sistema con seguimiento solar obtuvo una mayor cantidad de potencia eléctrica sobre el sistema fijo como se muestra en la tabla 4.25 y en el mismo periodo de horas como se muestra en la figura 4.26. En cuanto a la eficiencia promedio generada ese día, el sistema con seguimiento solar registró 65 % mientras que el sistema fijo consiguió 55 % de promedio.

Tabla 4.25: Comparación de eficiencias generadas en el segundo día.

| Hora | Eficiencia (%) Sistema móvil día 23/08/2022 | Eficiencia (%) Sistema móvil día 23/08/2022 2 |
|-------|---|---|
| 6:00 | 0,42843691 | 0,26265521 |
| 7:00 | 4,89642185 | 2,10124164 |
| 8:00 | 24,4821092 | 5,25310411 |
| 9:00 | 19,5856874 | 13,1327603 |
| 10:00 | 42,8436911 | 16,8099331 |
| 11:00 | 48,9642185 | 30,9933142 |
| 12:00 | 65 | 31,5186246 |
| 13:00 | 64,7551789 | 55 |
| 14:00 | 61,2052731 | 47,277937 |
| 15:00 | 58,1450094 | 42,0248329 |

| | | |
|-------|------------|------------|
| 16:00 | 45,9039548 | 22,0630372 |
| 17:00 | 55,0847458 | 26,2655205 |
| 18:00 | 39,1713748 | 10,5062082 |
| 19:00 | 31,826742 | 4,7277937 |
| 20:00 | 1,83615819 | 0,26265521 |

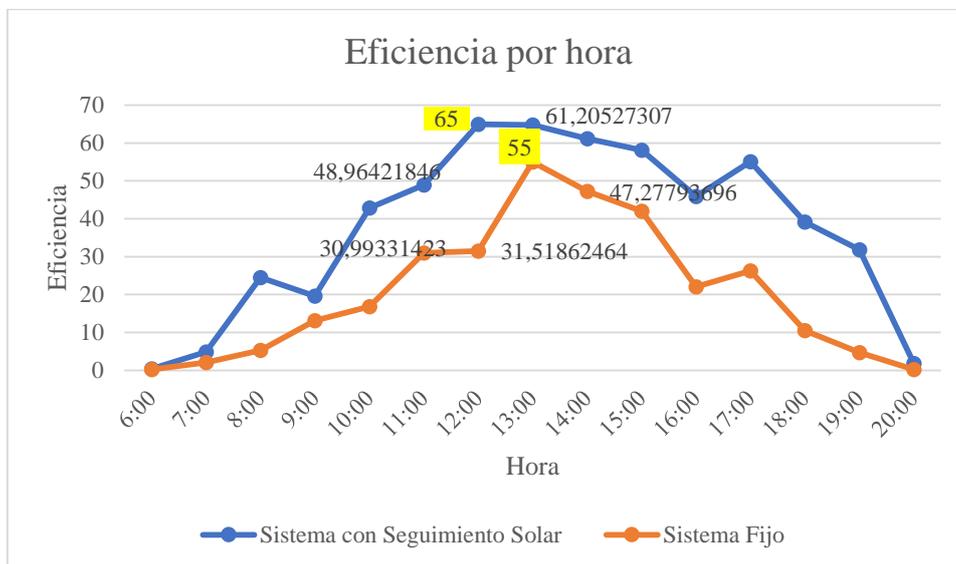


Figura 4.26: Eficiencia generada el 23 de agosto de 2022.

Y finalmente la eficiencia obtenida el día 24 de agosto del 2022 genera un pequeño cambio en el sistema con seguimiento sobre el sistema fijo como se muestra en la tabla 4.26, esto debido a que se produce nubosidad y el sistema no captó la misma cantidad de radiación durante el periodo de 6:00 a 11:30 am y a continuación los rangos de eficiencia se mantienen como se muestra en la figura 4.27. En cuanto a la eficiencia promedio generada ese día, el sistema con seguimiento solar registró 65 % mientras que el sistema fijo consiguió 55 % de promedio.

Tabla 4.26: Comparación de eficiencias generadas en el tercer día.

| Hora | Eficiencia (%) Sistema móvil día 22/08/2022 | Eficiencia (%) Sistema móvil día 23/08/2022 |
|-------|---|---|
| 6:00 | 3,08935361 | 0,3705486 |
| 7:00 | 37,0722433 | 10,2165544 |
| 8:00 | 30,8935361 | 16,4100096 |
| 9:00 | 46,3403042 | 31,761309 |
| 10:00 | 50,6653992 | 34,4080847 |
| 11:00 | 61,7870722 | 44,9951877 |
| 12:00 | 65 | 47,6419634 |
| 13:00 | 64,8764259 | 55 |
| 14:00 | 61,7870722 | 50,2887392 |
| 15:00 | 61,1692015 | 47,6419634 |

| | | |
|-------|------------|------------|
| 16:00 | 52,5190114 | 31,2319538 |
| 17:00 | 55,608365 | 26,4677575 |
| 18:00 | 30,8935361 | 17,7333975 |
| 19:00 | 24,7148289 | 5,29355149 |
| 20:00 | 2,47148289 | 0,31761309 |

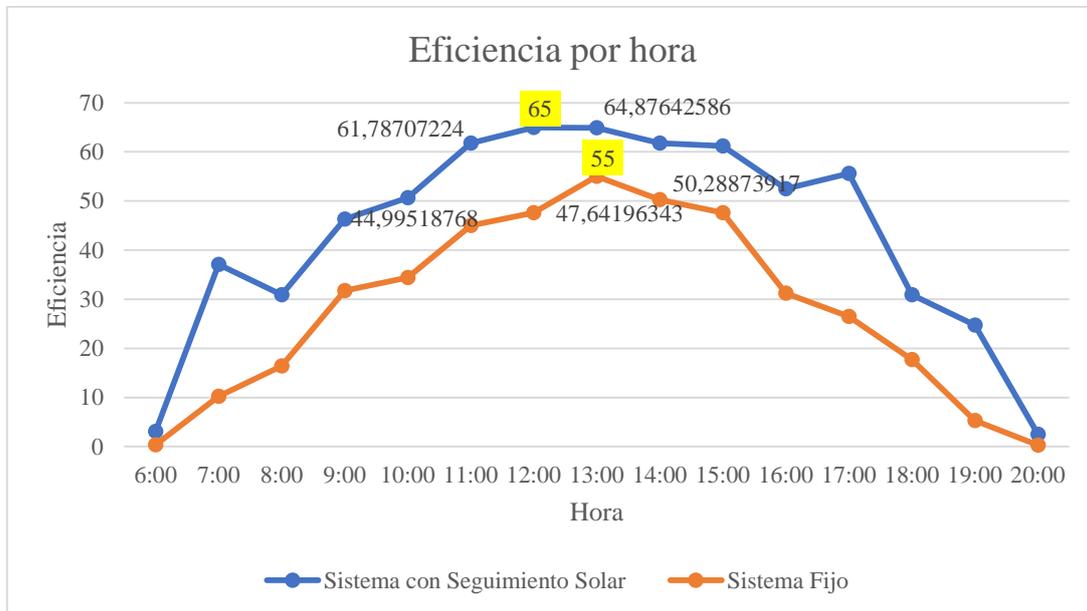


Figura 4.27: Eficiencia generada el 24 de agosto de 2022.

Después de haber realizado las comparaciones necesarias, se determinó que el sistema con seguimiento solar es más eficiente en relación al sistema fijo, la diferencia de eficiencia generada, demuestra que el sistema con seguimiento solar es más eficiente en un 10% en relación al sistema fijo.

4.2 PRESUPUESTO

4.2.1 Costos Directos

Para identificar los costos directos de nuestro proyecto necesitamos tener claro que esto hace referencia a productos, servicios en el caso de nosotros los costos directos son los equipos y materiales eléctricos que se usó para la implementación del sistema de monitoreo como se puede observar en la Tabla 4.27 en la que muestra los elementos eléctricos usados para la implementación de un sistema para obtener la energía producida por una estación fotovoltaica móvil con una estacionaria.

Tabla 4.27: Costos directos del sistema de monitoreo.

| COSTOS DIRECTOS | | | | |
|--|-----------------|---------------|------------------------|-------------------|
| ELEMENTO | CANTIDAD | UNIDAD | PRECIO (S/UNID) | COSTO (\$) |
| Gestor energético PV-MONITOR-M | 1 | C/u | 1.380,17 | 1.380,17 |
| Sensor MET-485 | 1 | C/u | 633.3 | 633.3 |
| Conductores eléctricos flexible 18 awg | 30 | C/u | 1 | 30.00 |
| Cable de comunicación modbus rs485 | 1 | C/u | 13,00 | 13,00 |
| TOTAL | | | | 2.056.47 |

4.2.2 Costos Indirectos

Los costos indirectos ha sido necesario comprender que estos están relacionados al proceso de implementación ayudando a la obtención del producto final, en la tabla 4.28, se describe lo mencionado.

Tabla 4.28: Costos indirectos del sistema de monitoreo.

| COSTOS INDIRECTOS | | |
|--------------------------|-------------------------|---------------|
| ITEMS | DESCRIPCION | VALOR |
| 1 | Alimentación | 70,50 |
| 2 | Transporte | 120,00 |
| 3 | Imprevistos | 80,00 |
| 4 | Impresiones y anillados | 90,00 |
| TOTAL | | 360,50 |

La mano de obra directa está presupuestada por los encargados del proyecto en tal razón la suma parcial tiene una valoración de cero. Finalmente, el costo entre las dos categorías solventa la propuesta tecnológica como se muestra en la tabla 4.29.

Tabla 4.29: Costo total del sistema de monitoreo.

| COSTO TOTAL DEL PROYECTO | | |
|---------------------------------|--------------------|-----------------|
| ITEMS | DESCRIPCION | VALOR |
| 1 | Costos directos | 2.056,47 |
| 2 | Costos indirectos | 360,50 |
| Total | | 2.416,97 |

El presupuesto de la presente propuesta tecnológica haciende a la cantidad de DOS MIL

CUATROCIENTOS DIEZ Y SEIS CON NOCENTA Y SIETE CENTAVOS; fondos financiados por los tesistas.

4.3 IMPACTOS

4.3.1 Impacto Social

La implementación de un sistema para obtener la energía producida por una estación fotovoltaica móvil con una estacionaria a fin de determinar la eficiencia de éstas. Proporciona beneficios sociales debido a que contribuye con el avance tecnológico de energías renovables ayudando a promocionar energía eléctrica en lugares donde no existe redes eléctricas. Los aspectos sociales son condiciones que ayuden al desarrollo de cualquier país. En este sentido el sistema de monitoreo parte de los sistemas de energías renovables pueden aportar los siguientes beneficios: oportunidades de trabajo, emprendimientos monitoreo y control de radiación temperatura (voltaje y corriente). Esta propuesta tecnológica optimiza el desarrollo de las energías fotovoltaicas para mejorar la calidad de vida en la sociedad, seguridad y confort.

4.3.2 Impacto Tecnológico

La implementación de un sistema para obtener la energía producida por una estación fotovoltaica móvil con una estacionaria a fin de determinar la eficiencia de éstas, tiene un gran impacto tecnológico debido a que se podrá tener una red de conectividad y comunicación entre los equipos de nivel industrial y tecnológicos que ayudan a obtener registro de datos con precisión, así como equipos TR/M-25, TRH16-RS485, SENSOR MET485, PV-Monitor-M implementados en los sistemas fotovoltaicos será un medio para obtener los datos y visualizar las curvas de operación de los módulos solares, como profesionales en una área técnica, ayuda en un futuro estar preparados para diseñar, operar y dominar el uso de la metrología con dispositivos instrumentales en plantas fotovoltaicas que permita validar la operatividad de los sistemas fotovoltaicos. La tecnología fotovoltaica en la actualidad es competitiva en términos de mejora, costos, reducción de contaminación y aprovechamiento del recurso solar, se están desplegando a gran escala en todo el mundo con el fin de ayudar a alimentar a la red eléctrica, poseer de competencia en este campo genera grandes oportunidades tecnológicas como, la capacidad eléctrica para alimentar una vivienda, capacidad energética para impulsar el uso de vehículo

eléctricos. Entonces como la energía solar es variable al igual que la irradiación varia significativamente de acuerdo a la ubicación geográfica, es fundamental disponer de un sistema tecnológico de monitoreo y control permanente de la producción energética en los sistemas fotovoltaicos.

4.3.3 Impacto Ambiental

La implementación de un sistema para obtener la energía producida por una estación fotovoltaica móvil con una estacionaria a fin de determinar la eficiencia de éstas, ha contribuido a mejorar el impacto ambiental, esto se ha logrado gracias al monitoreo de los módulos solares, con equipos analizadores y monitoreo de los parámetros eléctricos como: corriente, voltaje, radiación, temperatura ambiente y temperatura de los módulos solares, permitiendo la reducción de los gases de dióxido de carbono, así se aportara a la concientización de la comunidad sobre el buen aprovechamiento de los recursos naturales. Los proyectos con uso de energías renovables son viables para aprovechar el potencial energético del sol, siempre y cuando haya un sistema adecuado para registrar y monitorear los parámetros eléctricos como, corriente, voltaje, radiación, temperatura ambiente y temperatura de las células FV, con lo cual se podrá aprovechar al máximo la generación de energía durante su operatividad. Conjuntamente con plantas fotovoltaicas bien estructuradas que posean sistemas de registro de datos y monitoreo de parámetros como radiación, temperatura, corriente y voltaje se podrá mantener los recursos naturales y mitigar el efecto invernadero, reduciendo la contaminación ambiental mediante el buen aprovechamiento de las fuentes de energías renovables.

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- ✓ Con el levantamiento de información registrado a partir de tres días de monitoreo se pudo evidenciar tres potencias diferentes generadas por cada sistema fotovoltaico, en el sistema móvil se obtuvo el día 1 (281,25W), día 2 (282,31W), día 3(279,65W), mientras que el sistema fijo se obtuvo, día 1(276,73W), día 2 (278,323W), día 3 (276,19W), al obtener estas potencias en los dos sistemas se pudo comprobar que el sistema móvil genero mayor potencia en relación al sistema fijo.
- ✓ Los registros de temperatura obtenidos durante tres días de monitoreo nos permitió evaluar la variación de temperatura los resultados obtenidos son: el día 22 de agosto del 2022, existió bajas en la temperatura promedio de (26,1°C) hasta (26,6 °C) mientras que los días 23 y 24 del mismo mes y año, existió incremento de temperatura en un rango de (27,3 °C) hasta (28,7 °C) por lo cual se determinó que en el segundo y tercer día existió un incremento en la temperatura promedio.
- ✓ En la eficiencia energética obtenida por tres días de monitoreo, se pudo comparar que en el primer día en el horario de 6:00 a 11:00 am, y en la tarde durante las 13:30 hasta 18:00 pm, se obtuvo una eficiencia de 1,60 % sobre el sistema fijo, en cuanto a la eficiencia promedio generada el día dos el sistema móvil registro 65 % mientras que el sistema fijo consiguió 55 % de promedio de eficiencia generada, finalmente el tercer día existió nubosidad en el periodo de 6:00 a 11:30 am en cuanto a la eficiencia promedio de ese día el sistema móvil, registro 65 % mientras sistema fijo consiguió 55 % de promedio, con este análisis se determinó que el sistema móvil genera mayor eficiencia energética en comparación al sistema fijo.

5.2 RECOMENDACIONES

- ✓ Para futuros análisis de monitoreo de la estación fotovoltaica se recomienda tener una mejor conexión de red de esta manera se logrará obtener datos de mejor manera con respecto a la producción eléctrica.
- ✓ El desajuste de temperatura y agentes externos hace que los paneles solares se vayan deteriorando con esto puede surgir fallas al momento de operación es recomendable monitorizar semanal o mensualmente el estado y comportamiento de estos sistemas fotovoltaicos por ende nuestros dispositivos de monitoreo son fundamentales para este tipo de fallos mejorando el rendimiento y cuidado de la planta en general.
- ✓ Es importante tener en cuenta que el sistema de monitoreo necesita de un buen manejo y control para su mejor desempeño ya que el aumento de temperatura de funcionamiento provoca principalmente caídas de tensión en los terminales del módulo la radiación solar dependerá de los ángulos reflectores pasar un mejor consumo es por eso que se realizó pruebas de comportamiento determinando la eficiencia de energía que atraviesan en estos sistemas.

6 BIBLIOGRAFÍA

- [1] B. T. D. J. Rodolfo, “Aprovechamiento De Los Recursos Solar Y Eolico Para Suministrar Energia Electrica Al Caserio Sandoval Y Vallejo Del Distrito De Motupe - Lambayeque”, Lambayeque – Perú: Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”, FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA, 2019.
- [2] J. A. P. Plaza, Evolución Tecnológica Fotovoltaica En Ecuador Respecto A Latinoamérica En La Última Década, Guayaquil- Ecuador: República Del Ecuador; Universidad Tecnológica Empresarial De Guayaquil, 2018.
- [3] J. M. Chicaiza Ugsha, “Obtención Del Factor De Planta Mediante Evaluación Del Potencial De Energía Eólica Y Solar Proporcionada Por Una Central Hibrida Ubicada En El Cantón Latacunga Provincia De Cotopaxi”, Latacunga – Ecuador: Universidad Técnica De Cotopaxi, Facultad De Ciencias De La Ingeniería Y Aplicadas, Ingeniería Electromecánica, 2019.
- [4] E. Gómez Dávalos, Evaluación Del Desempeño De Una Instalación Solar Fotovoltaica De Paneles Mono Cristalino En El Área Metropolitana De Monterrey NL, San Nicolás De Los Garza, Nuevo León: Universidad Autónoma De Nuevo León, Facultad De Ingeniería Mecánica Y Eléctrica, 2018.
- [5] L. J. Chasi Toapanta Y F. R. Pilatasig Ugsha, Implementación De Un Sistema Para Caracterización De Los Parámetros De Corriente-Voltaje Y Potencia-Voltaje En Paneles Fotovoltaicos, Latacunga – Ecuador: Universidad Técnica De Cotopaxi, Facultad De Ciencias De La Ingeniería Y Aplicadas, Ingeniería Electromecánica, 2022.
- [6] M. I. A. Fundora, L. R. R. García Fernández y D. G. Reina, «Desarrollo de un sistema para la medición de la eficiencia energética de celdas solares,» *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, vol. Vol. 28, nº No. 1, pp. 1-2, 2019.
- [7] R. Salido Vallejo, J. C. Moreno Giménez y G. Garnacho Saucedo, «Asociación Española de Pediatría,» 06 Junio 2020. [En línea]. Available: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1695403320301661?token=9F4BF7DDEA18B8B8FBA51E81E2868005F85B869889F62F6E76853DAA539298AFED732C1EAAD4914E19F40F980E6B4E44&originRegion=us-east-1&originCreation=20220624231239>.
- [8] L. Quiñones , M. Barrena, W. Gosgot , R. Salas y M. Milla, «Universidad Nacional de Trujillo,» 02 Diciembre 2019. [En línea]. Available: <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/SSMM/article/view/2639/2657>.
- [9] . E. A. Rodríguez Cárcamo, «UNIVERSIDAD DE CHILE,» 2020. [En línea]. Available: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/177976>.
- [10] M. Pareja Aparicio, Radiación solar y su aprovechamiento energético, Barcelona(España): 2010 MARCOMBO S.A.
- [11] Y. A. Muñoz Maldonado, Yecid Alfons, G. D. cebedo Roncanci y J. D. Santamaría Saavedra, «Dialnet,» Junio 2019. [En línea]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/autor?codigo=4868804#ArticulosRevistas>.
- [12] L. Rodríguez Urrego, L. Cobo, G. M. Martínez y M. Valderrama Mendoza, «Dialnet,» 2019. [En línea]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/autor?codigo=4729445>.
- [13] Ciencia, «Energía solar,» 29 Junio 2022. [En línea]. Available: <https://www.significados.com/energia-solar/>.
- [14] Y. A. Mestre Maestre, «Universidad Antonio Nariño,» 2022. [En línea]. Available: http://repositorio.uan.edu.co/bitstream/123456789/6602/1/2022_YeisonAlfonsoMestreMaestre.pdf.
- [15] MisiónPlaneta, «MisiónPlaneta,» 2022. [En línea]. Available: <https://misionplaneta.org/sistema-fotovoltaico/>.
- [16] L. H. Martínez Ruiz y C. F. Leidy Maritza, «Unidades Tecnológicas De Santander,» Noviembre 2019. [En línea]. Available:

<http://repositorio.uts.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/7007>.

- [17] . F. D. Criollo Espantoso, «Universidad Católica de Santiago de Guayaquil,» 2022 Marzo 2022. [En línea]. Available: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/17882>.
- [18] AulaFacil, «AulaFacil,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.aulafacil.com/cursos/medio-ambiente/energia-solar-fotovoltaica/celdas-celulas-y-paneles-fotovoltaicos-137003>.
- [19] F. D. Criollo Espantoso, «UNIVERSIDAD CATÓLICA,» 15 Marzo 2022. [En línea]. Available: <http://201.159.223.180/bitstream/3317/17882/1/T-UCSG-POS-MELE-3.pdf>.
- [20] IDEAM, [En línea]. Available: <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/caracteristicas-de-la-radiacion-solar>.
- [21] S. Eliseo, «Eliseo Sebastian,» 28 Julio 2022. [En línea]. Available: <https://eliseosebastian.com/ejemplos-calculer-eficiencia-de-paneles-fotovoltaicos/>.
- [22] ADMIN, «EFIMARKET,» 01 Marzo 2018. [En línea]. Available: https://www.efimarket.com/blog/la-hora-solar-pico-hsp-sirve-calcularlo/#Que_es_la_Hora_Solar_Pico_HSP. [Último acceso: 01 Julio 2022].
- [23] C. O. B. Avila Y A. M. C. Solis, Modelación Del Sistema Fotovoltaico Conectado A La Red Eléctrica En La Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Cuenca-Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Carrera De Ingeniería Eléctrica, 2019.
- [24] J. J. J. JORNET, «SolarPark,» 17 Mayo 2018. [En línea]. Available: <https://solarplak.es/content/politica-de-privacidad.html>. [Último acceso: 02 Julio 2022].
- [25] J. A. P. López, A. L. Soto, F. B. Ramos y B. G. Flores, «Comparativa de la eficiencia entre un sistema fotovoltaico con seguimiento solar y un sistema fotovoltaico fijo,» *Ciba*, vol. Vol. 7, n° Núm. 13, p. 13, 2018.
- [26] L. W. S. Pérez, Estudio Comparativo Entre Un Panel Fotovoltaico Fijo Y Móvil De 50w Policristalino Y Su Incidencia En La Captación De Energía Solar En La Ciudad De Ambato, Ambato-Ecuador: Universidad Técnica De Ambato, Facultad De Ingeniería Civil Y Mecánica, Carrera De Ingeniería Mecánica, Modalidad: Presencial, 2016.
- [27] B. M. N. M. Astete, “Estudio Del Efecto De La Temperatura Y El Lugar De Operación En La Eficiencia Energética De Los Paneles Fotovoltaicos”, Huancayo –: Universidad Nacional Del Centro Del Perú, Facultad De Ingeniería Eléctrica Y Electrónica, Escuela Profesional De Ingeniería Eléctrica, 2021.
- [28] R. Serrano, « TRITEC-INTERVENTO,» tritec-intervento.cl, 11 Julio 2020. [En línea]. Available: <https://tritec-intervento.cl/eficiencia-del-panel-solar-parte-i/>. [Último acceso: 24 Agosto 2022].
- [29] S. Torres Pacheco, F. Jurado Pérez, D. Granados Lieberman y A. Lozano Luna, «Eficiencia en paneles solares,» *Revista del Diseño Innovativo*, vol. 2, n° 2, p. 8, 2018.
- [30] Atersa Shop, «Datasol MET,» Octubre 2018. [En línea]. Available: [https://atersa.shop/app/uploads/2019/06/MU-38-S%20\(Manual%20MET\).pdf](https://atersa.shop/app/uploads/2019/06/MU-38-S%20(Manual%20MET).pdf).
- [31] Circutor, SA, «Circutor,» 01 Agosto 2022. [En línea]. Available: <https://circutor.com/pdf/pdfdatasheet.php?lang=es&prod=E80010..>
- [32] L. J. Chasi Toapanta y F. R. Pilatasig Ugsha, Implementación De Un Sistema Para Caracterización De Los Parámetros De Corriente-Voltaje Y Potencia-Voltaje En Paneles Fotovoltaicos, Latacunga – Ecuador: Universidad Técnica De Cotopax, Facultad De Ciencias De La Ingeniería Y Aplicadas, 2022.
- [33] Circutor, SA, «Circutor.com,» 01 Agosto 2022. [En línea]. Available: <https://circutor.com/pdf/pdfdatasheet.php?lang=es&prod=E80005..>
- [34] CIRCUTOR, «CIRCUTOR.COM,» 2022. [En línea]. Available: https://circutor.com/productos/energias-renovables/monitorizacion-instalaciones-fv/datalogger-para-la-monitorizacion-de-instalaciones-fotovoltaicas/product/E8130*./
- [35] R. A. Martínez Sánchez, I. Macías Socarrás y A. L. Barrera Amat, «Contribución a la Eficiencia Energética en la Empresa SEATEC,» *ACADEMIA*, vol. 15, n° 15, p. 117, 2019.

- [36] SICMAC21, «Soluciones Integrales para la Industria 4.0,» 28 Mayo 2021. [En línea]. Available: <https://www.sicma21.com/scada-que-es-y-como-funciona/>. [Último acceso: 01 Agosto 2022].
- [37] . B. Martínez y A. Hernández, «Nextia,» 09 Abril 2019. [En línea]. Available: <https://revistas.uvp.mx/index.php/nextia/article/view/74>.
- [38] E. J. C. Ticona, Diseño E Implementacion De Un Sistema De Monitoreo Y Adquisición De Datos De Parámetros Electricos Y Ambientales De Un Sistema Fotovoltaico Conectado A La Red De 3kw, Juliaca: Universidad Nacional De Juliaca, Facultad De Ciencias De La Ingeniería, 2021.
- [39] CIRCUTOR , «CIRCUTOR,» 2022 . [En línea]. Available: https://circuitor.com/productos/energias-renovables/monitorizacion-instalaciones-fv/datalogger-para-la-monitorizacion-de-instalaciones-fotovoltaicas/product/E8130*/.
- [40] P. Redondo Llano, «UNIVERSIDAD DE CANTABRIA,» Julio 2016. [En línea]. Available: <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/9214/Redondo%20Llano%20Pablo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [41] R. SANTOS SÁNCHEZ, «UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE MORELOS,» JUNIO 2019. [En línea]. Available: <http://riaa.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/1750/SASRND06T.pdf?sequence=1>.
- [42] Eadic, «Energía, Petróleo y Minas,» 28 Enero 2021. [En línea]. Available: <https://eadic.com/blog/entrada/seguidor-del-punto-de-maxima-potencia-mppt-que-es-el-mppt/>.
- [43] AutoSolar, «AutoSolar,» 09 08 2018. [En línea]. Available: <https://autosolar.es/aspectos-tecnicos/la-curva-de-intensidad-voltaje-y-la-de-potencia-voltaje-de-un-panel-solar-el-papel-del-regulador-de-carga>.
- [44] F. Falcon, «appa renovables,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.appa.es/appa-fotovoltaica/que-es-la-energia-fotovoltaica/>. [Último acceso: 02 Julio 2022].
- [45] Circuitor, SA, «Circuitor.com,» 01 Agosto 2022. [En línea]. Available: <https://circuitor.com/pdf/pdfdatasheet.php?lang=es&prod=E80011..>

ANEXOS

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS**

TITULACIÓN:
GRADO EN INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO A: DIAGRAMA ELÉCTRICO



TITULO:

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA OBTENER LA ENERGÍA PRODUCIDA POR UNA ESTACIÓN FOTOVOLTAICA MÓVIL CON UNA ESTACIONARIA A FIN DE DETERMINAR LA EFICIENCIA DE ÉSTAS.

AUTORES:

Sergio Mesías Aguayo Chanchicocha
Darwin Oswaldo Ante Bautista



Document Information

| | |
|-------------------|--|
| Analyzed document | TESIS_AGUAYO_ANTE_plagio.docx (D143458804) |
| Submitted | 9/1/2022 2:24:00 AM |
| Submitted by | |
| Submitter email | luis.cruz@utc.edu.ec |
| Similarity | 7% |
| Analysis address | luis.cruz.utc@analysis.orkund.com |

Sources included in the report

| | | | |
|----|--|---|---|
| SA | UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI / TESIS_MENDOZA_TOAQUIZA.docx |  | 4 |
| | Document TESIS_MENDOZA_TOAQUIZA.docx (D143455379) | | |
| | Submitted by: luis.cruz@utc.edu.ec | | |
| | Receiver: luis.cruz.utc@analysis.orkund.com | | |
| SA | Proyecto - Silicio En Los Paneles Solares (1).docx |  | 1 |
| | Document Proyecto - Silicio En Los Paneles Solares (1).docx (D112592041) | | |

Entire Document

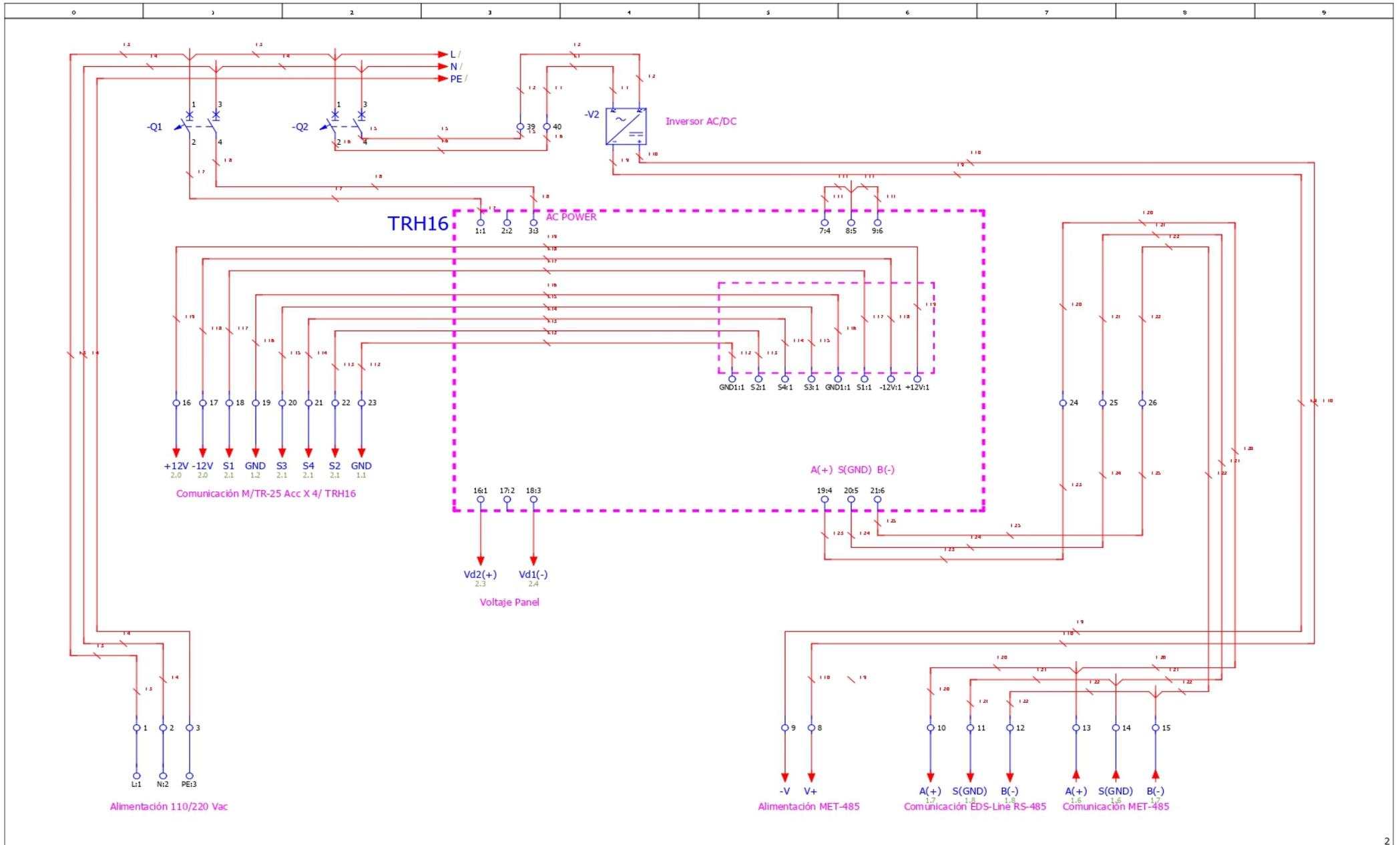
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

La presente propuesta tecnológica está enfocada en ayudar a evaluar la eficiencia energética que entregan los sistemas fotovoltaicos, mediante la implementación para obtener la energía producida por una estación fotovoltaica móvil con uno estacionaria, en adelante será un medio que permitirá controlar y analizar la incidencia de radiación solar, temperatura ambiente y temperatura de los paneles solares así también se podrá analizar las variables de corriente y voltaje, durante su operación en determinadas horas del día. Mediante esta implementación, se procederá a realizar un análisis con los datos registrados para evaluar la producción energética que genera durante su operación.

1.2 EL PROBLEMA

1.2.1 Situación Problemática

En la actualidad, alrededor de todo el mundo existen proyectos encaminados a mejorar e incrementar la producción de energías renovables, entonces, entre las más importantes está la producción de energía mediante el aprovechamiento de la radiación solar con el uso de paneles fotovoltaicos que convierte la radiación solar en energía eléctrica. En los últimos años los gobiernos de todo el mundo han impulsado el desarrollo de la energía solar fotovoltaica en sus naciones, ya sea para uso doméstico como a nivel de red, de acuerdo a datos recopilados por PowerWeb entre los países con más capacidad instalada para generar energía solar fotovoltaica son: China (130.4 GW), Estados Unidos (85.3 GW), Japón (63.3 GW), India (57.4 GW), Alemania (48.4 GW), España (3500 MW), Italia (22.6 GW), Reino Unido (14.2 GW), Francia (12.8 GW), Australia (22.6 GW), Pakistán (22.6 GW). En consecuencia, es evidente que la mayoría de los países aprovechan estas energías renovables para su uso CITATION Bac19 \l 3082 [1].



| | | | | | | | | | | | |
|--------|-------|--------|-----------|--|----------------|--|---------------------------------------|------------------------|-----------------------------|--------|-------------|
| | | Fecha | 15/8/2022 | Diseño del esquema de conexión eléctrica | | | Autores: Sergio Aguayo Darwin Ante | | Conexión Tablero de Control | | = Armario |
| | | Resp. | DELL | | | | Docente: Mgs. Luis Cruz | | | | + Latacunga |
| Cambio | Fecha | Nombre | Original | Sustitución por | Sustituido por | | | Proyecto de Titulación | | Hoja | 1 |
| | | | | | | | | | | Página | 1 / 2 |

Tabla A: Cables y Accesorios del DATASOL- MET.

LISTADO DE CABLES Y ACCESORIOS

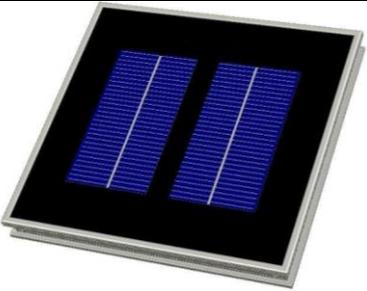
| Cable 1: | Opcional | |
|------------------------------|--|---|
| Descripción: | Cable para: <ul style="list-style-type: none"> Alimentación y de comunicaciones Lazo de aviso. |  |
| Tipo: | Manguera 2x2x0.22mm ² con malla. | |
| Protección: | 600V Intemperie. | |
| Código ATERSA: | 5206059. | |
| Sonda de temperatura: | Opcional | |
| Descripción: | Sonda de temperatura externa MET. |  |
| Tipo: | Manguera de 30mm de longitud, 2x2x0.22mm ² con malla con sensor PT100 en uno de sus extremos. | |
| Protección: | 600V Intemperie. | |
| Código ATERSA: | 9055102. | |
| Anemómetro | Opcional | |
| Descripción: | Anemómetro con ampolla reed, que proporciona 2 pulsos, por cada vuelta de las cazoletas a través de un cable apantallado (20m). |  |
| Código ATERSA: | 7401018 (Anemo 4403 v3). | |
| Fijación Hook II : | Opcional | |
| Descripción: | Sistema de fijación rápida de paneles sobre estructuras. |  |
| Tipo: | Sobre estructuras estándar mediante el tornillo Allen M6x16, arandela grower, arandela plana y tuerca M6. | |
| Código ATERSA: | 501014 | |
| Célula Calibradora | Opcional | |
| Descripción: | Célula Calibradora Compensada |  |
| Protección: | Se utiliza para conocer la radiación solar que incide en el plano en el que está colocada que, normalmente, coinciden con el del campo fotovoltaico. | |
| Código ATERSA: | 1003001 | |
| | | |

Tabla B: Características técnicas

| CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS | |
|---|---|
| Alimentación en CA | |
| Tensión nominal | 190 ... 300 V |
| Consumo | 2.5 ... 7 W |
| Categoría de la Instalación | CAT III 300 V |
| Salidas digitales | |
| Cantidad | 2 |
| Tipo | Optoacoplada (Colector abierto) |
| Tensión máxima | 48V |
| Corriente máxima | 120 mA |
| Frecuencia máxima | 500 Hz |
| Anchura de pulso | 1 ms |
| Comunicaciones RS-485 | |
| Bus de campo | RS-485 |
| Protocolo de comunicación | Modbus RTU |
| Velocidad | 9600 - 19200 - 38400 - 57600 - 115200 bps |
| Bits de datos | 8 |
| Bits de stop | 1 - 2 |
| Paridad | sin |
| Comunicaciones Ethernet | |
| Tipo | Ethernet 10BaseT - 100BaseTX autodetectable |
| Conector | RJ45 |
| Protocolo | Web server - XML |
| Modo de conexión a Red | DHCP ON/OFF (ON por defecto) |
| Dirección IP secundaria de servicio | 100.0.0.1 |
| Comunicaciones Wi-Fi | |
| Banda | 2.4 GHz |
| Estándares | IEEE 802.11 ac / a / b / g / n. |
| Potencia de salida | 8.9 dBm |
| Potencia radiada efectiva (ERP) | 11.25 dBm |
| Potencia isotrópica radiada efectiva (EIRP) | 13.4 dBm |
| Interface con usuario | |
| LED | 5 LEDs |
| Características ambientales | |
| Temperatura de trabajo | -10 °C... +50 °C |
| Temperatura de almacenamiento | -20 °C ... +80 °C |
| Humedad relativa (sin condensación) | 5 ... 95 % |
| (Continuación) Características ambientales | |
| Altitud máxima | 2000 m |

| | |
|--|-----------------------------|
| Grado de protección | IP30, Frontal: IP40 |
| Características mecánicas | |
| Dimensiones (mm) | Figura 28 |
| Peso | 180 g |
| Envolvente | Plástico V0 auto extingible |
| Fijación | Carril DIN |
| Normas | |
| Requisitos de seguridad de equipos eléctricos de medida, control y uso en laboratorio Parte 1: Requisitos generales | EN 61010-1 |
| Compatibilidad electromagnética (CEM) Parte 6-2: Normas genéricas Inmunidad en entornos industriales | EN 61000-6-2 |
| Compatibilidad Electromagnética (CEM) Parte 6-4: Normas genéricas Norma de emisión en entornos industriales | EN 61000-6-4 |
| Safety Requirements for Electrical Equipment for Measurement, Control, and Laboratory Use Part 1: General Requirements | UL 61010-1 |
| Equipos de audio y vídeo, de tecnología de la información y la comunicación Parte 1: Requisitos de seguridad | EN IEC 62368-1(2) |

Tabla C: Especificaciones Técnicas del Datasol MET**Especificaciones Técnicas Generales**

| Descripción | |
|--|---|
| Tensión de alimentación de la fuente externa (*) | Rango de tensión: 16 a 33 VDC |
| Consumo | Medio: 20 mW / Máximo: 80 mA |
| Dimensiones | Ancho: 266mm. Alto: 266mm. Profundidad: 35mm. |
| Rango de temperatura de funcionamiento | -20°C hasta +60°C |
| Rango de temperatura de almacenamiento | -20°C hasta +75°C |
| Grado de protección | IP-65 |
| Peso | 1600g |
| Sistema de montaje | Fijación Hook / Fijación atornillada |

Especificaciones Técnicas de Comunicaciones

| Descripción | |
|---|---|
| Estándar | RS485 half duplex |
| Protocolo de comunicaciones | ATERSA o MODBUS RTU (autodetección) |
| Velocidad de transmisión (*) | 9.600 / 19.200 / 38.400 / 57.600 / 115.200 bps |
| Distancia máxima | 500m |
| Corriente de alimentación en reposo | 10mA media |
| Modo | Esclavo. Solo responde bajo petición |
| Direcciones de nodo disponibles | 01 a 99 equipos |
| Máximo número de nodos. | 32 |
| Nº de serie | 10 dígitos |
| Cable de comunicaciones. | Utilizar dos pares trenzados de baja capacidad. Un par para datos (A y B) y otro para alimentación (+ y -). Los dos pares irán dentro del mismo apantallamiento del cable. |
| Conexión de la pantalla del cable de comunicaciones | Solo se conecta a tierra en el extremo del maestro. Sólo un punto. |

Especificaciones Técnicas de la Medida de Temperatura

| Descripción | |
|--------------------------------|--------------------|
| Tipo de sensor | Pt100 (385) |
| Rango de medida de temperatura | -20°C hasta +100°C |
| Error máximo | ±0.8°C |

Especificaciones Técnicas de la Medida de Radiación (*)

| Descripción | |
|--|--------------------------|
| Tipo de sensor | 2 Células Calibradas |
| Rango de medida | 0 a 1400W/m ² |
| Error intrínseco a la medida | ±0.2% |
| Error de la medida del Patrón de Referencia (**) | ±2% |
| Máximo error relativo | ±2.2% |

Especificaciones Técnicas de la Medida de la velocidad

| Descripción | |
|-------------------------------|---|
| Conexión anemómetro | Borna 15, borna 16 y borna 2 (ó borna 5). Ver dibujo 9 |
| Relación frecuencia/velocidad | Lineal 1.05Hz/km/h |
| Rango velocidad medible | 2...140km/h |
| | |

DISEÑO



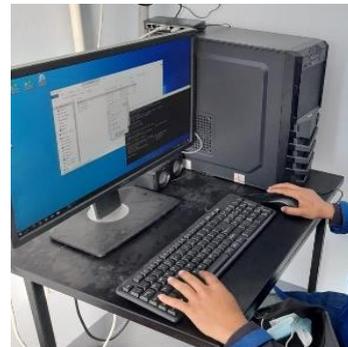
Fotografía C.1: Panel Fotovoltaico
Fuente: Carrera Ing. Electromecánica



Fotografía C.2: Planta Fotovoltaica
Fuente: Carrera Ing. Electromecánica



Fotografía C.3: Laboratorio de Energías Renovables
Fuente: Carrera Ing. Electromecánica



Fotografía C.4: Instalación de Power Estudio.
Fuente: Carrera Ing. Electromecánica.



Fotografía C.5: Cable N° 10 AWG concéntrico
Fuente: Carrera Ing. Electromecánica



Fotografía C.6: Gabinete
Fuente: Carrera Ing. Electromecánica



Fotografía C.7: Banco de baterías 6-CNJ-120
Fuente: Carrera Ing. Electromecánica



Fotografía C.8: Multímetro FLUKE376FC
Fuente: Carrera Ing. Electromecánica



Fotografía C.9: Termocupla Pt100
Fuente: Carrera Ing. Electromecánica

IMPLEMENTACIÓN



Fotografía C.10: Comunicación MODBUS
Fuente: Carrera Ing. Electromecánica



Fotografía C.11: Instalación del Data sol Met.
Fuente: Carrera Ing. Electromecánica



Fotografía C.12: Instalación del Sensor de temperatura pt100
Fuente: Carrera Ing. Electromecánica



Fotografía C.13: Conexión de la fuente de 24V
Fuente: Carrera Ing. Electromecánica



Fotografía C.8: Instalación del PV-Monitor-M.
Fuente: Carrera Ing. Electromecánica.

