



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULRAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE ELECTRICIDAD

PROPUESTA DE INVESTIGACION

TEMA: ESTUDIO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA GENERACIÓN FOTOVOLTAICA, A PARTIR DE DIFERENTES TECNOLOGÍAS Y SUS COMPONENTES.

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero Eléctrico
en Sistemas Eléctricos de Potencia

AUTOR:

Constante Acosta Ángel Antonio

Chipugsi Albán Jessica Talía

TUTOR:

PHD. Secundino Marrero Ramírez

LATACUNGA – ECUADOR 2023

DECLARACIÓN DE AUDITORÍA

Nosotros **CONSTANTE ACOSTA ANGEL ANTONIO** y **CHIPUGSI ALBAN JESSICA TALIA** declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: “**ESTUDIO DE LA EFICIENCIA ENERGÈTICA EN LA GENERACION FOTOVOLTAICA A PARTIR DE DIFERENTES TECNOLOGIAS Y SUS COMPONENTES**”, siendo el PHD. Secundino Marrero Ramírez el tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

.....
Constante Acosta Ángel Antonio

C.C. 0503797201

.....
Chipugsi Albán Jessica Talía

C.C. 0503567737



AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“ESTUDIO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA GENERACION FOTOVOLTAICA A PARTIR DE DIFERENTES TECNOLOGIAS Y SUS COMPONENTES”, de **CONSTANTE ACOSTA ANGEL ANTONIO** y **CHIPUGSI ALBAN JESSICA TALIA**. De la carrera de Ingeniería Eléctrica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aporte científico-técnico suficiente para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyectos que el Honorable Consejo Académico de la Facultad de la Ingeniería y Aplicada de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, febrero 2023

El Tutor

.....
PHD. Secundino Marrero Ramírez
C.C. 1757107907

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.; cuanto, los postulantes Constante Acosta Ángel Antonio, con cedula de ciudadanía N° 0503797201, y Chipugsi Albán Jessica Talía, con cedula de ciudadanía N° 0503567737 con el título de Proyecto de titulación: “**ESTUDIO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA GENERACION FOTOVOLTAICA A PARTIR DE DIFERENTES TECNOLOGIAS Y SUS COMPONENTES**” han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

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

Latacunga, febrero 2023

Para constancia firman:

.....
Ing. Franklin Vásquez Teneda
C.C. 1710434497

.....
Ing. León Segovia Marco Aníbal
C.C. 0502305402

.....
Ing. León Segovia Manuel Ángel
C.C. 0502041353

AGRADECIMIENTO

Primeramente, quiero agradecer a dios por estar un día más de vida y poder cumplir este sueño tan anhelo y segundo por tener a mis padres Susana Acosta y Angel Constante y a mi hermana Mónica Constante con vida, ya que ellos fueron los pilares principales para poder hacer este sueño realidad, ya que sin ellos no hubiese podido completar este logro que hoy es un sueño hecho realidad.

A mi tutor Dr. Secundino Marrero, por su dedicación y paciencia para culminar con una meta más en mi vida personal y profesional.

A mi amigo, compañero Ángel Constante, por el apoyo brindado sin condiciones.

Angel Constante

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a Dios, a mis padres y a los docentes, por quienes tuve el agrado de pasar este tiempo en las aulas y poder obtener todos esos conocimientos que nos brindaron y que hoy en día me sirvió para poder llegar en donde hoy estoy, a mis padres que siempre estuvieron ahí hasta el final y hoy en día se los dedico todo ese apoyo y paciencia que me tuvieron.

Angel Constante

AGRADECIMIENTO

Imperecedera gratitud, a la noble alma mater de Cotopaxi, mi querida UTC, autora de mis triunfos profesionales y a su cuerpo de docentes que día a día me forjaron como una profesional dedicada al servicio del pueblo.

A mis padres e hijo Margot Albán, Glauco Chipugsi e Ian Andrés pilares de mi vida, construida con base sólida, ejemplo de enseñanza, aprendizaje y sabiduría en este paso por la vida.

A mi tutor Dr. Secundino Marrero, por su dedicación y paciencia para culminar con una meta más en mi vida personal y profesional.

A mi amigo, compañero Ángel Constante, por el apoyo brindado sin condiciones.

Jessica Chipugsi

DEDICATORIA

Apenas puedo expresar mi profundo sentir al dar las gracias infinitas por enseñarme el significado del éxito a mi padre: Glauco; y quiero dedicarle estas líneas: me enseñaste que para alcanzar los sueños hace falta extender las alas y volar, las barreras no se superan imaginando que no existen sino afrontando los miedos y dando el 100 % para ser el propio artífice de mi felicidad. Sin ti, este peldaño en mi vida profesional no lo hubiera logrado.

A mi adorado hijo por entender que, durante el desarrollo de esta tesis, fue necesario sacrificar situaciones y momentos a su lado para así poder completar exitosamente mi trabajo académico.

A mi madre Margot, por estar a mi lado siempre, Tus esfuerzos son impresionantes y tu amor para mi es invaluable, me has proporcionado todo y cada cosa que he necesitado, por ser mi amiga, mi cómplice, mi confidente en esta aventura llamada vida, a mis hermanos, a mi sobrina, un triunfo más por el amor infinito hacia Uds.

Jessica Chipugsi

ÍNDICE

1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. INTRODUCCION:	2
2.1. EL PROBLEMA:	3
2.1.1. Situación problemática	3
2.1.2. Formulación del problema:.....	3
2.2. JUSTIFICACION:	3
2.3. HIPOTESIS	4
2.4. OBJETIVOS	4
2.4.1. General.....	4
2.4.2. Específicos.....	4
descripción de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos	5
3. MARCO TEORICO	5
3.1. ANTECEDENTES	5
3.2. POSICIÓN DEL SOL.....	6
3.2.1. Geometría del movimiento del sol.	6
3.2.2. Cálculo de las coordenadas horarias.....	7
3.2.3. Cálculo de las coordenadas horizontales	8
3.3. CALCULO DE SOMBRAS	9
3.4. POTENCIAL DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICO Y TIPOS DE PÉRDIDAS.	9
3.5. TIPOS DE PÉRDIDAS EN SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.	12
3.5.1. Pérdidas por orientación.	12
3.5.2. Pérdidas por inclinación	16
3.6. ENERGÍA RENOVABLES	18
3.7. SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.....	18
3.7.1. Componentes de un sistema fotovoltaico.	18
4. MATERIALES Y MÉTODOS:	36
4.1. MÉTODOS	36
4.1.1. La investigación.....	36
4.1.2. Investigación descriptiva	36
4.1.3. Método inductivo.....	36
4.1.4. Método cuantitativo	36
4.2. INSTRUMENTOS.....	37
4.2.1. La medición	37
4.2.2. Analizador de carga fluke 1735.....	37
4.2.3. Amprobe adc-41pq tru rms.....	37
4.2.4. Multímetro fluke 117 try rms	38
4.3. SOFTWARE	39
4.3.1. Arduino	39
4.3.2. Sensor de temperatura ds 18b20.....	40
4.3.3. Labview	41

4.3.4.	Schneider mp5100	42
5.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.	43
5.1.	EQUIPOS A UTILIZARSE PARA LA EJECUCIÓN DEL ESTUDIO	43
5.2.	DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	44
5.2.1.	Medidas de radiación y ángulos de inclinación.....	45
5.3.	SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES	45
5.3.1.	Divisor de tensión y el sensor de voltaje en el arduino	45
5.4.	DETERMINACIÓN DE VARIABLES	46
5.4.1.	Potencia eléctrica en ac y dc.....	46
5.4.2.	Voltajes en ac y dc.....	47
5.4.3.	Potencia de entra y salida en ac y dc	47
5.4.4.	Temperatura.....	47
5.4.5.	Eficiencia energética.....	47
5.4.6.	Funcionamiento en la adquisición de datos	47
5.5.	RECOLECCIÓN DE DATOS	47
5.5.1.	Paneles fotovoltaicos	49
5.5.2.	Baterías a utilizarse.....	50
5.5.3.	Conexión y configuración del equipo a medir.....	51
a.	Conexión y recolección de datos con los equipos con 2 módulos fotovoltaicos.....	53
b.	Conexión y recolección de datos con los equipos con 3 módulos fotovoltaicos	55
c.	Conexión y recolección de datos con los equipos con 4 módulos fotovoltaicos	56
5.5.4.	Resultados de una mejor eficiencia	58
5.5.5.	Resultados con el inversor de 1500 w	59
5.5.6.	Baterías.	62
5.5.7.	Análisis final del inversor.....	63
5.5.8.	Resultados de las baterías, los paneles policristalinos con el inversor de 3000 w	64
5.6.	LABVIEW	69
5.7.	VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS	70
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	71
6.1.	CONCLUSIONES	71
6.2.	RECOMENDACIONES	72
7.	REFERENCIAS	73
8.	ANEXOS	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.3.1 Trayectoria Solar Sobre El Plano Del Observador [4].	7
Fig.3.2 Ecuación Del Tiempo [4].	8
Figura. 3.3 Recorrido Del Sol En La Esfera Celeste [5].	12
Figura. 3.4 Determinación Del Ángulo De Azimut De Los Paneles Fotovoltaicos [5].	13
Figura. 3.5 Porcentaje De Energía Por Pérdidas Por Orientación E Inclinación [5].	15
Figura. 3.6 Determinación De Límites De Inclinación Para Pérdidas Del 10% [5].	16
Fig. 3.7 Componentes De Un Sistema Fotovoltaico [8].	18
Fig. 3.8. Paneles Solares [10].	19
Fig.3.9 Diagrama De Interpretación Del Panel Fotovoltaico [10].	20
Fig.3.10 Evolución De La Eficiencia De Las Células Fotovoltaicas [11].	22
Fig.3.11 Paneles Según El Tipo De Estructura [13].	23
Fig. 3.12. Batería [14].	27
Fig.3.13 Esquema Del Circuito De Una Batería [15].	27
Fig.3.14 Escenarios De Carga De Las Baterías [17].	28
Fig. 3.15 Funciones De Los Reguladores De Carga [18].	32
Fig. 3.16 Regulador De Carga De La Batería [18].	32
Fig.3.17 Diferencias Entre Los Tipos De Reguladores De Carga [18].	32
Fig.3.18 Inversor [19].	34
Fig.4.1. Pinza Amperimétrica [22].	38
Fig.4.2. Arduino Mega [25].	40
Fig. 4.3 Sensor De Temperatura Ds18b20 [26].	40
Fig. 4.4. Schneider Mp5100(Autor)	42
Fig.5.1 Diagrama De Bloques Del Módulo Fotovoltaico(Autor).	44
Fig.5.2 Divisor Resistivo	46
Fig.5.3 Descripción De La Conexión Y Carga Y Descarga.	52
Fig.5.6 Escala De Las Cargas Que Genera 2 Panel Solar En 1 Hora Con 2 Baterías De 12 V Que Forman 24 V, Ya Que Su Conexión Se Encuentra En Serie(Autor).	54
Fig.5.7 Descripción De La Conexión Y Carga Y Descarga.	55
Fig.5.8 Escala De Las Cargas Que Genera 3 Panel Solar En 1 Hora Con 2 Baterías De 12 V Que Forman 24 V, Ya Que Su Conexión Se Encuentra En Serie-Paralelo(Autor).	56
Fig.5.9 Descripción De Conexión Y Carga Y Descarga.	57

Fig.5.10 Escala De Las Cargas Que Genera 4 Panel Solar En 1 Hora Con 2 Baterías De 12 V Que Forman 24 V, Ya Que Su Conexión Se Encuentra En Serie-Paralelo(Autor).....	58
Fig5.10 Resultados De La Carga Que Se Dispone En Las Baterías Con Los Paneles Solares (Autor).	59
Fig. 5.11 Eficiencia Energética Acorde Al Tiempo	60
Fig.5.12 Eficiencia Energética Acorde Al Tiempo (Autor).	61
Fig.5.13 Eficiencia Energética Acorde Al Tiempo (Autor).	62
Fig.5.14 Eficiencia Energética Acorde Al Tiempo (Autor).	63
Fig.5.15 Análisis Final Del Inversor De 1500 W-24 V (Autor).....	63
Fig.5.16 Eficiencia Energética Acorde Al Tiempo (Autor).	64
Fig.5.17. Relación De Corriente Dc, Voltaje Dc Y Eficiencia Para El Análisis De Eficiencia Energética Del Inversor(Autor).....	65
Fig.5.18. Relación De Corriente Dc, Voltaje Dc Y Eficiencia Para El Análisis De Eficiencia Energética Del Inversor(Autor).	66
Fig.5.19 Análisis De Un Día De 8:30 A 17:00 Pm	66
Fig.5.20 Relación De Corriente Dc, Voltaje Dc Y Eficiencia Para El Análisis De Eficiencia Energética Del Inversor (Autor)	68
Fig.5.21 Comparación De La Eficiencia Energética Entre Los Inversores(Autor).....	68
Fig.5.22 Modelación Del Programa Grafico En El Software Labview	69
Fig5.23 Ejecución Del Programa Grafico En Labview	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 5.1. Medida de irradiación por panel y por los ángulos de inclinación(autor).....	45
Tabla 5.2 parámetros por el cual se va a trabajar	48
Tabla.5.3 porcentaje de carga y descarga de las baterías de 12 v (datos de fabricante).....	48
Tabla.5.4 porcentaje de carga y descarga de las baterías de 24v (datos del fabricante).....	49
Tabla 5.5 características técnicas del panel policristalino zonhan zm-50p6-36.....	50
Tabla 5.6 máximos voltajes generados para los paneles policristalinos.....	50
Tabla 5.7 características técnicas de la batería dc12-100.....	51
Tabla 5.8 toma de datos las primeras horas del día 8:00 am a 10:00 am	59
Tabla 5.9 toma de datos de las 10:00 am hasta las 12:30 pm.....	60
Tabla 5.9. Toma de datos de las 13:00 hasta las 17:00	61
Tabla 5.10. Análisis del uso de las baterías a partir de las 18:00 hasta las 23:30	62
Tabla 5.12 análisis de resultados obtenidos de excel del inversor 1500 w.	65
Tabla 5.13. Análisis de resultados obtenidos del inversor 1500 w.....	67

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TITULO: ESTUDIO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA GENERACIÓN FOTOVOLTAICA A PARTIR DE DIFERENTES TECNOLOGIAS Y SUS COMPONENTES

Autores:

Constante Acosta Ángel Antonio

Chipugsi Albán Jessica Talía

RESUMEN

El siguiente trabajo tiene como finalidad el estudio de la eficiencia energética de los diferentes componentes que contienen la generación fotovoltaica, como son, los paneles solares, las baterías, el inversor y el convertidor de energía, ya que como sabemos la electricidad es una de las energías más versátiles que se adaptan a cada uno de nuestras necesidades. Por ende, para tener bien en claro el funcionamiento de la generación fotovoltaica se realiza una breve revisión del estado del arte de la energía y la radiación solar, que es uno de los factores fundamentales y observar el estado de la calidad de energía del sistema eléctrico para luego poder ver el impacto que genera la calidad de energía causado por los paneles solares. Esto debido a que el país carece de estudios sobre la eficiencia de los mismos y la poca inversión de material tecnológico aportado para el ámbito de la investigación, el mismo que dificulta la obtención de información necesaria para poder conocer más afondo sobre los sistemas fotovoltaicos. Pero una vez obtenido la información necesaria luego de a ver analizado se pudo obtener resultados del estudio, encontrando así la mejor eficiencia que nos brindan acorde a las prácticas y evaluaciones que se vayan realizando con los diferentes componentes que conforman la generación fotovoltaica.

Palabras claves: Eficiencia energética, Generación Fotovoltaica, radiación solar.

COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY

ENGINEERING SCIENCES AND APPLIED FACULTY

TOPIC: STUDY OF ENERGY EFFICIENCY IN PHOTOVOLTAIC GENERATION FROM DIFFERENT TECHNOLOGIES AND THEIR COMPONENTS

Authors:

Constante Acosta Ángel Antonio

Chipugsi Albán Jessica Talía

ABSTRACT

The following work aims to study the energy efficiency of the different components that contain the photovoltaic generation, such as solar panels, batteries, inverter and power converter, because as we know electricity is one of the most versatile energies that adapt to each of our needs. Therefore, to be clear about the operation of photovoltaic generation, a brief review of the state of the art of energy and radiation alone, which is one of the fundamental factors and observe the state of the power quality of the electrical system to then be able to see the impact that generates the quality of energy caused by solar panels. This is due to the fact that the country lacks studies on the efficiency of the same and the little investment of technological material provided for the field of research, which makes it difficult to obtain the necessary information to learn more about the photovoltaic systems. But once the necessary information was obtained after having analyzed the results of the study, it was possible to obtain the best efficiency according to the practices and evaluations that are carried out with the different components that make up the photovoltaic generation.

Keywords: Energy efficiency, photovoltaic generation, solar radiation.

AVAL DE TRADUCCIÓN

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título: ESTUDIO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA GENERACIÓN FOTOVOLTAICA, A PARTIR DE DIFERENTES TECNOLOGÍAS Y SUS COMPONENTES.

Fecha de inicio: 30 de marzo

Fecha de finalización: 30 enero

Lugar de ejecución: Universidad Técnica de Cotopaxi

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

Carrera que auspicia: Carrera Electricidad.

Proyecto Macro Asociado: Desarrollo de sistemas eléctricos eficientes a nivel residencial, comercial e industrial.

Equipo de Trabajo:

Tutor de Titulación: PHD. Secundino Marrero Ramírez

Estudiantes: Constante Acosta Ángel Antonio

Chipugsi Albán Jessica Talía

Área de Conocimiento: 07 Ingeniería, Industria y Construcción / 071 Ingeniería y Profesiones Afines / 0713 Electricidad y Energía.

Línea de investigación: Energías Alternativas y Renovables, Eficiencia Energética y Protección Ambiental.

Sublíneas de investigación de la Carrera:

Sublínea 2: Conversión y uso racional de la energía eléctrica

2. INTRODUCCIÓN:

En un mundo con unos límites de emisiones de carbono cada vez más estrictos, las tecnologías de energía solar representan una de las formas de generación de electricidad más limpias. La energía solar no produce emisiones mientras se genera y los estudios han demostrado claramente que la huella de carbono durante su ciclo de vida es inferior a la de los combustibles fósiles. [1].

De los más de 10.000 teravatios/hora (TWh) de electricidad generada por los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), la energía solar representa únicamente 8 TWh. Aun así, las tecnologías de energía solar, incluidas la energía fotovoltaica, la energía solar de concentración y la energía térmica solar, constituyen la fuente de energía de mayor crecimiento del mundo. Con indicaciones claras de los gobiernos en el mercado, estas tecnologías de bajas emisiones de carbono podrían proporcionar más del 30% del suministro de energía mundial total para el año 2040. [1]

Los paneles solares pueden reducir el precio de las facturas de los servicios públicos y producir energía limpia y respetuosa con el medioambiente. ¿Pero qué es lo que los hace eficientes? La eficiencia de los paneles solares fotovoltaicos tiene que ver con la calidad de sus células fotovoltaicas (FV). La eficiencia de conversión de una célula fotovoltaica es el porcentaje de energía solar que incide en un panel solar y que es convertida en electricidad utilizable. Cuanto más eficiente sea un panel solar, más energía producirá por cantidad de luz que brille en la célula, y esto, a su vez, reducirá la superficie necesaria para satisfacer tus necesidades energéticas [1].

La eficiencia de los paneles solares ha mejorado considerablemente en los últimos años, pasando de un promedio de casi el 15 % de conversión de luz solar a energía utilizable a casi el 20 %. Los paneles solares de alta eficiencia pueden alcanzar casi un 23 %. La potencia nominal de un panel solar de tamaño estándar también se ha incrementado de 250 W a 370 W. La eficiencia del panel solar está determinada tanto por la eficiencia de la célula fotovoltaica (a saber, por el tipo y diseño de la célula) como por la eficiencia total del panel en función de consideraciones tales como el tipo, la disposición y el tamaño de la célula. Una forma sencilla de evaluar la eficiencia de los paneles solares es observando el índice de eficiencia del fabricante, el cual se basa en condiciones de prueba estándar y proporciona una indicación confiable del rendimiento [1].

2.1. EL PROBLEMA:

2.1.1. Situación Problémica

La eficiencia energética es el aprovechamiento óptimo de la energía, por ello no implica renunciar a la calidad de vida sino en obtener los mismos bienes, servicios y realizar las mismas actividades sin desperdiciarla, por ello los sistemas fotovoltaicos se han convertido en una opción viable para la generación de energía eléctrica, en una actualidad donde se buscan fuentes de energía limpia. Sin embargo, el porcentaje de eficiencia es muy baja, ya sea por distintas limitaciones climatológicas, las cuales varían según la localidad en la que se encuentran.

El sector eléctrico ecuatoriano, es considerado como estratégico debido a su influencia directa con el desarrollo productivo del país. Debido a esto la eficiencia energética se ha venido desarrollando a través de diferentes programas y proyectos promovidos por el actual gobierno a nivel de sustitución tecnológica de gestión y con la transformación de los hábitos culturales de la población [2].

Según lo antes mencionado, el Ecuador como tal pretende reestructurar la matriz energética bajo criterios de transformación de la matriz productiva, inclusión, calidad, soberanía energética y sustentabilidad, con incremento de la participación de energías renovables.

Sin embargo, la presencia de la lluvia en los paneles, la orientación, el polvo, los días sombreados y las condiciones climáticas, afectan a la generación fotovoltaica, ya que con esto conlleva a un bajo rendimiento que afecta a la cantidad de energía producible.

Ya que la condición climática y la ubicación geográfica de los módulos fotovoltaicos juegan un papel de suma importancia al momento de la producción de alta energía.

2.1.2. Formulación del problema:

Las tecnologías, condiciones de operación; explotación y los diseños no apropiados de los componentes del generador fotovoltaico, afectan la eficiencia de la generación fotovoltaica.

2.2. JUSTIFICACION:

En Ecuador, la Eficiencia Energética se ha venido desarrollando a través de diferentes programas y proyectos promovidos por el actual Gobierno a nivel de sustitución tecnológica de gestión y con la transformación de los hábitos culturales de la población.

Por lo tanto, la investigación tiene singular importancia, debido a que siendo la energía eléctrica un elemento primordial en el desarrollo de las actividades diarias, cada día las fuentes que la producen generan menos o producen un deterioro al medio ambiente, por lo que es necesario obtener el mayor beneficio que pueda brindar este elemento, a través del cuidado y de la utilización de equipos que disminuyan su consumo.

Por eso, aún es una gran responsabilidad investigar y dar a conocer las mejores oportunidades de uso de fuentes de energía renovables, ya que la provincia está ubicada en la zona ecuatorial donde la prevalencia del sol es mejor, con esto podemos promover el uso de energía solar, que permite a solucionar al 100% la falta de cobertura eléctrica en la provincia.

2.3. HIPOTESIS

Si se logrará evaluar la eficiencia de los componentes fotovoltaicos de diferentes tecnologías, entonces se podrán obtener un sistema de generación con una mayor prestación a partir de la selección más adecuada de sus elementos.

2.4.OBJETIVOS

2.4.1. General

Evaluar la eficiencia energética en la generación fotovoltaica, a partir de diferentes tecnologías y sus componentes.

2.4.2. Específicos

- Revisar el estado del arte referente al estudio de la generación fotovoltaica a partir de las diferentes tecnologías y sus componentes.
- Evaluar la generación fotovoltaica para diferentes tecnologías y sus componentes.
- Determinar pérdidas y los factores que la generan.

Descripción de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos

Objetivo Especifico 1	Actividad (Tareas)	Resultados Esperados	Técnicas, Medios e Instrumentos
Revisar el estado del arte referente al estudio de la generación fotovoltaica a partir de las diferentes tecnologías y sus componentes.	Análisis bibliográfico en, revistas, libros, sitios web, etc.	Se ha logrado obtener información pertinente referente a la generación fotovoltaica	Bibliografía
Evaluar la generación fotovoltaica para diferentes tecnologías y sus componentes.	Recopilación de datos mediante una investigación bibliográfica referente a la generación fotovoltaica a partir de diferentes tecnologías y sus componentes.		Técnica. – Instrumento. – Bibliografía y simulación
Determinar pérdidas y los factores que la generan	Analizar los resultados de las simulaciones y de los diferentes cálculos realizados.	Se han obtenido los parámetros de eficiencia, de costos y generación necesarios para plantear métodos de solución.	Técnica. – Prospectiva. – Instrumento. – Bibliografía y simulación

3. MARCO TEORICO

3.1. ANTECEDENTES

La energía solar ha sido utilizada desde épocas muy antiguas, es en 1839 cuando Alexandre-Edmund Becquerel, descubre el efecto fotovoltaico y se impulsa esta tecnología con la publicación de Albert Einstein y el posterior desarrollo para naves aeroespaciales de la NASA.

Todo lo anterior crea el escenario perfecto que hoy tiene a la energía solar FV, como una de las renovables de mayor desarrollo y aplicación en el mundo. Actualmente, los sistemas solares fotovoltaicos están siendo instalados masivamente en viviendas familiares en países como España, Estados Unidos, Alemania donde la utilización de estos permite un beneficio económico alto, tal como el retorno de impuestos fiscales, además de la venta de energía a la red, donde las electricificadoras en algunos casos están obligadas a la compra por encima del precio de venta. [3].

Entre las investigaciones y proyectos realizados en sistemas SFV, aplicados a países extranjeros se evidencia que a nivel mundial y en zonas donde la radiación solar es significativa, se están implementando sistemas solares. De manera tal que la inversión y sostenimiento de los sistemas se determinan tanto por el costo de la adquisición, como también por los retornos que estos sistemas representan, especialmente por beneficios fiscales, entre otros [3].

3.2. POSICIÓN DEL SOL

Junto a las condiciones atmosféricas hay otro factor que determina la incidencia de la radiación sobre un captador solar, el movimiento aparente del Sol a través de la bóveda celeste, a lo largo del día y del año. La Tierra describe un movimiento de traslación alrededor del Sol que sigue una trayectoria en forma de elipse, con una excentricidad de un 3%. La línea imaginaria que representa la órbita descrita se llama eclíptica [4].

Esta orbita define el plano de la eclíptica. En su movimiento de traslación el eje de rotación terrestre forma siempre el mismo ángulo de 23.45° con la perpendicular al plano de la eclíptica. El ángulo que forma el plano de la eclíptica con el plano del ecuador varía a lo largo del año como indica la Ilustración 7. Este ángulo, conocido como declinación, varía entre -23.45° el día del solsticio de invierno y 23.45° el día del solsticio de verano [4].

3.2.1. Geometría del movimiento del Sol.

Desde el punto de vista de un observador sobre la superficie de la Tierra, el Sol parece describir un arco de círculo desde su salida (orto) hasta su puesta (ocaso) Ilustración 8. A mitad de este recorrido, al mediodía solar, se sitúa por definición el plano meridiano local. La vertical

del observador sobre la superficie terrestre intersecta a la bóveda celeste en un punto llamado cenit [4].

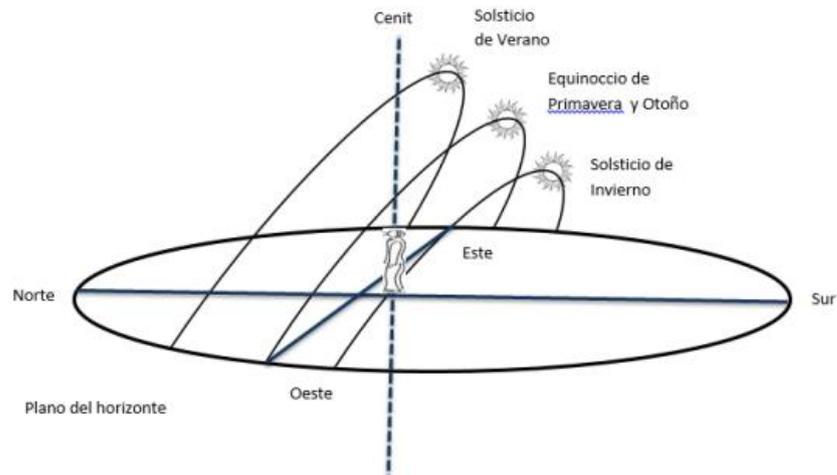


Fig.3.1 Trayectoria solar sobre el plano del observador [4].

3.2.2. Cálculo de las coordenadas horarias

Para poder establecer usos horarios se ha convenido en fijar una misma hora civil en ciudades de diferente hora solar:

La hora solar se calcula a partir:

$$\begin{aligned}
 \text{hora solar} &= \text{hora solar} \\
 &+ 4 \left(\frac{\text{min}}{\circ} \right) (L_{ref} - L_{loc}) \\
 &+ \Delta t \dots \dots \dots
 \end{aligned}
 \quad [1]$$

Donde:

L_{ref} = Es la longitud geográfica del meridiano de referencia (°).

L_{loc} = Es la longitud del meridiano local (°).

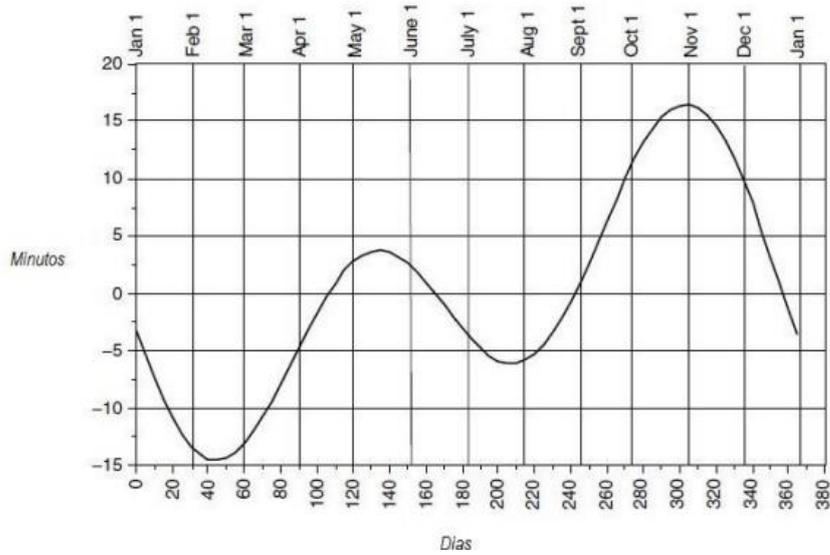


Fig.3.2 Ecuación del tiempo [4].

3.2.3. Cálculo de las coordenadas horizontales

Utilizando trigonometría esférica calculamos las coordenadas horizontales a partir de las coordenadas horarias, relacionadas mediante las ecuaciones:

$$\text{sen}(hs) = \text{sen}\phi * \text{sen } \delta s + \text{cos } \phi * \text{cos } \delta s$$

$$* \text{cos } \omega s \dots \dots$$

$$\text{sen}(hs) * \text{cos } as$$

$$= \text{sen } \phi * \text{cos } \delta s + \text{cos } \omega s \quad [2]$$

$$- \text{cos } \phi * \text{sen } \delta s \dots \dots$$

$$\text{sen}(hs) * \text{sen } as = \text{cos } \phi * \text{sen } \omega s \dots \dots$$

Donde ϕ es la latitud del lugar

3.2.3.1. Irradiación extraterrestre en el plano horizontal

Para evaluar la irradiación diaria en un plano horizontal en superficie es necesario evaluar primero la irradiación extraterrestre, entendida como la irradiación que incide a lo largo de un día sobre un plano tangente a la superficie del planeta exterior a la atmosfera [4].

La relación entre la Constante Solar y la irradiación en el exterior de la atmósfera sobre el plano horizontal (I_{s0}^e) se expresa matemáticamente por:

$$\begin{aligned}
 I_{s0}^e &= S_s * F_{ts} \cos(\theta) = S_s * F_{ts} \sin h_s \\
 &= S_s * F_{ys} * (\sin \phi * \sin \delta_s + \cos \phi \\
 &\quad * \cos \delta_s * \cos \omega_s)
 \end{aligned}
 \quad [3]$$

El factor F_{TS} resulta del movimiento de la Tierra alrededor del Sol en una órbita elíptica, esto hace que la distancia Tierra- Sol varíe a lo largo del año.

3.3. CALCULO DE SOMBRAS

La pérdida de radiación solar que experimenta una superficie debida a sombras proyectadas por obstáculos circundantes varía a lo largo de un día, dependiendo de la latitud del lugar, la fecha y la hora [4].

La relación básica entre la longitud de la sombra (L_{sombra}) a, la altura del obstáculo (H_{obst}) y la altura sola (h_s) es:

$$\text{tg } h_s = \frac{H_{obst}}{L_{sombra}} \dots \dots \dots
 \quad [4]$$

3.4. POTENCIAL DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICO Y TIPOS DE PÉRDIDAS.

Con el objeto facilitar al lector la comprensión del documento, a continuación, se definirán algunos conceptos básicos relacionados con el tema:

a) Energía solar: es la energía obtenida mediante la captación de la luz y el calor emitidos por el Sol. La radiación solar que alcanza la Tierra puede aprovecharse por medio del calor que produce a través de la absorción de la radiación en colectores solares, la potencia de la radiación varía según el momento del día; las condiciones atmosféricas que la degradan y la latitud. Se puede asumir que en un día claro sin nubes el valor de la radiación es de aproximadamente 1000 W/m^2 en la superficie terrestre. A esta densidad se la conoce como irradiación [3].

b) Irradiancia: es la magnitud utilizada para describir la potencia incidente por unidad de superficie de todo tipo de radiación electromagnética. En unidades del sistema internacional se mide en W/m^2 . La irradiancia directa normal (o perpendicular a los rayos solares) fuera de la atmósfera, recibe el nombre de constante solar y tiene un valor medio de 1354 W/m^2 (que corresponde a un valor máximo en el perihelio de 1395 W/m^2 y un valor mínimo en el afelio de 1308 W/m^2) [3].

Existen 3 tipos principales de irradiancia:

- Irradiancia Solar Directa es aquella que llega a la superficie colectora directamente del Sol.
- Irradiación Solar Difusa es aquella cuya dirección ha sido modificada por diversas circunstancias (densidad atmosférica, partículas u objetos con los que choca, reemisiones de cuerpos, etc.). Por sus características esta luz se considera venida de todas direcciones. En un día nublado, por ejemplo, sólo tenemos irradiancia difusa [3].
- Irradiancia Total (o Global): es la suma de la irradiancia directa y de la irradiancia difusa. La tasa de irradiancia depende en cada instante del ángulo que forman la normal a la superficie en el punto considerado y la dirección de incidencia de los rayos solares [3].

c) Albedo: Es la relación entre la intensidad de la luz reflejada y el incidente por parte de un cuerpo celeste que no emite luz propia. Se mide con un número comprendido entre 0 y 1, después de haberse establecido que 0 es el albedo de un cuerpo que no refleja luz ninguna y 1

es el albedo de un cuerpo que refleja toda la luz incidente. Por ejemplo 0.5, es el albedo de un objeto que refleja el 50% de la luz recibida [3].

d) Ángulo de inclinación (β): es el valor del ángulo que forma la superficie de los paneles solares respecto al plano horizontal. Su valor puede oscilar entre 0° (para paneles fotovoltaicos colocados en posición horizontal) y $+90^\circ$ (para paneles colocados en posición vertical).

e) Ángulo de azimut (α): definido como el valor del ángulo formado entre la orientación del panel fotovoltaico respecto a la dirección Sur. El valor de este ángulo puede variar entre 0° (para paneles orientados hacia el Sur), -90° (orientación hacia el Este), $+90^\circ$ (dirección Oeste) y 180° (dirección Norte) [3].

f) Hora Sol Pico: es un índice de la radiación solar promedio diaria normalizada a este valor, se obtiene dividiendo el área bajo la curva de irradiación entre 1000 W/m^2 . [3] Es decir:

$$HSP = \frac{\text{Irradiacion}}{1000 \text{ w/m}^2} \quad [5]$$

g) Factor K: Es la relación que existe entre la irradiación recibida en una superficie inclinada y la irradiación recibida en una superficie horizontal, este factor a grandes rasgos puede dar los niveles de pérdidas o ganancias que se pueden obtener a lo largo del año con una inclinación determinada en los paneles fotovoltaicos [3]. Se obtiene de la siguiente manera:

$$FACTOR K = \frac{\text{Irradiacion Inclinada}}{\text{Irradiacion horizontal}} \quad [6]$$

h) Irradiación: Se define como el área bajo la curva de irradiancia y se expresa en Wh/m² [3].

3.5. TIPOS DE PÉRDIDAS EN SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.

3.5.1. Pérdidas por Orientación.

Cuando se instala un sistema fotovoltaico, aparte de considerar la inclinación de los paneles fotovoltaicos también se considera la orientación de estos. Pues la generación de energía se puede ver afectada por la orientación que posean los paneles; en mucha bibliografía se sugiere que la orientación de los paneles sea hacia el Sur para lograr la mayor captación de radiación solar y como consecuencia una mayor generación de energía. La orientación de los paneles se rige de esta manera por el movimiento aparente del Sol con respecto a un punto en la Tierra, así como se muestra en la Figura 3-1 [5].

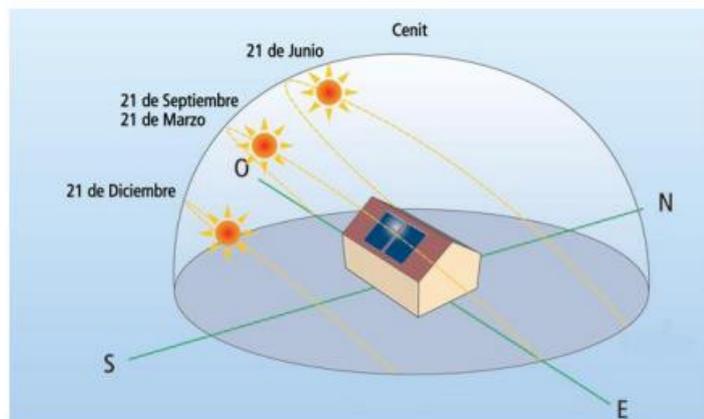


Figura. 3.3 Recorrido del Sol en la Esfera Celeste [5].

En esta figura se observa que a lo largo del año el Sol posee una altura diferente con respecto al plano terrestre, además los rayos incidentes tienen más influencia desde el Sur por lo que generalmente la bibliografía recomienda orientar los paneles hacia el Sur. Es por este movimiento relativo del Sol que se generan pérdidas por orientación en los sistemas [5].

3.5.1.1. Método matemático para el cálculo de pérdidas por orientación

Para calcular las pérdidas por orientación en algunos países se han desarrollado herramientas y mucha información ya se tiene tabulada. Por ejemplo, España, donde utilizan el procedimiento

planteado en el Documento Básico HE5 de CTE. En ese documento se muestran las ecuaciones a utilizar para determinar las pérdidas que se generan por la orientación e inclinación de los paneles fotovoltaicos. Lo que lo vuelve un método compuesto pues, al mismo tiempo se calculan ambos tipos de pérdidas [5]. El procedimiento a seguir consiste en:

Se mide el ángulo de azimut con respecto al Sur de los paneles fotovoltaicos, como se muestra en la Figura 3-2:

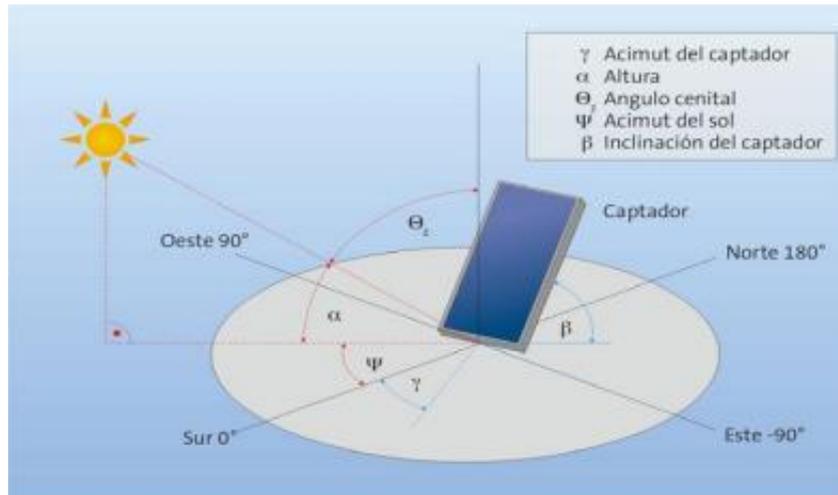


Figura. 3.4 Determinación del ángulo de Azimut de los paneles fotovoltaicos [5].

Emplear dependiendo del caso particular, una de las siguientes ecuaciones:

Pérdidas (%)

$$= 100$$

$$* [1.2 \times 10^{-4} * (\beta - \varphi + 10)^2$$

$$+ 3.5 \times 10^{-5} \alpha^2] \text{ para } 15^\circ < \beta$$

$$< 90^\circ.$$

[7]

Pérdidas (%)

$$= 100$$

$$* [1.2 \times 10^{-4}$$

$$* (\beta - \varphi + 10)^2] \text{ para } \beta \leq 15^\circ$$

Donde:

β : inclinación del panel fotovoltaico con respecto al plano horizontal.

φ : latitud del lugar donde se realiza el estudio.

α : orientación del panel fotovoltaico con respecto al Sur.

De este conjunto de ecuaciones se observa que, la primera ecuación toma en cuenta el ángulo de azimut del panel cuando la inclinación del mismo está entre 15° y 90°. Mientras que la segunda ecuación no considera el ángulo de azimut si la inclinación es menor de 15°. Pues con una inclinación menor a 15° puede considerarse que el panel se encuentra en posición horizontal, con lo cual no estaría orientado en alguna dirección específica. Este método también permite la determinación de los límites de inclinación óptima de los paneles fotovoltaicos, esto se determina empleando las siguientes ecuaciones [5]:

Inclinación máxima

$$\begin{aligned} &= \text{Inclinación } (\varphi \\ &= 41^\circ) - (41^\circ - \text{latitud}) \end{aligned}$$

[8]

**Inclinación mínima = Inclinación (φ
= 41°) - (41°
- latitud), siendo 5° su valor mínimo**

Se utiliza $\varphi = 41^\circ$ porque es la latitud de referencia usada en este método, y el término $(41^\circ - \text{latitud})$ adecua el valor de inclinación para cualquier otra de las latitudes que abarcan España (por ejemplo las Islas Canarias que tienen una latitud de +28°) [5]. Para determinar la Inclinación ($\varphi = 41^\circ$) se necesita utilizar la Figura 3-3:

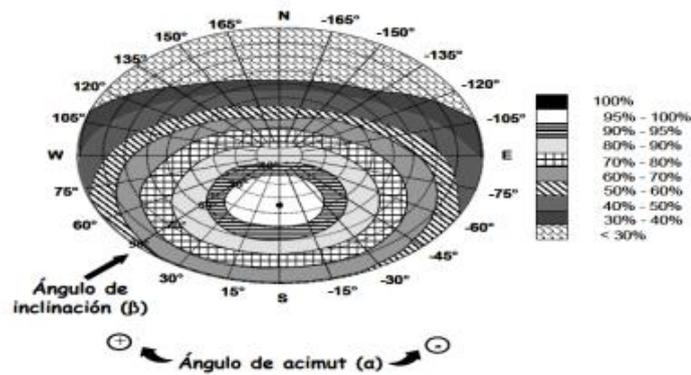


Figura. 3.5 Porcentaje de energía por pérdidas por orientación e inclinación [5].

En la figura anterior se observa que existen diferentes rangos a los cuales, se les asigna un porcentaje de la producción anual que se desea tener en base a la orientación e inclinación de los PVF. Por ejemplo, el rango de 95% - 100% indica que, se espera obtener como mínimo un 95% de la producción anual estimada. Estos rangos también indican el porcentaje de pérdidas anuales que se tendrán, para el rango de 95% - 100% se espera entonces tener como máximo un 5% de pérdidas anuales por inclinación y orientación [5].

Para este procedimiento se necesita conocer el ángulo de azimut del conjunto de paneles fotovoltaicos, luego se ubica el valor correspondiente del azimut dentro del gráfico; después se establece el límite de pérdidas que máximas que se desean tener. Y con ese dato se delimitan los valores de inclinación mínima y máxima, así por ejemplo para un azimut de 15° y un porcentaje de pérdidas del 10% se tiene:

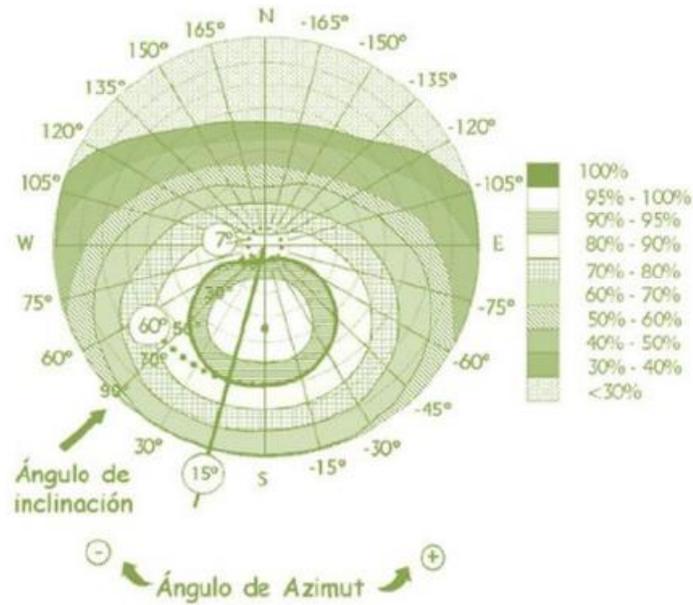


Figura. 3.6 Determinación de límites de inclinación para pérdidas del 10% [5].

De la figura se observa que el valor mínimo y máximo del ángulo de inclinación del panel son 7° y 60° respectivamente. Una vez obtenidos esos resultados se necesita corregirlos para la latitud del lugar en estudio. Por lo que se tiene lo siguiente [5]:

$$\text{Inclinación máxima} = 60^\circ - (41^\circ - 28^\circ) = 47^\circ$$

$$\text{Inclinación mínima} = 7 - (41^\circ - 28^\circ) = -6^\circ \quad [9]$$

Pero el valor mínimo aceptable en este caso es 5° se toma el valor de inclinación mínima de 5° como el dato válido. De esto se observa que con una inclinación entre 5° y 47° y un azimut de 15° se espera que las pérdidas rondan alrededor de un 10% [5].

3.5.2. Pérdidas por Inclinación

Otra consideración que se realiza en el estudio del potencial de generación fotovoltaico de un determinado lugar, es evaluar las pérdidas que se generan por la inclinación que se les dará

a los PFV. Estas pérdidas también dependen de la latitud del lugar, pues no todos los sitios presentan las mismas características de incidencia de la radiación solar [6].

Así como el recorrido del Sol a lo largo del año condiciona la orientación de los módulos fotovoltaicos, también lo hace la inclinación. Como se mostró anteriormente existen métodos matemáticos para determinar la inclinación óptima, pero esos métodos presentan limitaciones en el diseño de las mismas; pues consideran variables propias del lugar [6].

3.5.2.1. Determinación de pérdidas por Inclinación por medio del Factor K

Para determinar las pérdidas de una superficie inclinada que esté orientada hacia el Sur se puede utilizar el Factor K (si es conocido) de ese lugar. Conociendo dicho valor se puede realizar una proyección de producción de energía a lo largo del año. La desventaja de este método de cálculo de pérdidas, es que solo ofrece los valores para la inclinación en la cual fue medido el valor de la irradiación [3].

Es decir que si se mide el valor de irradiación de una superficie inclinada a 10°, las pérdidas obtenidas solo pueden considerarse útiles para dicha inclinación; por lo que si se deseara determinar las pérdidas para cualquier inclinación por medio de este método, se debe de medir la Irradiación Inclinada para varios valores de inclinación a lo largo de un año para obtener un buen resultado [3].

Aunque también este método presenta cierto beneficio al momento de analizar los datos, pues aparte de mostrar las pérdidas que se obtienen a lo largo del año; también muestra la ganancia de energía que se obtiene en el año al estar inclinados los módulos fotovoltaicos [3].

Si no se ha determinado el Factor K, es posible calcularlo por medio de la siguiente ecuación:

$$\text{Factor } K = \frac{\text{Irradiación Inclinada}}{\text{Irradiación Horizontal}} \quad [10]$$

3.6. ENERGÍA RENOVABLES

Las energías renovables son definidas como fuentes de energía provenientes de la naturaleza, lo que hace que estas tengan la característica de ser inagotables, tomando en consideración que se generan a partir de fenómenos naturales tales como corrientes de viento o agua, la irradiación solar, la combustión de desechos naturales, a través de la descomposición de desechos orgánicos e inclusive el calor interno del planeta [7].

3.7. SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Es un término empleado para hacer referencia a un conglomerado de equipo eléctrico y electrónico, que generan electricidad a través del aprovechamiento de la radiación solar, el eje central de estos sistemas son el módulo fotovoltaico, mismo que trae intrínsecas células que le permiten proceder con la conversión de energía solar en energía eléctrica, el resto de los componentes de este sistema dependerán de las necesidades para las que este es requerido [8].

3.7.1. Componentes de un sistema fotovoltaico.

Un sistema fotovoltaico, requiere de un conjunto de componentes muy necesarios para operar de manera regular, donde el componente más indispensable es el panel solar, no obstante, este no puede accionar por si solo y se requiere de otros implementos, cabe mencionar que estos serán descritos a continuación en la figura 3-9:

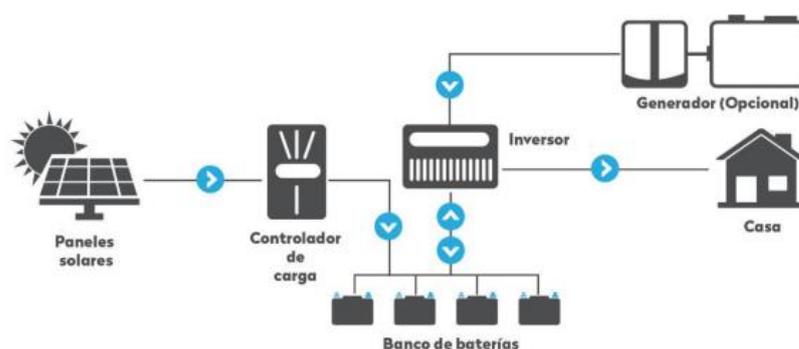


Fig. 3.7 Componentes de un sistema fotovoltaico [8].

3.7.1.1. Paneles solares

Este componente es indispensable, puesto que, es el encargado de convertir la radiación solar en electricidad esto mediante el efecto foto electrónico, estos están elaborados en base a un mineral semiconductor, que en este caso es el silicio, mismo que puede ser mono o poli

cristalino, al momento de seleccionar que panel más conveniente para desarrollar un sistema fotovoltaico, es recomendable optar por un panel de silicio policristalino, los cuales además de presentar mayor disponibilidad, también cuentan con precios asequibles. Estos paneles en condiciones óptimas pueden generar potencias de 1 kW/m² y una temperatura de hasta 25 °C [9].

A continuación, en la figura 3-10, se presenta una imagen de los paneles solares para sistemas fotovoltaico:



Fig. 3.8. Paneles solares [10].

3.7.1.1.1. Celda solar

Las celdas solares (CS) o fotovoltaicos (FV) son convertidores de energía en forma de radiación electromagnética en energía eléctrica. Una vez que esta radiación hace contacto con el material semiconductor, éste la transforma en energía eléctrica en forma de corriente continua para poder ser utilizada de inmediato y a su puede ser almacenada en un banco de baterías a través de un control de cargas [10]

3.7.1.1.2. Funcionamiento de una celda fotovoltaico

La manera correcta de función de una celda solar es relativamente simple, por medio del EF. Un punto importante que se puede resaltar es que para que el EF se haga presente se necesita un material semiconductor [10].

3.7.1.1.3. Efecto fotovoltaico

El EF es el principio mediante el cual realizan su trabajo las celdas fotovoltaicas. Por definición es el proceso en el cual, al incidir la radiación electromagnética proveniente del sol

a un material semiconductor, en dos diferentes puntos de este material se genera una diferencia de potencial y así generando el voltaje.

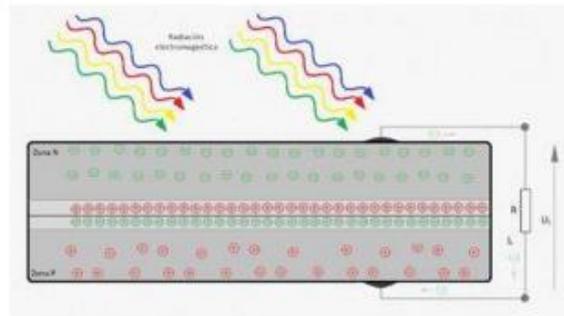


Fig.3.9 Diagrama de interpretación del panel fotovoltaico [10].

3.7.1.1.4. Eficiencia de los paneles solares

La eficiencia de los paneles solares está mayormente basada en la capacidad de conversión de energía luminosa a energía eléctrica, pero ésta puede ser determinada gracias a una teoría desarrollada por Shockley y Queisser, llamada “teoría de balance”; la cual, dice que la corriente producida por una celda fotovoltaica es determinada por la diferencia del número de fotones que son absorbidos entre el número de fotones que son emitidos por el panel [10]

3.7.1.1.5. Células (mono-Si y poli-Si) “lámina sólida”

Hoy en día a los paneles solares se les busca que sea lo más eficientes y baratos posibles, sobre todo a los paneles de silicio (mono-Si o poli-Si) ya que tiene un alto grado de ventas en el mercado [10].

Es por eso que cada vez se está acercando la eficiencia del panel de silicio al añorado 30-31%. La eficiencia que se tiene hasta el día de hoy en los paneles de silicio es del 24% a una radiación solar de AM 1.5. Además, estas células pueden proporcionar aproximadamente 0.5 V y con una corriente de 35 mA/ [10].

3.7.1.1.6. Células de lámina fina o capa fina

Existe una tecnología en paneles fotovoltaicos muy distinta a los paneles de silicio, esta tecnología hace referencia a los paneles solares de lámina fina (paneles solares de segunda generación, células de capa delgada o thin film solar cells), estos paneles son: CdTe (Teluro de Cadmio), a-Si (Silicio amorfo) la forma no cristalina del silicio y CIGS (CU(InGa)S), tienen la excelente ventaja de que no necesita de mucho material para lograr su fabricación, además tienen una muy buena absorción de radiación electromagnética.

3.7.1.1.7. Eficiencia de las diferentes células fotovoltaicas a través de los años

Como es sabido, existen dos diferentes áreas para los paneles solares; las células de laboratorio y células de uso comercial [11].

Las células de laboratorio son aquellas que aún están en proceso de experimentación ya sea para realizar mejoras o hacer correcciones en problemas que se puedan presentar en las células a futuro, también cabe mencionar que las células de laboratorio cuentan con una eficiencia de conversión muy alta en comparación a las células comerciales [11].

A diferencia de las células de laboratorio, las células comerciales son aquellas que se encuentran en el mercado. La eficiencia de conversión de células hechas en laboratorio son las siguientes:

24% para células mono-Si

20.4% para células de Si cristalinas

19.8% para células CIGS

19.6% para células CdTe

La eficiencia de conversión de células en los últimos 10 años de uso comercial es:

12- 16% para células de silicio

9-13% para células CdTe

Según National Renewable Energy Laboratory, NREL, se muestra la evolución de la eficiencia de conversión energética de las células fotovoltaicas en los últimos 43 años.

En dicha figura se muestra una gráfica que demuestra la capacidad de los diferentes laboratorios que se encuentran en una competencia para lograr la mejor eficiencia, pues en algunos laboratorios, se han logrado eficiencias de conversión de hasta el 45% [11].

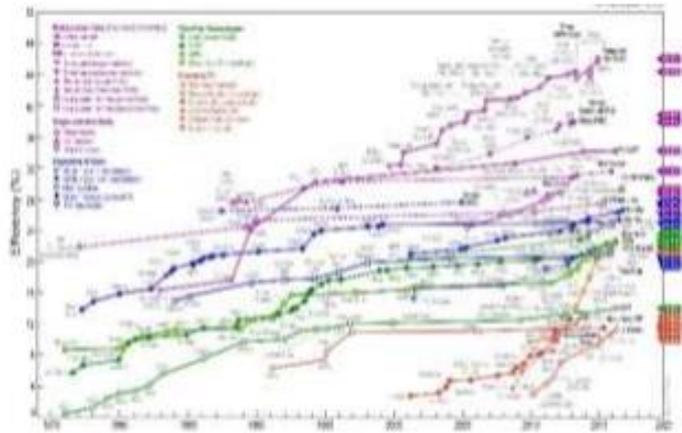


Fig.3.10 Evolución de la eficiencia de las células fotovoltaicas [11].

A medida que la tecnología avanza, la eficiencia también lo hará y como se mencionó anteriormente un logro que se recalca mucho entre los diversos laboratorios, es la eficiencia del 45% de las células fotovoltaicas multiunion [11].

El panel solar que le sigue a el panel multiunion en cuanto la eficiencia, son las células de silicio. Gracias a su buena eficiencia y costos aceptables, los laboratorios apuestan mucho para este tipo de células, las cuales cuentan con una eficiencia de conversión teórica máxima del 33.7% [11].

3.7.1.1.8. Paneles solares más utilizados que existen

Existen numeroso tipo diferente de paneles solares, pero los tres tipos más comunes, los culés ya he mencionado anteriormente, son [12]:

- Paneles solares monocristalinos,
- Paneles solares policristalinos
- Paneles solares de lámina fina.

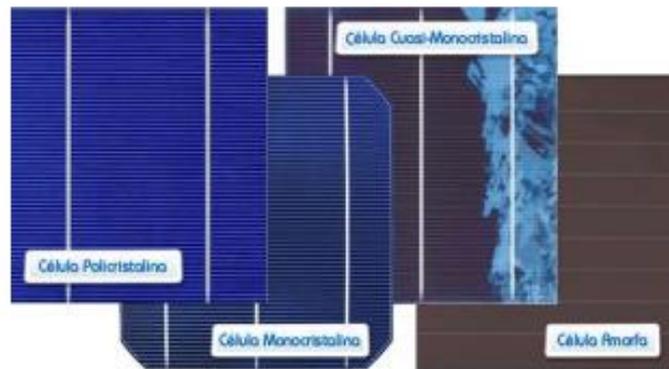


Fig.3.11 Paneles según el tipo de estructura [13].

Para el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico se deben tener en cuenta una serie de cálculos para la elección de los componentes y las capacidades de los mismos [13].

Cálculo de la capacidad del panel solar:

$$N^{\circ}ps = \frac{Ex1,3}{HspxWp} \quad [11]$$

Donde:

E = Valor del consumo diario de la carga (Kwh)

HSP = Hora Solar Pico

Wp = Watio Pico

3.7.1.1.9. álculo de eficiencia en paneles fotovoltaicos

Como es de esperar, la eficiencia juega un papel muy importante para poder seleccionar un panel fotovoltaico, para dejar en claro los tres factores que rigen o que afecta para que un panel produzca energía son: el tamaño, la eficiencia como ya se mencionó y la cantidad de radiación electromagnética que incide sobre él [12].

La eficiencia del sistema es un parámetro importante en la operación del sistema ya que nos permite saber que tan rentable es el proyecto, cuyo valor se obtiene con la siguiente ecuación [13]:

$$E\% = \frac{Eu}{Ec} \quad [12]$$

Donde:

Eu = Energía Instalada

Ec = Energía Consumida

Para definir el número de paneles que se deben emplear en un sistema, se utiliza la siguiente ecuación:

$$Nt = \frac{PGFV}{PMPP} \quad [13]$$

Donde:

PGFV: Potencia generada

PMPP: Potencia pico del modulo

La eficiencia de un panel solar se define por la cantidad de potencia que se obtiene del mismo, en otras palabras, cuanta cantidad de energía solar que incide sobre el panel es convertida en energía eléctrica. Por ejemplo; si un panel solar recibe el 100% de luz solar y cuenta con una eficiencia de 20%, ese porcentaje es la cantidad de energía eléctrica producida y el restante, es decir el 80%, simplemente no se convierte en energía, sino que se adhiere al sistema, debido a la ley de la conservación de la energía, la cual se muestra en la Ecuación 12, más claramente se puede decir que el 80% se refiere a Q [14].

$$\Delta U = Q + W$$

[14]

Donde:

$\Delta U =$ *Cambio de energía interna*

$Q =$ *Calor adherido al sistema*

$W =$ *Calor que procesa el sistema*

La cantidad de calor que es procesada o aprovechada por las celdas solares es expresada en W/m^2 .

3.7.1.1.10. Dependencia de la eficiencia del panel fotovoltaico

- El tamaño del panel y temperatura del ambiente: El tamaño de panel se refiere al área despejada que debe tener para que nada interceda los rayos solares y el panel, la temperatura en condiciones normales de un panel fotovoltaico es de 25°C. Si la temperatura es más alta puede causar daños [10].
- La calidad de las células: Algunas células no tienen la capacidad de recibir la luz solar adecuadamente, esto debido a una mala fabricación.
- Área despejada en la superficie del panel: El área debe de estar despejada para que el aprovechamiento del panel sea el esperado.
- Irradiancia: La cantidad de radiación solar que es impactada en la superficie del panel, la irradiancia se mide en (kWH/) [10].
- Tensión del panel en el punto máximo de potencia (V_{mp}): Punto de intersección con la máxima intensidad de corriente (I_{mp}), el valor siempre es menor a V_{oc} [14].
- Corriente del panel en el punto máximo de potencia (I_{mp}): Punto de intersección con la máxima tensión de voltaje (V_{mp}), donde su valor siempre será menor que I_{sc} [10].

3.7.1.1.11. Factor forma (FF)

El factor de forma es un dato para poder determinar la eficiencia del panel. Se refiere a “la relación entre la potencia máxima teórica y a la potencia real, medido en el momento solar [14].

$$FF = \frac{V_{mp} \times I_{mp}}{V_{oc} \times I_{sc}} \quad [15]$$

A continuación, se muestran los rangos de valores. - 0.70 a 0.85 esto para celular cristalinas - 0.50 a 0.70 para células amorfas [14].

3.7.1.1.12. Eficiencia del panel

Que se presenta a continuación sirve para determinar la eficiencia.

$$\eta = \frac{FF \times V_{oc} \times I_{sc}}{G \times Area} \quad [16]$$

3.7.1.1.13. Factores para determinar si un panel fotovoltaico es eficiente

Como sea mencionado, la medición de la cantidad de luz solar que un sistema de panel solar es capaz de convertir en energía eléctrica; es un parámetro llamado eficiencia. La eficiencia siempre se mide en porcentajes, el sol produce un 100% de energía, pero usualmente los paneles solares solo son capaces de procesar de un 15-22% del total de la que ofrece el sol en energía usable [12].

De igual manera, la prueba en condiciones estándar o (STC) por sus siglas en inglés, dentro de la prueba estándar se dice que a una temperatura de 25°C y una irradiancia de 1,000 W/ , esto es equivalente a un día soleado con una luz incidente calurosa [12].

Aparte de las pruebas estándar de los paneles solares, también existe otra prueba más extensa, la cual se los hace bajo condiciones extremas o muy extremas.

3.7.1.2. Baterías

Tras la generación de electricidad, es preciso almacenar esta energía, para lo cual se recurre a los acumuladores o como se los conoce comúnmente batería, para estos fines, las baterías más comunes son las de plomo y ácido, el nivel de voltaje de estas baterías es lo que determina

cuanta energía puede almacenar el sistema fotovoltaico, su capacidad es expresada por amperios por horas (Ah) y su vida útil oscila entre los 5 y 10 años.

A continuación, en la figura 3.12, se presenta una imagen de las baterías para sistemas fotovoltaico:



Fig. 3.12. Batería [14].

3.7.1.2.1. Rendimiento de las baterías

Se puede considerar a la Batería como una fuente de tensión real, que de igual forma posee una resistencia interna la cual es inversamente proporcional al estado de carga, por lo tanto, mientras la batería sufre una descarga, su resistencia interna aumenta considerablemente [15].

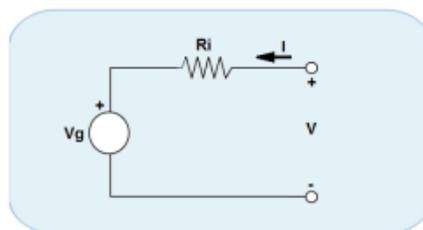


Fig.3.13 Esquema del circuito de una batería [15].

3.7.1.2.2. Desempeño de las baterías

El desempeño al momento de funcionar la batería se define por dos indicadores totalmente relevantes. Por un lado, se encuentra el SOC (Estado de carga de la Batería) el cual es la relación entre la cantidad de energía que la batería es capaz de almacenar y la capacidad que dispone en todo momento. Considerando, que si el SOC se acerca al 100% la batería no puede almacenar

más energía ya que su capacidad nominal está a tope, y por otra parte si se acerca al 0% significa que la batería no posee energía que pueda proporcionar al sistema.

La capacidad de la batería es inversamente proporcional a la intensidad de carga que fluye por la batería en un instante de tiempo, por lo tanto, a medida que la corriente se incrementa, la capacidad disminuye y el SOC de la batería se incrementa.

3.7.1.3. Carga y descarga de una batería

Las zonas de carga y descarga de las baterías son consideradas como una de las mejores, ya que presentan un mejor rendimiento energético con una cantidad mínima de porcentaje de daños.

Se debe evitar entrar en esta zona debido a su alto nivel de peligrosidad, por lo general los controladores de carga realizan una desconexión cuando la batería entra a esta zona de trabajo, y la vuelve a conectar cuando hay un exceso de energía para cargar a la batería [16].

De igual forma cuando una batería ya no puede receptor más energía se encuentra en un estado de saturación, es necesario realizar la respectiva desconexión por parte del regulador y permitiendo con esto es abastecimiento de energías en las cargas conectadas.

3.7.1.4. Generación y consumo con almacenamiento

Los primeros escenarios son los que hacen referencia al momento en el cual se empieza la generación de energía eléctrica. Dichos excedentes de energía se irán utilizando para cargar los bancos de baterías.



Fig.3.14 Escenarios de carga de las baterías [17].

Considerando los factores para el rendimiento de la batería, se ~~haah~~ establecidos parámetros necesarios para el correcto análisis del funcionamiento del sistema en general.

Con los datos obtenidos de la radiación solar de la temperatura de las células fotovoltaicas, se procede al modelamiento de los parámetros eléctricos ingresados [17].

$$I = Np \left\{ I_l - I_o \left[\exp \left(\frac{qE \left(\frac{V}{Ns} + \frac{Rs}{Np} \right)}{m * \sigma B * T} \right) - 1 \right] - \frac{\left(\frac{V}{Ns} + \frac{Rs}{Np} \right)}{Rp} \right\} \quad [17]$$

Donde:

I: Corriente de Salida (A)

Np: ~~Número~~ Número de Paneles en Paralelo

Il: Corriente Foto generada (A)

Io: Corriente de Saturación del Diodo (A)

qE: Carga del Electrón equivalente a $1.602 * 10^{19}$ (C)

V: Voltaje del Panel (V)

Ns: Número de Paneles en serie

Rs: Resistencia en Serie

Rp: Resistencia en Paralelo

m: Factor de Identidad de celda ($0 < m < 1$)

3.7.1.4.1. Cálculo de la temperatura de las baterías

Para el cálculo de la temperatura referencial se ha obtenido de la siguiente expresión:

$$I = Np \left\{ (Il - Io) * \left[\frac{qE * (V + I * Rs)}{Ns * A * \sigma B * T} \right] \right\} \quad [18]$$

Donde:

A: Es el factor de Idealidad en los materiales solares.

3.7.1.4.2. Cálculo del estado de carga de las baterías

Por otra parte, para el modelamiento de las baterías, se consideran los indicadores fundamentales para poder comprender los estados del trabajo acumulador, por ende, se define por la siguiente ecuación para definir el estado de carga (SOC), que es el indicador que determina la energía eléctrica que se encuentra almacenada en las baterías:

$$SOC(t) = \frac{1}{C(t)} \int_0^t nc(t) * I(t) * \delta t \quad [19]$$

Donde:

C(t): Capacidad de la Batería (A/H)

nc(t): Eficiencia de la Carga

I(t): Corriente que circula a través de la batería.

δt : Variación de Tiempo

3.7.1.4.3. Cálculo del Nivel de Energía de las baterías

De la misma manera se considera el indicador LOE (Nivel de Energía), el cual proporciona información sobre la cantidad de energía que posee las baterías en condiciones de trabajo normal:

$$LOE(t) = \frac{1}{Cn} \int_0^t nc(t) * I(t) * \delta t \quad [20]$$

Donde:

Cn: Capacidad máxima de trabajo (A/H)

nc(t): Eficiencia de la Carga

I(t): Corriente que circula a través de la batería.

δt: Variación de Tiempo

3.7.1.5. Regulador de carga de la batería.

La función de este componente es evitar la sobre descarga, con lo cual, se previene una posible descarga profunda y también está la prevención de sobrecargas, donde, se reduce la posibilidad de que se dé un exceso en la emisión de gases, que pudieran ocasionar que se pierdan electrolitos. A continuación, se presentan en Figura 3-12, datos importantes sobre la función de los reguladores frente a estas situaciones [18]:

Sobredescarga	Sobrecarga
	
<input type="checkbox"/> Se da en las noches o cuando existe debilidad en la irradiación.	<input type="checkbox"/> Provocan la sulfatación de las baterías.
<input type="checkbox"/> De darse el caso, se desconecta la carga de la batería.	<input type="checkbox"/> En caso de sulfatación las baterías se desconectan del generador FV,
<input type="checkbox"/> La sobredescarga debe ser menor al 80% de la carga total.	<input type="checkbox"/> Se conectan cuando desaparece el riesgo.
<input type="checkbox"/> Si se producen descargas profundas frecuentes, deberán ser menor o igual a 60%	

Fig. 3.15 Funciones de los reguladores de carga [18].

A continuación, en la figura 3-13, se presenta una imagen de los reguladores de carga para sistemas fotovoltaico:



Fig. 3.16 Regulador de carga de la batería [18].

Existen dos tipos de reguladores de carga, los cuales pueden ser PWM o MPPT, mismos que serán descritos a continuación en la Figura 3.17:

PWM (modulación por ancho de pulsos)	MPPT (seguidor del punto de máxima potencia)
<ul style="list-style-type: none">• Es más económico y se recomienda para pequeños sistemas solares de bajo coste.• Solo puede utilizarse si la tensión nominal de las placas solares y las baterías es la misma, por ejemplo, con placas solares 12V y baterías 12V.	<ul style="list-style-type: none">• Son mucho más eficientes ya que se encargan de ajustar la tensión entrante de paneles a la que precisa la batería según su etapa de carga, por ello pueden sacar alrededor de un 30% más de energía que un PWM.• El único requisito es una tensión nominal en paneles superior a la tensión de trabajo en baterías y son la única opción posible cuando se utilizan paneles con un voltaje no estándar.

Fig.3.17 Diferencias entre los tipos de reguladores de carga [18].

Los cálculos que se deben realizar al momento de dimensionar un controlador son los siguientes:

$$I_{ent} = 1,25 x I_{MODSC} x N_p \quad [21]$$

Donde:

I_{MODSC} : Corriente unitaria del módulo fotovoltaico en condiciones de cortocircuito

N_p : Número de ramas en paralelo

Factor de seguridad para evitar daños ocasionados por el controlador:

$$I_{sal} = \frac{1,25x \left(P_{DC} + \frac{P_{AC}}{N_{inv}} \right)}{V_{bat}} \quad [22]$$

Donde:

P_{AC} : Potencia de cargas AC

P_{DC} : Potencia de cargas DC

3.7.1.6. Inversor

El inversor a conexión entre el sistema de energía solar y la red eléctrica, además es un elemento muy importante porque no solo convierte la corriente continua que producen los módulos de energía solar, sino que también es el dispositivo encargado de sincronizar la onda generada. capacidad de la red y asegúrese de que los paneles estén funcionando lo más cerca posible de la capacidad máxima [19].

La eficiencia del inversor es un valor que indica cuánta energía continua (potencia de entrada) se convierte en energía alterna (potencia de salida) y que tiene relación con las especificaciones del fabricante. En general, se consideran dos tipos de pérdidas eléctricas en estos equipos:

Las dependientes de la potencia de entrada, causadas por la conmutación de los interruptores de potencia y las pérdidas en los conectores en el lado de continua, y;

Las de tipo independientes, producidas en el propio inversor inherentes al funcionamiento de sus circuitos [19].

La conexión del inversor se efectúa en baja tensión (210/121 V en sistemas trifásicos y 120/240 V en sistemas monofásicos a tres hilos) [19].

A continuación, en la figura 3-15, se presenta una imagen de un inversor para sistemas fotovoltaico:



Fig.3.18 Inversor [19].

El parámetro que se debe calcular antes de escoger el inversor es la potencia del mismo, sin embargo, se debe dimensionar con un 20% adicional para evitar daños por picos al arranque de los componentes.

El parámetro que se debe calcular antes de escoger el inversor es la potencia del mismo, sin embargo, se debe dimensionar con un 20% adicional para evitar daños por picos al arranque de ciertos componentes. La potencia del inversor se obtiene con la siguiente ecuación:

$$P_{inv} = 1,2 \times P_{AC}$$

[23]

Donde:

P_{inv} : Potencia del inversor

P_{AC} : Potencia de las cargas

3.7.1.7. Eficiencia de conversión del inversor para conexión a red.

En particular, el inversor para conexión a red, cumple la función de adaptar las señales eléctricas a las condiciones requeridas para lograr la inyección de energía a la red de baja tensión. Esta modificación en las características de las señales de tensión y corriente generadas por el arreglo de módulos fotovoltaicos lleva asociada un costo energético que puede ser evaluado a partir de la determinación de la eficiencia del sistema de conversión cuya variación puede ser modelada mediante la ecuación propuesta por [19]:

$$\eta = \frac{P_o}{P_o + (k_0 + k_1 \cdot P_o + k_2 \cdot P_o^2)} \quad [24]$$

donde:

$P_o = \frac{P_{o-AC}}{P_{nom}}$ es la potencia de salida (P_{o-AC}) normalizada a su valor nominal (P_{nom}).

3.7.1.8. Pérdidas en el inversor

En los paneles solares, clase MW, se puede perder mucha energía debido al proceso de conversión de los inversores. La potencia de salida de corriente alterna (AC) depende directamente de la relación entre la entrada de DC del panel solar y la eficiencia del inversor. Las pérdidas del inversor se deben principalmente a los tiempos de espera en vacío, la conversión de energía en pérdidas resistivas en los semiconductores.

$$n_b = \frac{P_{out}}{P_{in}} \quad [25]$$

$$P_{out} = P_{in} - (b_0 + b_1 \cdot p_{in} + b_2 \cdot p_{in}^2)$$

Donde:

$P_{nominal}$

= es la potencia nominal de salida del inversor (W)

$$P_{in} = \frac{P_{entrada}}{P_{nominal}} \quad [26]$$

4. MATERIALES Y MÉTODOS:

4.1. MÉTODOS

4.1.1. La investigación

Este es el elemento principal para poder encontrar todas las necesidades fundamentales que necesitamos para un mejor desarrollo, el cual mejora el desempeño en los futuros profesionales cuyo objetivo puede ser el campo laboral, ya que, si no tenemos en cuenta una buena investigación acerca del tema a tratar, no podemos avanzar en ningún lugar, ya que, nuestro conocimiento es la mejor arma para avanzar a grandes pasos.

4.1.2. Investigación descriptiva

Con la realización de investigación, mediante fuentes bibliográficas importantes, se toman decisiones para lograr un análisis a profundidad de los parámetros eléctricos, logrando con esto fomentando ideas claras y precisas para resolver las dudas que vayamos obteniendo durante el estudio.

4.1.3. Método Inductivo

A partir de las investigaciones realizadas a profundidad se llega a la conclusión de que se requiere un análisis en los parámetros fundamentales de los circuitos eléctricos y elementos fotovoltaicos como es el voltaje, la corriente, el factor de potencia y las potencias activa, reactiva y aparente, el cual permite realizar estudios de consumo de la energía eléctrica.

4.1.4. Método Cuantitativo

Siendo como principal objetivo la realización de investigación, se emplea un análisis de comportamiento lumínicos que corresponden claramente a las configuraciones con el sistema

climático. Con esto se comprueba una vez más que la radiación solar resulta el determinante principal del comportamiento lumínico.

4.2. INSTRUMENTOS

4.2.1. La medición

Para poder obtener los datos necesarios entregados por el monitoreo de los sistemas fotovoltaicos será necesario varios instrumentos de medición como son:

4.2.2. Analizador de carga FLUKE 1735.

El registrador trifásico de datos eléctricos Fluke 1735 es la herramienta de análisis de energía y calidad eléctrica más versátil y polivalente del mercado por su precio y es ideal para realizar estudios de energía y registros básicos de la calidad de la energía [21].

Este dispositivo se utiliza como base para calibrar los valores de los parámetros eléctricos proyectados en el módulo experimental [21].

Aparte de ser la herramienta importante para el ingeniero electricista, el Fluke 1735 trae muchas aplicaciones con las que se puede medir, como son [21]:

- **Estudios de carga:** Verifique la capacidad del sistema eléctrico antes de agregar cargas.
- **Evaluaciones de energía:** Calcule el consumo antes y después de las mejoras para justificar los dispositivos de ahorro de energía [21].
- **Medidas de los armónicos:** Identifique problemas causados por armónicos que puedan dañar o afectar a equipos críticos.
- **Captura de eventos de voltaje:** Supervise las fluctuaciones que provocan falsos reinicios o disparos inesperados del interruptor automático [21].

4.2.3. Amprobe ADC-41PQ TRU RMS

La pinza amperimétrica es un tipo especial de amperímetro que permite obviar el inconveniente de tener que abrir el circuito en el que se quiere medir la corriente para colocar un amperímetro clásico [22].



Fig.4.1. Pinza Amperimétrica [22].

4.2.3.1. Funcionamiento

El funcionamiento de la pinza se basa en la medida indirecta de la corriente circulante por un conductor a partir del campo magnético que dicha circulación de corriente genera. Sólo una corriente variable (alterna) generaría un campo magnético variable capaz de inducir una f.e.m. en las espiras de la pinza, por lo tanto, según su principio de funcionamiento la pinza sólo sería capaz de medir corriente alterna. Sin embargo, existen pinzas amperimétricas capaces de medir corriente continua gracias al efecto hall [22].

4.2.4. Multímetro FLUKE 117 TRY RMS

El multímetro para electricistas Fluke 117, con su detección de voltaje sin contacto integrada y la función AutoV/LoZ evita las lecturas falsas producidas por voltaje fantasma, es el medidor perfecto para los electricistas. De hecho, usuarios de todo el mundo han afirmado que el 117 es una inversión en precisión [23].

El Fluke 117 proporciona lecturas de mín./máx./promedio, mediciones de frecuencia y capacitancia. El Fluke 117, con su diseño fácil de usar, le ahorrará tiempo y le permitirá cambiar de un trabajo a otro con facilidad [23].

Se utiliza para mediciones de corriente y voltaje para determinar porcentajes de eficiencia.

Función principal:

- Baja resistencia de entrada: ayuda a evitar lecturas erróneas de los voltajes del medidor.
- RMS para una medición precisa de cargas no lineales.
- Medida 10A (sobrecarga 20A durante 30 segundos).

- Se registran los valores mínimo, máximo y promedio y se indica el tiempo transcurrido para detectar fluctuaciones de señal.

4.3. SOFTWARE

4.3.1. Arduino

Arduino es una plataforma para crear artefactos electrónicos, que opera bajo la filosofía de hardware y software libre (accesible). Se caracteriza por su fácil uso y flexibilidad a la hora de realizar cualquier proyecto [24].

4.3.1.1. Estructura del Arduino

El Arduino es una placa basada en un microcontrolador ATMEL. Los microcontroladores son circuitos integrados en los que se pueden grabar instrucciones, las cuales las escribes con el lenguaje de programación que puedes utilizar en el entorno Arduino IDE. Estas instrucciones permiten crear programas que interactúan con los circuitos de la placa [24].

El microcontrolador de Arduino posee lo que se llama una interfaz de entrada, que es una conexión en la que podemos conectar en la placa diferentes tipos de periféricos. La información de estos periféricos que conectes se trasladará al microcontrolador, el cual se encargará de procesar los datos que le lleguen a través de ellos [24].

4.3.1.1.1. Arduino Mega

El Arduino Mega es probablemente el microcontrolador más capaz de la familia Arduino. Posee 54 pines digitales que funcionan como entrada/salida; 16 entradas análogas, un cristal oscilador de 16 MHz, una conexión USB, un botón de reset y una entrada para la alimentación de la placa [25].

Puede ser alimentado mediante el puerto USB o con una fuente externa de poder. La alimentación se le puede seleccionar de manera automática.

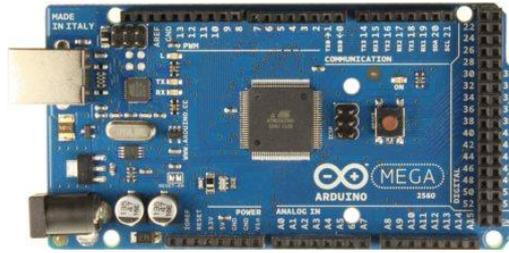


Fig.4.2. Arduino Mega [25].

4.3.2. SENSOR DE TEMPERATURA DS 18B20

El DS18B20 es un sensor de temperatura en el cual se lleva la conversión analógica a digital dentro del encapsulado, facilitando el resultado de dicha conversión a través de una interfaz digital llamada 1-wire [26].

El sensor de temperatura DS18B20 se puede encontrar en diversas formas, entre las cuales destacamos 2 que son bastante comunes:

El encapsulado TO-92 (usado comúnmente en transistores) [26].

El sensor tipo sumergible, que es fabricado por terceros utilizando sensores en encapsulado TO-92 colocados dentro de una cubierta impermeable de acero inoxidable [26].

El sensor DS18B20 utiliza una interfaz digital propietaria para transferir la información hacia el microcontrolador conocida como “1-Wire”. Como el nombre lo indica, solamente requerimos una línea de datos (además de la alimentación) entre el microcontrolador y uno o varios dispositivos que participan en el bus [26].



Fig. 4.3 Sensor de temperatura DS18B20 [26].

4.3.3. LabVIEW

(Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) de National Instruments es un ambiente de programación basado en programación gráfica y no en texto como lo son lenguajes de programación tradicionales como C, C++ o java. Labview es un desarrollo de programación interactivo y un sistema de ejecución diseñado para personas como científicos o ingenieros que sin ser informáticos necesitan programar como parte de su trabajo.

Con una forma de programación gráfica que ayuda al usuario la visualización, creación y codificación de sistemas de ingeniería, LabVIEW es una fuente de ayuda para que los ingenieros puedan desarrollar sus proyectos, disminuyendo los tiempos de programación y otorgando un análisis de información según la información obtenida [27].

4.3.3.1. Aplicaciones LabVIEW

- **Adquisición de Datos y Procesar Señales:** Es capaz de adquirir información de cualquier sensor en cualquier bus, realizar el análisis y procesamiento de señales avanzadas, la visualización de datos en interfaces personalizadas por los usuarios y el registro de datos y generación de reportes [28].
- **Control de Instrumentos:** Automatiza la colección de datos, controla múltiples instrumentos y el análisis y visualización de señales [28].
- **Automatizar Sistemas de Pruebas y Validación:** Permite automatizar las pruebas de validación y producción de productos, control de múltiples instrumentos de manera simultánea y el análisis y visualización de resultados de pruebas con interfaces personalizadas por los usuarios [28].
- **Sistemas Embebidos de Monitoreo y Control:** Es capaz de reutilizar código ANSI C y HDL, integrar hardware comercial, generar prototipos con tecnología FPGA y permite acceso a herramientas personalizadas para medicina, robótica y más [28].

4.3.4. Schneider MP5100

Este dispositivo es un medidor de energía de montaje empotrado con una pantalla LCD retroiluminada de 96 mm por 96 mm. El medidor proporciona precisión clase 0,5S según la norma IEC 62053-22 y 64 muestras por ciclo." "La central de medida medirá energía, potencia activa y reactiva, tensión, intensidad, frecuencia, factor de potencia y hasta el armónico de orden 15." El medidor funcionará en una red de 50Hz o 60Hz y admite tensiones de alimentación de 1 a 415 VCA y de 125 a 250 VCC [29].

"La corriente nominal de línea para este medidor es de entrada de 1A o 5A y soportará configuraciones de fase única y neutral, de fase triple o de fase triple y neutra." "El rango de tensión de medición entre las fases es de 35 a 690 VCA a 47 a 63 Hz." "El rango de medición entre fase y neutro es de 20 a 400VCA a 47 a 63 Hz." "La comunicación es sólo salida de pulso." "El medidor también cuenta con 33 alarmas configurables." "Las dimensiones del producto son las siguientes: ancho 3,78 pulgadas (96 milímetros), profundidad 2,83 pulgadas (72 milímetros), altura 3,78 pulgadas (96 milímetros) y peso del producto 13,4 onzas (380 g) [29].



Fig. 4.4. Schneider MP5100(Autor)

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.

5.1. EQUIPOS A UTILIZARSE PARA LA EJECUCIÓN DEL ESTUDIO

- 4 módulos fotovoltaicos policristalinos
- 4 paneles fotovoltaicos policristalinos adaptados en el techo del laboratorio de Smart Grid.
- 4 reflectores con luz alógena, uno para cada panel, logrando simular la luz solar dentro del laboratorio
- Mecanismo similar a los de LUCA NULLER, que girara a los paneles solares simulando la rotación solar.
- 4 DIMMER uno para cada reflector, controlando el sí, la intensidad de la luz de los reflectores.
- Un sistema de medición de voltaje y corriente DC para los paneles solares
- 2 baterías para la carga de energía
- 2 inversores de voltaje para alimentar las cargas
- Un monitoreo de parámetros eléctricos, que nos permite verlos mediante una pantalla y poder descargarlos mediante archivo.xlsx

Como podemos darnos cuenta, el estudio de los componentes lo realizamos mediante el uso de proyectos anteriormente en desuso, ya que estos se encontraron en el laboratorio de energías renovables, muchos de estos componentes fotovoltaicos lo fuimos desglosando en diferentes campos, como son las baterías, los inversores y los paneles ya que son las principales componentes para poder realizar el estudio y el cálculo de la eficiencia energética.

A continuación, se presenta un diagrama de bloques del diseño del módulo fotovoltaico, en el cual al inicio tiene la función de decidirse por las conexiones de los paneles solares y en segundo para el análisis de los paneles con los reflectores, una vez realizado estas conexiones el mismísimo controlador tiene el apartado para la conexión de 2 baterías las cuales se encuentran en serie o en paralelo, el siguiente bloque corresponde a la conexión de las baterías con los inversores, ya sea en serie o en paralelo, esto depende a la conexión de los inversores, ya que estos son de 1500 W correspondiente a 12 V y 3000 W correspondiente a 24 V, el cual permitirá conectar cargas de CA a 110-120V por consiguiente al usar estas cargas se analiza,

la corriente, el voltaje , la potencia y conjunto a esto adaptamos un sensor de temperatura que nos ayudara a conocer el nivel en el que se encuentra el ambiente.

Estos resultados se mostrarán en una hoja de Excel que nos entregara el programa de LabVIEW, cuyos valores se podrán visualizar mediante el dispositivo se encuentre activo y conectado a la internet, permitiendo analizar los estudiantes la eficiencia que genera estos elementos fotovoltaicos de acuerdo a los cambios climáticos que se van teniendo durante los días en el que se encuentra activo el programa.

5.2. DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO



Fig.5.1 Diagrama de bloques del módulo fotovoltaico(autor)

5.2.1. Medidas de radiación y ángulos de inclinación

Mediante el uso del pirómetro y la graduación de los reflectores, se toman diferentes datos para poder conocer la cantidad de radiación que emite los reflectores encendidos a su máxima potencia, ya que se puede conocer que en la ciudad de Latacunga la radiación máxima pica empieza entre las 10:00 am y 13:00 cuya radiación máxima es de 1971 W/m [30], entonces se llega a la conclusión de que los reflectores, tan solo aportan en el mejor de los casos la mitad de la irradiación a comparación con el sol.

Panel Solar	Medición en grados				
	90 grados	70 grados	50 grados	30 grados	10 grados
Panel 1	610 W/m ²	540 W/m ²	308 W/m ²	100 W/m ²	61 W/m ²
Panel 2	608 W/m ²	545 W/m ²	307 W/m ²	104 W/m ²	56 W/m ²
Panel 3	680 W/m ²	580 W/m ²	321 W/m ²	109 W/m ²	60 W/m ²
Panel 4	609 W/m ²	520W/m ²	309 W/m ²	93 W/m ²	57 W/m ²

Tabla 5.1. Medida de irradiación por panel y por los ángulos de inclinación(autor)

5.3. SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES

5.3.1. Divisor de tensión y el sensor de voltaje en el Arduino

Un divisor de tensión es una configuración de los circuitos eléctricos que reparten la tensión de cada fuente, entre una o más impedancias que están conectadas en serie.

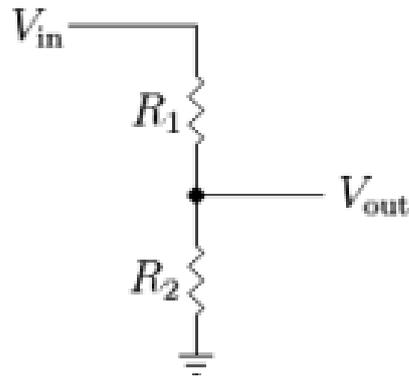


Fig.5.2 Divisor resistivo

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} * V_{in}$$

Donde:

V_{out} =Es el voltaje de salida, (V)

R_1 = Primera resistencia del circuito, (Ω)

R_2 = Segunda resistencia del circuito, (Ω)

V_{in} = Voltaje de entrada al circuito en serie, (Ω)

Con este circuito podemos tener una señal cercana a los cinco voltios con las dos resistencias, cuyos valores son de 220 K Ω para R2 y 10 K Ω para R1, ya que los voltajes de entrada para el inversor serán de 110V y luego se desplazará al cuadrante positivo mediante una suma de voltajes con la batería de 9 v.

5.4. DETERMINACIÓN DE VARIABLES

5.4.1. Potencia Eléctrica en AC y DC

Los valores la potencia eléctrica lo obtuvimos de acuerdo a la cantidad de energía eléctrica que fue transferida de las fuentes generadoras de los elementos que manipulados para realizar el estudio.

5.4.2. Voltajes en AC y DC

Es la cantidad de energía potencia suministrada que se obtuvo de dos puntos y que nos sirve para poder calcular los diferentes parámetros.

5.4.3. Potencia de entra y salida en AC y DC

Es el parámetro que nos indica la cantidad de energía transferida desde las fuentes del generador, el resultado de la potencia es la multiplicación entre corriente y el voltaje ($P=C*V$)

5.4.4. Temperatura

Con el sensor de temperatura ds18b20 utiliza la interfaz digital propietaria, para transferir la información hacia el microcontrolador y poder conseguir los datos que van surgiendo de acuerdo al tiempo y al cambio climático.

5.4.5. Eficiencia energética

Hace referencia a la capacidad para la obtención de mejores resultados, empleando la menor cantidad que se ha posible de recursos energéticos.

5.4.6. Funcionamiento en la adquisición de datos

Una vez realizado el circuito y la programación del software, procedemos con la comparación de datos obtenidos de cada uno de los parámetros, encontrando la mejor opción y configuración de los componentes utilización para el proceso de la obtención de la eficiencia energética; una vez obtenidos los resultados esperados se procede a las pruebas obteniendo los siguientes resultados.

5.5. RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la presente tesis se han recolectado datos que corresponden a los parámetros requeridos para su respectivo análisis, el cual se realizara de acuerdo al las estadistas o resultados adquiridos durante este lapso de tiempo.

Estos datos se han ido recolectando durante el lapso de 1 hora, durante un tiempo determinado, tiempo suficiente para conocer los diferentes cambios que existen entre entre los parámetros adquiridos.

Sistema de Baterías 24V		
Carga	Porcentaje	Voltaje (V)
Excelente	100%	25,4
Muy bien	75%	25
Bueno	50%	24,4
Déficit	30%	24
Descargada	15% a 10%	23,2

Tabla 5.2 Parámetros por el cual se va a trabajar

Sistema de Baterías 12V		
Carga	Porcentaje	Voltaje (V)
Excelente	100%	12,7
Muy bien	75%	12,5
Bueno	50%	12,2
Déficit	30%	12
Descargada	15% a 10%	11,6

Tabla.5.3 Porcentaje de carga y descarga de las baterías de 12 V (Datos de fabricante).

	Descripción	Unidad
1	Voltaje	VDC
2	Irradiación	W/m ²
3	Temperatura	°C

Tabla.5.4 Porcentaje de carga y descarga de las baterías de 24V (Datos del fabricante)

5.5.1. Paneles fotovoltaicos

Para la obtención de datos para la eficiencia energética de los paneles solares se ocuparon de tipo Policristalino ya que estos se caracterizan por tener una estructura cristalina no uniforme, la producción de estas células no representa costos muy elevados.

En la tabla 5.5. según el fabricante nos muestra la información y las características más importantes con respecto a tipo de panel.

Denominación	Nomenclatura	Valor
Potencia Máxima	P _{max}	50 W
Voltaje Máximo	V _{max}	17,68 V
Corriente Máxima	I _{max}	2,83 A
Tolerancia	Δ	0 + 3%
Voltaje Circuito abierto	V _{oc}	21,68 V
Corriente en Circuito Abierto	I _{cc}	3,01 A
Irradiación	I _r	1000 W/m ²
Temperatura	T	25°C

Tabla 5.5 Características Técnicas del panel policristalino ZONHAN ZM-50P6-36

El voltaje máximo que produce los paneles solares según su inclinación fue estudiado y reportado en la tabla 5.6, estos han servido para determinar el grado de inclinación más eficiente, para la conversión de la energía radiante en energía eléctrica y con ello la obtención de los datos para su respectiva comparación de acuerdo a los paneles que se vayan conectando.

<i>Inclinación</i>	<i>Radiación Solar w/m2</i>	<i>Promedio</i>	<i>Máximo</i>	<i>Mínimo</i>
<i>Grados</i>	<i>W/m2</i>	<i>(V)</i>	<i>(V)</i>	<i>(V)</i>
90 grados	610	18,465	18,63	18,3
70 grados	540	18,175	18,5	17,85
50 grados	308	16,25	16,4	16,1
30 grados	100	16,6	17,5	15,7
10 grados	61	15,5	15,7	15,3

Tabla 5.6 Máximos voltajes generados para los paneles policristalinos

5.5.2. Baterías a utilizarse

El acumulador de energía o también conocido como batería brinda energía durante las horas necesarias, la capacidad de almacenamiento y demás características técnicas del sistema de almacenamiento se describe en la tabla 5.6.

Denominación	Nomenclatura	Valor
Tensión Nominal	V_{nom}	12 V
Capacidad	P_{nom}	370 W
Corriente Nominal	I_{nom}	30 A
Rango de Temperatura	T_{nom}	20°C - 60 °C

Tabla 5.7 Características Técnicas de la batería DC12-100

5.5.3. Conexión y configuración del equipo a medir

A continuación, se conectan todos los elementos de la generación fotovoltaica como son el inversor para realizar la conversión de energía de DC a AC el cual nos facilita, la descarga de las baterías para distribuir a diferentes cargas que se vaya a utilizar, luego tenemos el controlador o regulador de carga ECOPULSE (PWM) que detecta voltajes de las baterías de 12 V a 24 V, cuya corriente máxima abastece de 10 a 30 A, el cual nos servirá para poder visualizar en tiempo real los voltajes que se van obteniendo en la carga y descarga de las baterías, cuya carga es abastecida por varios paneles solares cuya voltaje abarca los 12 V a 2,83 A.

A. Conexión y recolección de datos con los equipos y 1 modulo fotovoltaico

Tensión y corriente de la carga		
Instrumento Utilizado	Unidad de medida	Tiempo de muestra
Fluke 87 V	Voltios-Amperios	1 hora/día

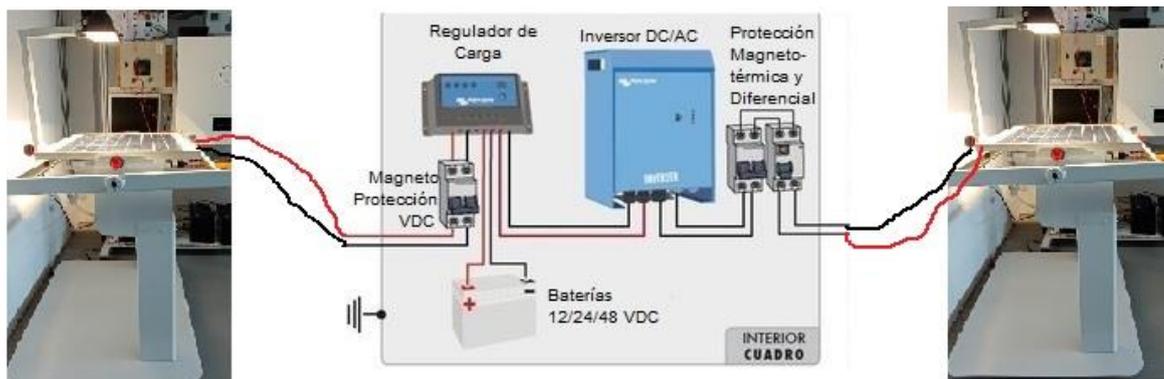


Fig.5.3 Descripción de la conexión y carga y descarga.

La conexión se realizó con los módulos fotovoltaicos modelo LUCAS NULLER, en el cual en este módulo podemos tener diferentes ángulos de orientación y de inclinación ya sea del panel solar como del reflector, cuyo elemento nos proporciona 500W de energía, en el cual simulamos una intensidad casi parecida a la del sol.

Estos módulos al ser didácticos nos proporcionan mucha información necesaria, con respecto a la radiación solar, como el voltaje que nos proporciona el panel solar que se encuentra instalado en el mismo.

Con este tipo de conexión obtenidos los siguientes datos:

<i>Sistema de Paneles Solares</i>				
<i>Tipo</i>	<i>Potencia W</i>	<i>Corriente A</i>	<i>Voltaje V</i>	<i>Radiación Solar</i>
<i>Policristalino</i>	<i>50</i>	<i>2.83</i>	<i>17.68 V (12 V)</i>	<i>1000 W/m2</i>
<i>Tiempo de registro</i>		<i>1 hora</i>		
<i>Tipo de Conexión de los paneles solares</i>		<i>Serie</i>		
<i>Tipo de Conexión de las baterías</i>		<i>Serie</i>		
<i>Equipos Utilizado</i>		<i>Fluke 87 V</i>		
<i>Escala</i>		<i>05% = 0.03V</i>		
		<i>95% = 18.60V</i>		

EFICIENCIA ENERGÉTICA CON 1 PANEL SOLAR

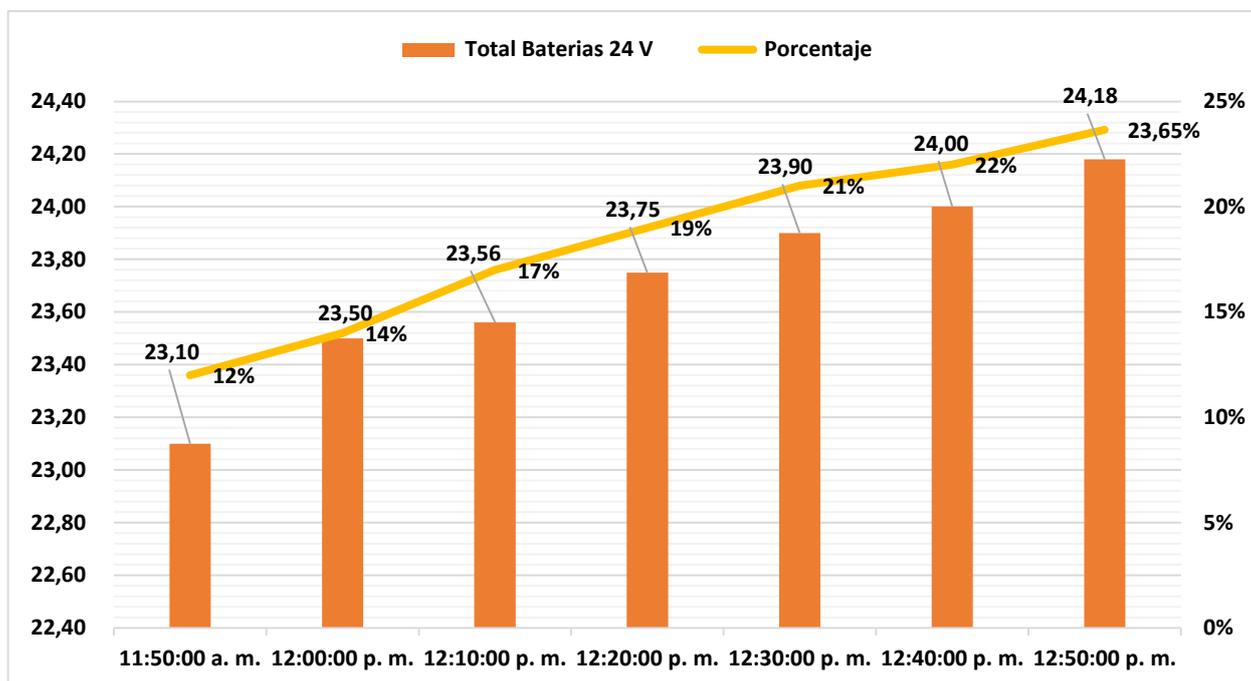


Fig.5.4 Escala de las Cargas que genera 1 panel solar en 1 hora con 2 baterías de 12 V que forman 24 V, ya que su conexión se encuentra en serie.

En la figura.5.4 nos muestras la carga de las baterías que se empieza con un voltaje de 11,20 V para la una y de 11,8 V para la otra, haciendo un total de 23,83 V manteniendo al límite la descarga total de las baterías en la cual procedemos con la carga mediante el panel solar , cuyo grados de orientación se encuentra a los 90°, ya que al mantener esta posición estamos recibiendo en su totalidad, toda la radiación solar que emite el reflector.

<i>Orientación</i>	<i>Radiación Solar w/m2</i>	<i>Voltaje V</i>
90 grados	610	18,63
70 grados	540	18,63
50 grados	308	18,63
30 grados	100	18,63
10 grados	61	18,63
Total	1619	18,63

A. Conexión y recolección de datos con los equipos con 2 módulos fotovoltaicos.

Tensión y corriente de la carga		
Instrumento Utilizado	Unidad de medida	Tiempo de muestra
Fluke 87 V	Voltios-Amperios	1 hora/día

Fig.5.5 Descripción de la conexión y carga y descarga.

La relación de porcentajes que se usa con el FLUKE 87V es : del más bajo percentil para 0,201V y del voltaje máximo de 1000v , para tanto Corriente Alterna CA, como para Corriente Continua CC, según catálogo facilitado por el fabricante.

Se muestra en la fig. 5.6, el comportamiento de la carga que genera el panel solar tomando en cuenta los siguientes parámetros:

Tiempo de registro	1 hora
Tipo de Conexión de los paneles solares	Serie – salida en Paralelo
Tipo de Conexión de las baterías	Serie
Equipos Utilizado	Fluke 87 V
Escala	05% = 0.03V
	95% = 18.60V

EFICIENCIA ENERGÉTICA CON 2 PANELES SOLARES

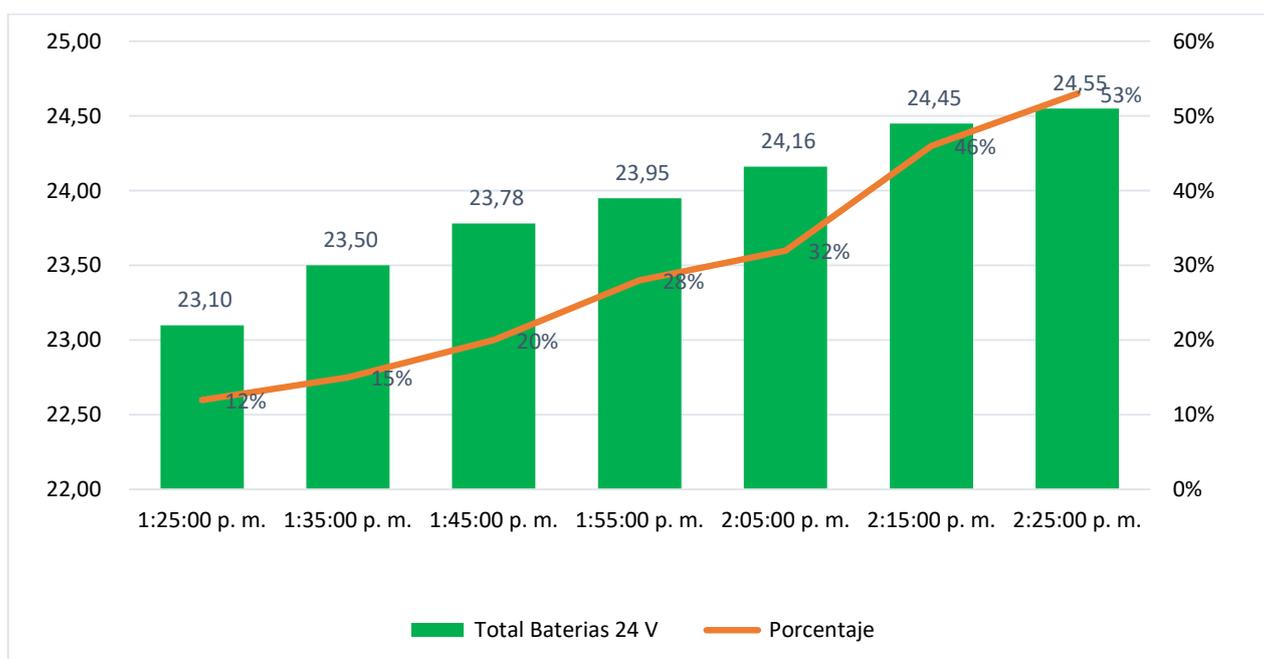


Fig.5.6 Escala de las Cargas que genera 2 panel solar en 1 hora con 2 baterías de 12 V que forman 24 V, ya que su conexión se encuentra en serie (autor).

En la figura 5.6 tenemos que al aumentar 2 paneles solares la carga aumenta ligeramente hacia las baterías, aunque una batería aumenta ligeramente un poco más que la otra, pero, su aumento es notable.

B. Conexión y recolección de datos con los equipos con 3 módulos fotovoltaicos

Tensión y corriente de la carga		
Instrumento Utilizado	Unidad de medida	Tiempo de muestra
Fluke 87 V	Voltios-Amperios	1 hora/día

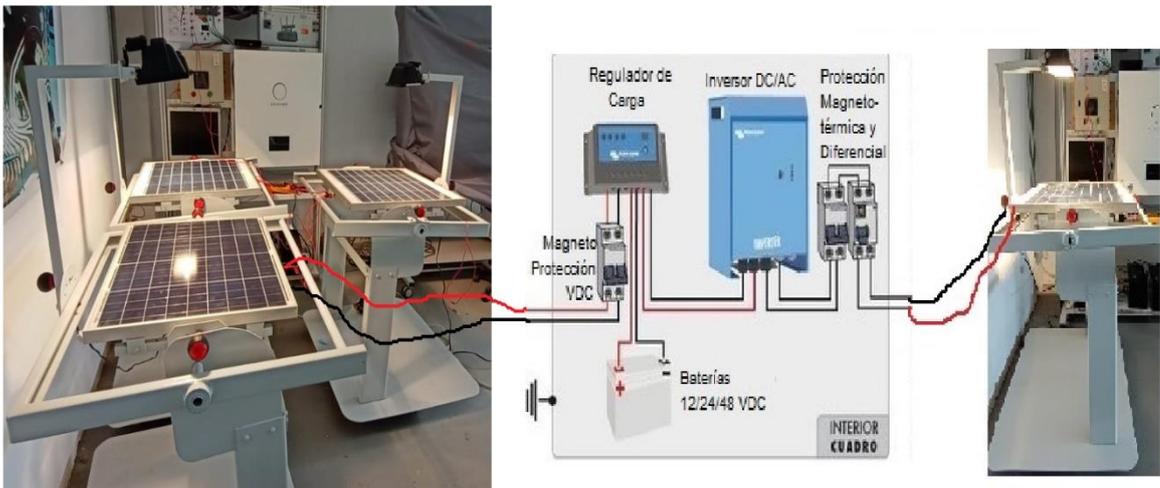


Fig.5.7 Descripción de la conexión y carga y descarga.

La relación de porcentajes que se usa con el FLUKE 87V es: del más bajo percentil para 0,201V y del voltaje máximo de 1000v, para tanto Corriente Alterna CA, como para Corriente Continua CC, según catálogo facilitado por el fabricante.

Se muestra en la fig. 5.8, el comportamiento de la carga que genera el panel solar tomando en cuenta los siguientes parámetros:

Tiempo de registro	1 hora
Tipo de Conexión de los paneles solares	3 serie – salida en Paralelo
Tipo de Conexión de las baterías	Serie
Equipos Utilizado	Fluke 87 V

Escala	05% = 0.03V
	95% = 18.60V

EFICIENCIA ENERGÉTICA CON 3 PANELES SOLARES

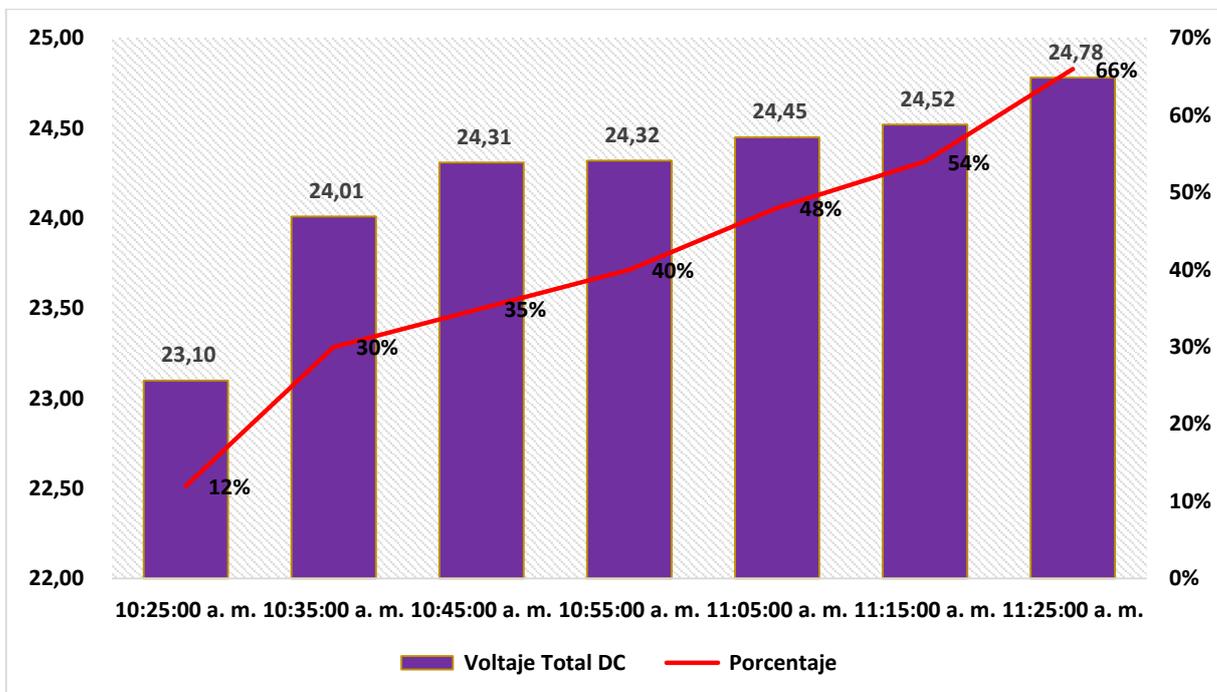


Fig.5.8 Escala de las Cargas que genera 3 panel solar en 1 hora con 2 baterías de 12 V que forman 24 V, ya que su conexión se encuentra en serie-paralelo (autor).

En la figura 5.8 se puede observar que la carga aumenta considerablemente tanto para las dos baterías, manteniendo un nivel casi igual, por lo que su carga es más eficiente con el aumento de 3 paneles solares.

C. Conexión y recolección de datos con los equipos con 4 módulos fotovoltaicos

Tensión y corriente de la carga		
Instrumento Utilizado	Unidad de medida	Tiempo de muestra
Fluke 87 V	Voltios-Amperios	1 hora/día

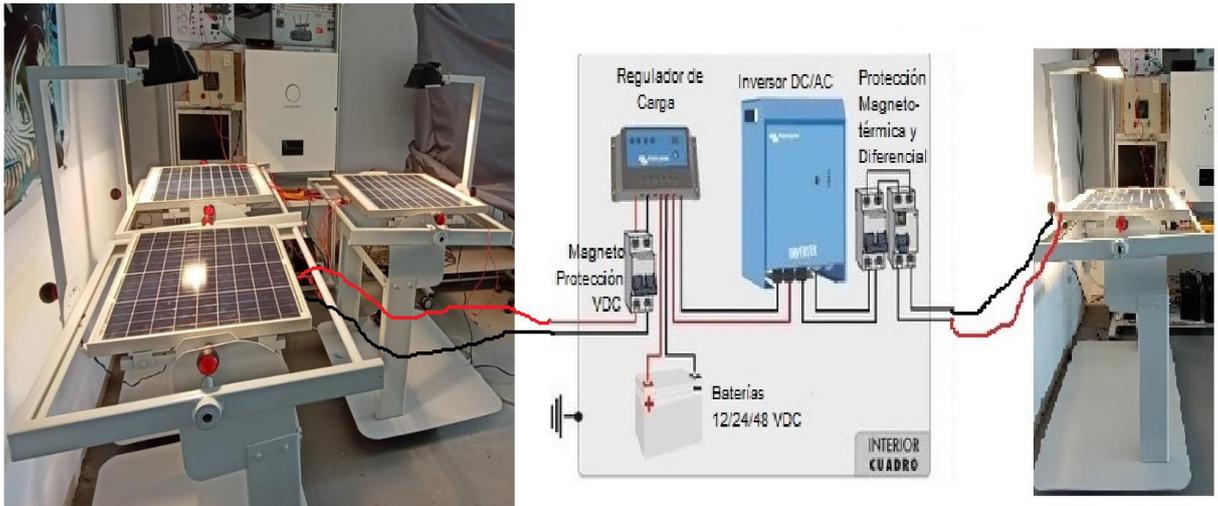


Fig.5.9 Descripción de Conexión y carga y descarga.

La relación de porcentajes que se usa con el FLUKE 87V es: del más bajo percentil para 0,201V y del voltaje máximo de 1000v, para tanto Corriente Alterna CA, como para Corriente Continua CC, según catálogo facilitado por el fabricante.

Se muestra en la fig. 5.9, el comportamiento de la carga que genera el panel solar tomando en cuenta los siguientes parámetros:

Tiempo de registro	1 hora
Tipo de Conexión de los paneles solares	4 serie – salida en Paralelo
Tipo de Conexión de las baterías	Serie
Equipos Utilizado	Fluke 87 V
Escala	05% = 0.03V
	95% = 18.60V

EFICIENCIA ENERGÉTICA CON 4 PANELES SOLARES

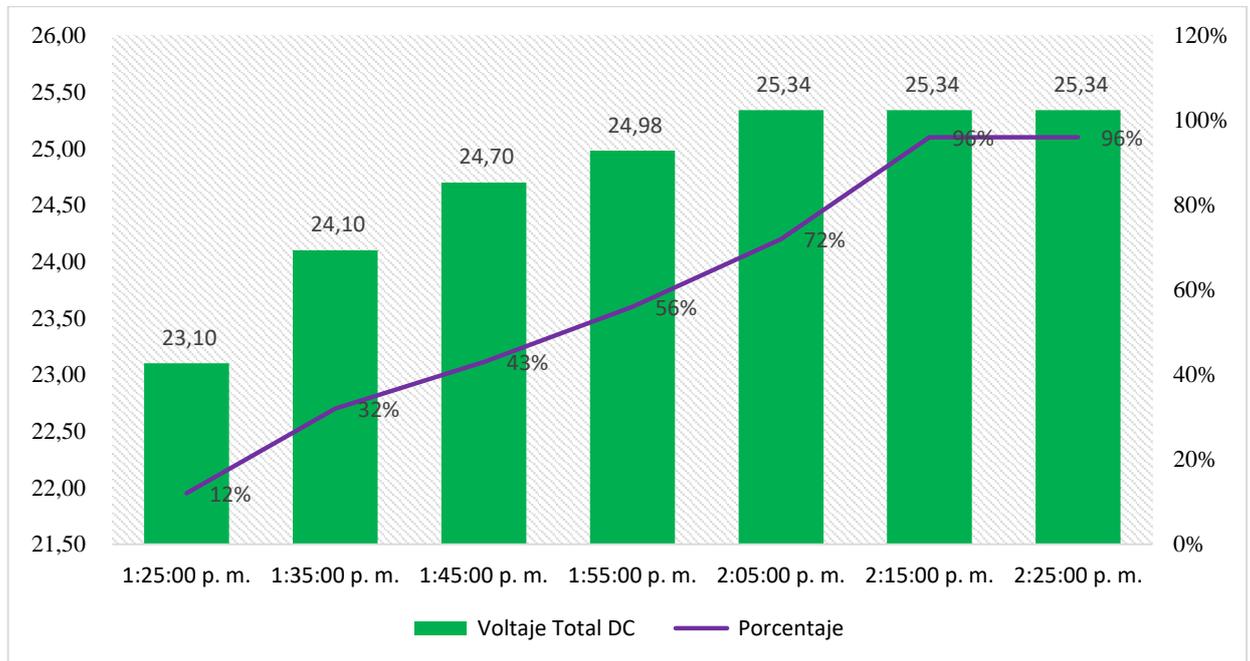


Fig.5.10 Escala de las Cargas que genera 4 panel solar en 1 hora con 2 baterías de 12 V que forman 24 V, ya que su conexión se encuentra en serie-paralelo (autor).

En la figura 5.10 se puede notar que las cargas aumentan considerablemente hasta llegar a un punto en donde su carga se estabiliza para poder llegar a su en su totalidad, es más a los 45 minutos, las baterías ya se encuentran cargadas en su totalidad.

5.5.4. Resultados de una mejor eficiencia

El análisis que se mostrará a continuación, representa el resultado de las pruebas hechas con varios paneles solares, ya que con esto quedará comprobado que el rendimiento y la eficiencia energética de las baterías mediante la carga con varios paneles solares es muy eficaz, ya que con esto nos damos cuenta de que a mayor cantidad de paneles solares mayor es su eficiencia y muy eficaz al momento de acumular energía de una manera rápida y sin contratiempos, y así aprovechar de una mejor manera la radiación solar.

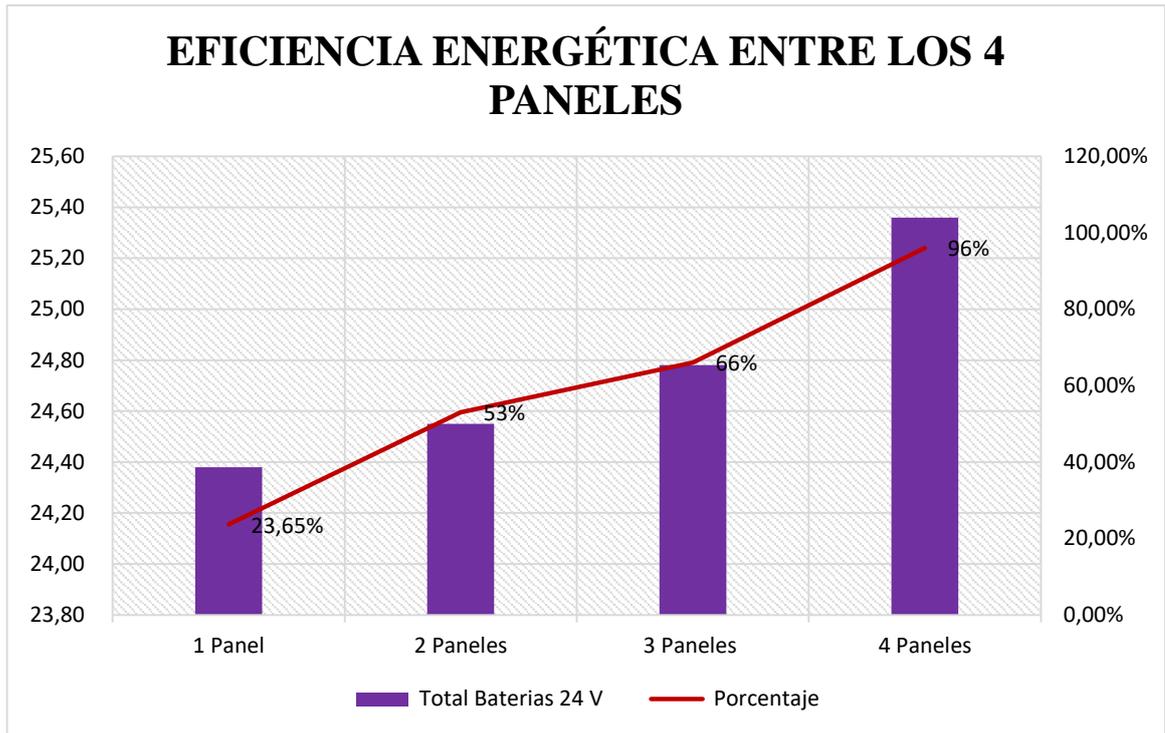


Fig5.10 Resultados de la carga que se dispone en las baterías con los paneles solares (autor).

5.5.5. Resultados con el inversor de 1500 W

Time	Corriente (A) DC	Voltaje (V) DC	Potencia DC [w]	Temperatura	Potencia [kw] AC	Eficiencia
8:00:00	1,002	24,50	24,55	12	0,01543726	63%
8:30:00	1,197	24,50	29,33	11,94	0,01195112	41%
9:00:00	0,758	24,50	18,57	11,94	0,01294329	70%
10:00:00	0,806	24,50	19,75	11,81	0,01701255	86%

Tabla 5.8 Toma de datos las primeras horas del día 8:00 am a 10:00 am

Al inicio del día se observar que la eficiencia energética a partir de las 8:00 hasta las 10:00 am tenemos una cierta variación de datos, ya que como sabemos, en las primeras horas del día, existe un déficit de radiación solar, por lo que nuestra potencia de salida va hacer baja y nuestra eficiencia energética con respecto al inversor va ser inestable.

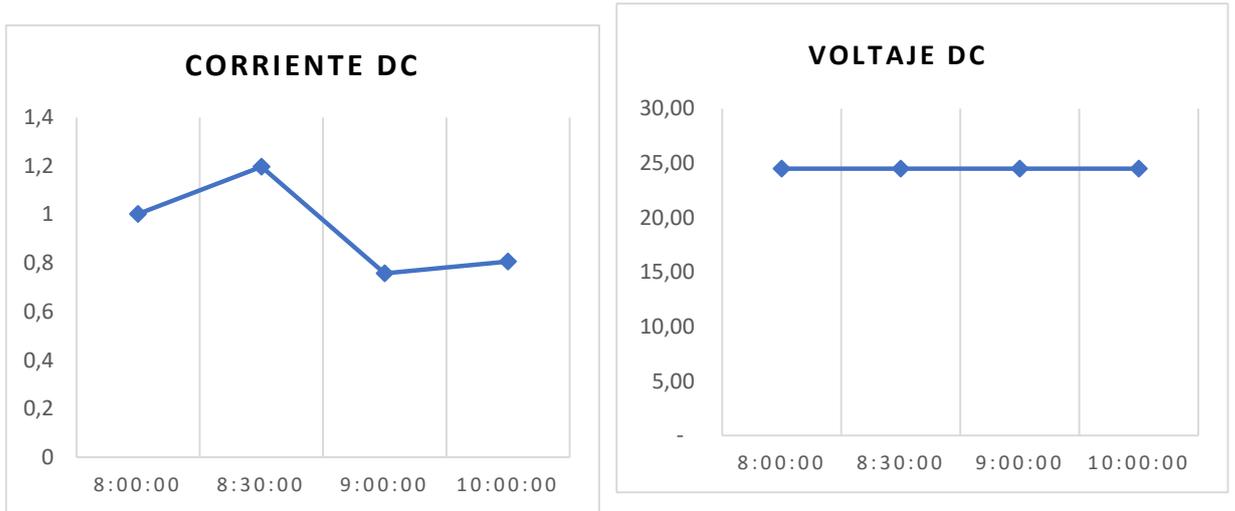
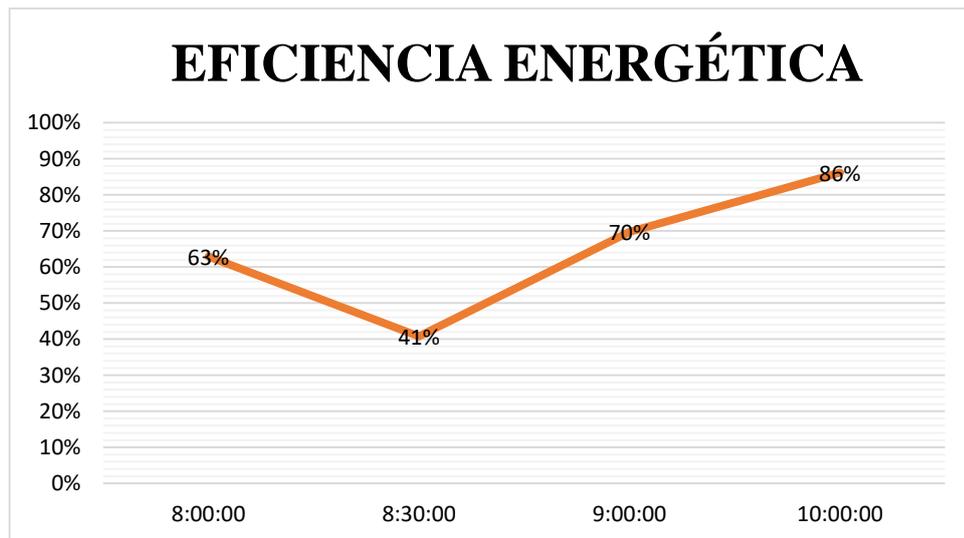


Fig. 5.11 Eficiencia energética acorde al tiempo



Time	Corriente DC (A)	Voltaje DC (V)	Potencia DC [w]	Temperatura	Potencia [kw]AC	Eficiencia
10:30:00	0,709	24,50	17,37	11,81	0,01494732	86%
11:00:00	0,904	24,50	22,15	11,75	0,01404539	63%
11:30:00	0,904	24,50	22,15	11,75	0,01799722	81%
12:00:00	0,709	24,50	17,37	11,69	0,0149258	86%
12:30:00	0,562	24,50	13,77	11,75	0,01265935	92%
13:00:00	0,611	24,50	14,97	11,63	0,01243607	83%

Tabla 5.9 Toma de datos de las 10:00 am hasta las 12:30 pm

En estas horas del día la cantidad de radiación solar aumento, ya que sabemos que a partir de las 10:00 am hasta las 13:00 pm tenemos una hora pico de temperatura elevada, teniendo con esto mejor captación de energía solar y una mejor eficiencia energética.

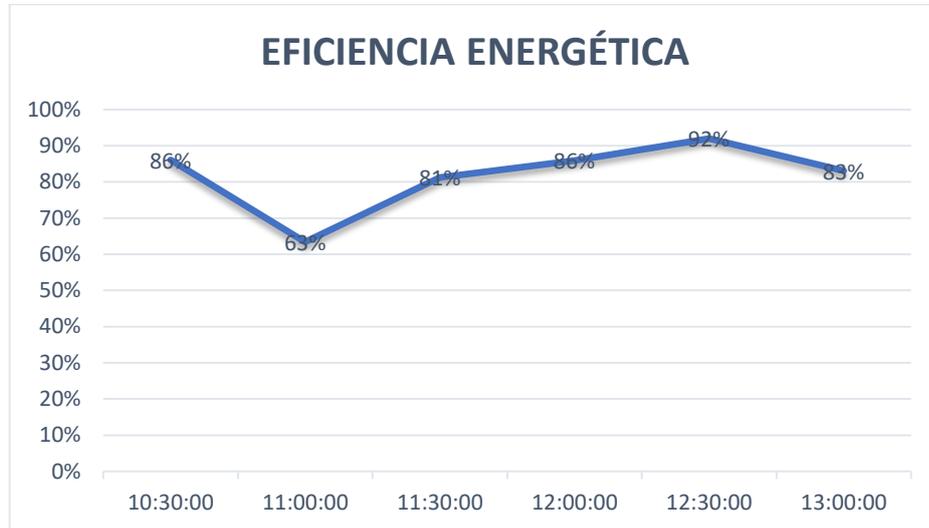


Fig.5.12 Eficiencia Energética acorde al tiempo (autor).

Time	Corriente DC (A)	Voltaje DC (V)	Potencia DC [w]	Temperatura	Potencia [kw]AC	Eficiencia
13:00:00	0,611	24,50	14,97	11,63	0,01243607	83%
14:00:00	0,904	24,50	22,15	11,69	0,01305429	59%
14:30:00	0,806	24,50	19,75	11,63	0,01363988	69%
15:00:00	0,758	24,50	18,57	11,63	0,01312912	71%
15:30:00	0,66	24,50	16,17	11,5	0,0129585	80%
16:00:00	0,611	24,50	14,97	11,5	0,01299221	87%
16:30:00	0,709	24,50	17,37	11,44	0,01248165	72%
17:00:00	0,758	24,50	18,57	11,44	0,01264238	68%

Tabla 5.9. Toma de datos de las 13:00 hasta las 17:00

En estas horas nuestra eficiencia energética fue variando de una manera inusual, ya que los días en los que procedimos a calcular el cambio climático fue inestable y al momento de captar radiación solar variaba, en las cuales se pudo determinar que hubo un aumento de energía solar a partir de las 15:30 pm, pero luego hubo pérdidas de radiación solar.

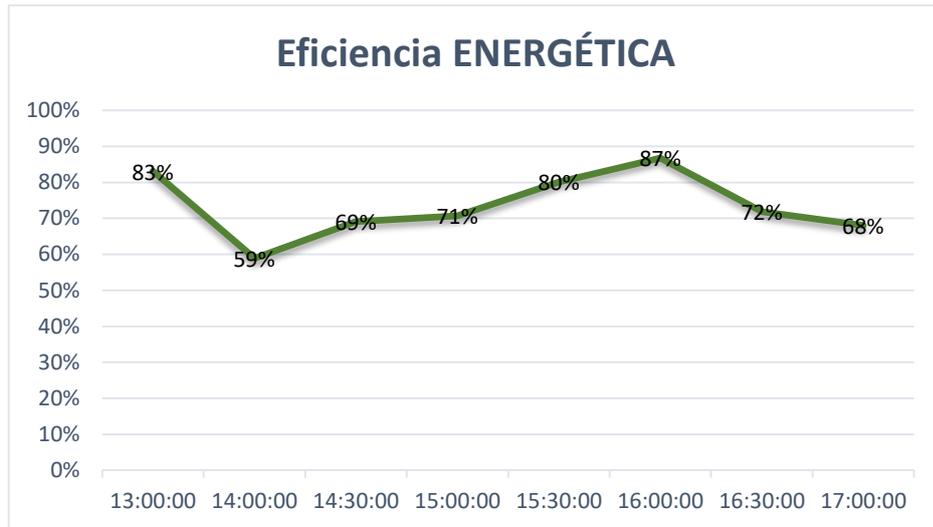


Fig.5.13 Eficiencia energética acorde al tiempo (autor).

5.5.6. Baterías.

Time	Corriente DC (A)	Voltaje DC (V)	Potencia DC [w]	Potencia [kw] AC	Eficiencia Energética
19:30:00	0,611	24,50	14,97	0,01245685	83%
20:00:00	0,66	24,50	16,17	0,01248555	77%
20:30:00	0,66	24,50	16,17	0,01248466	77%
21:30:00	0,66	24,50	16,17	0,01360217	84%
22:00:00	0,758	24,50	18,57	0,01245546	67%
22:30:00	0,806	24,50	19,75	0,01260918	64%
23:00:00	0,758	24,50	18,57	0,01249843	67%
23:30:00	0,709	24,50	17,37	0,01302106	75%

Tabla 5.10. Análisis del uso de las baterías a partir de las 18:00 hasta las 23:30

En la tabla 5.10 a partir de las 19:30 hasta las 23:00 los datos obtenidos de la eficiencia energética durante este lapso de tiempo no varía mucho, ya que en esas horas los paneles solares dejan de recibir energía solar y la eficiencia empieza a reflejar por el uso de las baterías, ya que en esos momentos la energía captada durante todo el día por las baterías empieza a actuar con la energía, motivo por el que la eficiencia energética no varía mucho y se mantiene estable como si los paneles solares estuvieran funcionando.

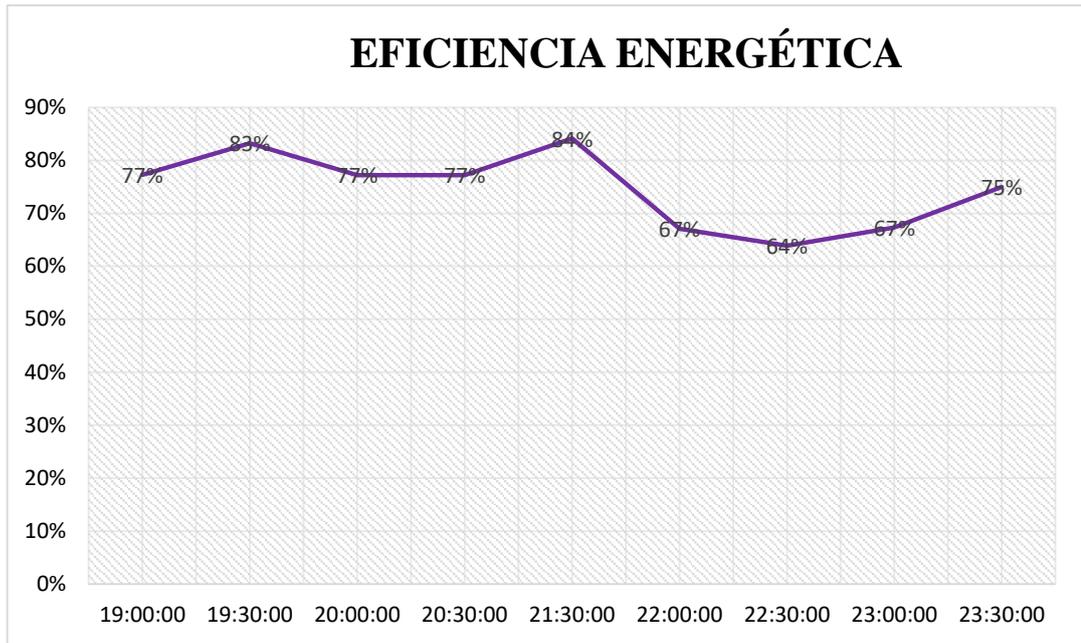


Fig.5.14 Eficiencia energética acorde al tiempo (autor).

5.5.7. Análisis final del inversor

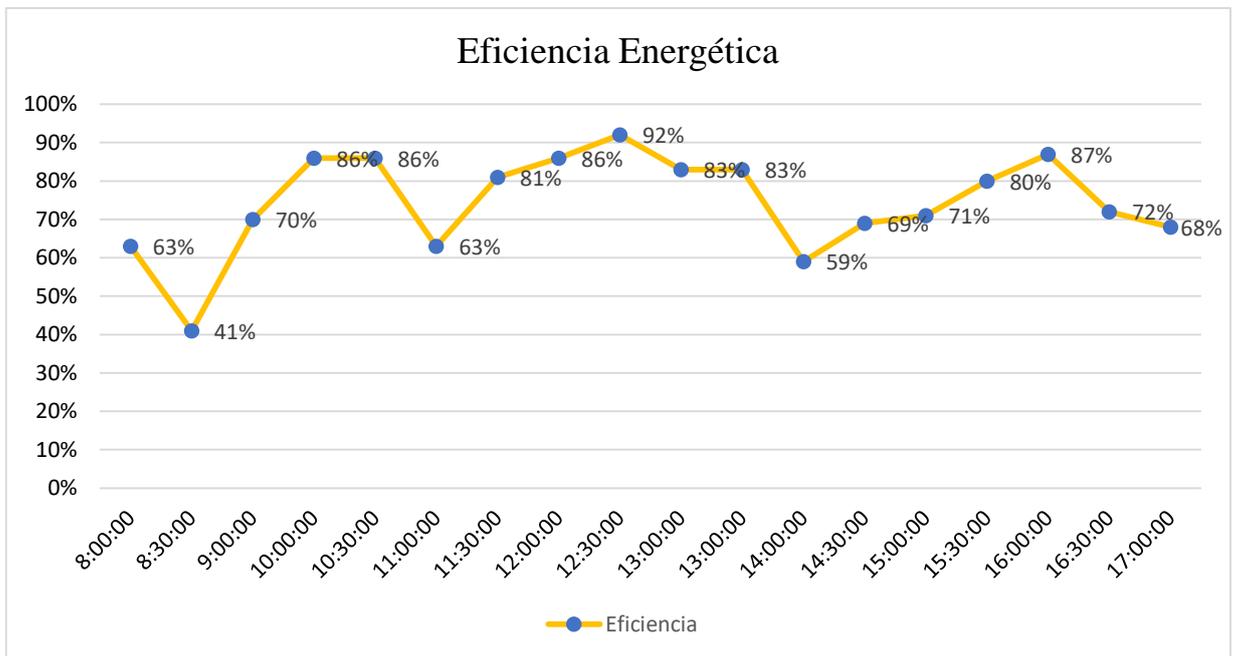


Fig.5.15 Análisis final del inversor de 1500 W-24 V (Autor).

En la figura 5.15 se puede observar claramente que su eficiencia energética es muy buena y muy notable durante un día, las pérdidas de energía son mínimas y se mantiene en su rango estable a comparación con el inversor de 12 V, que sus pérdidas son muchas y su aprovechamiento es muy poco.

5.5.8. Resultados de las baterías, los paneles policristalinos con el inversor de 3000 W

5.5.8.1. Inversor 3000 W

Time	Corriente DC (A)	Voltaje DC (V)	Potencia DC [w]	Temperatura	Potencia [kw]	Eficiencia
8:30:00	1,54	13,79	21,2366	37,25	0,01195112	56%
9:00:00	1,833	13,77	25,24041	37,75	0,01205541	48%
10:00:00	1,051	13,91	14,61941	39,06	0,01177566	81%
11:00:00	1,735	13,96	24,2206	37,81	0,01128469	47%
11:30:00	1,491	13,96	20,81436	37,31	0,01152623	55%

Tabla 5.11. Análisis de resultados obtenidos en Excel del inversor 1500 W.

La tabla 5.11 del Excel refleja los datos obtenidos en una prueba realizada desde 08:30:00am hasta las 11:30:00am reflejando así resultados, donde se puede observar que durante esas horas existe una eficiencia energética estable ya que son las primeras horas del día y tomando en cuenta que el cambio climático es eventual, entonces la potencia de salida del inversor variaría según la radiación solar.

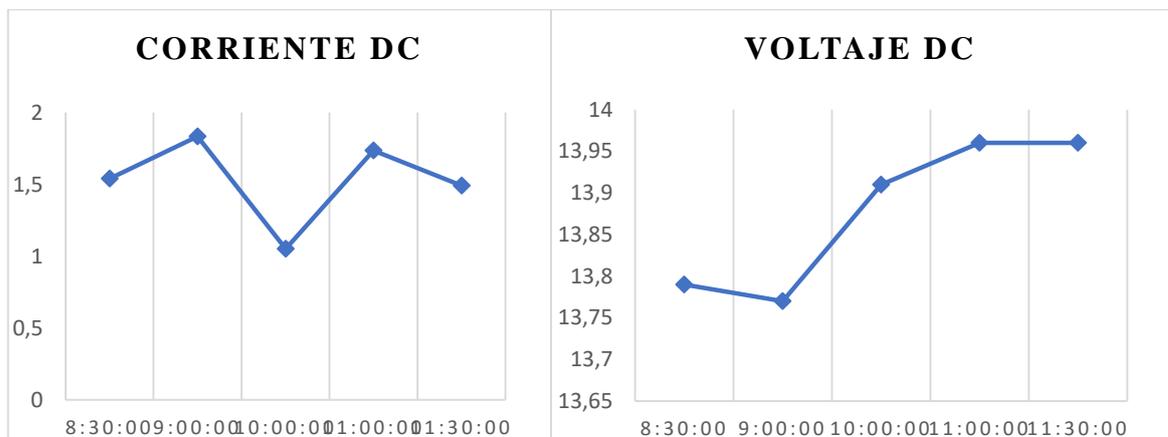


Fig.5.16 Eficiencia energética acorde al tiempo (autor).

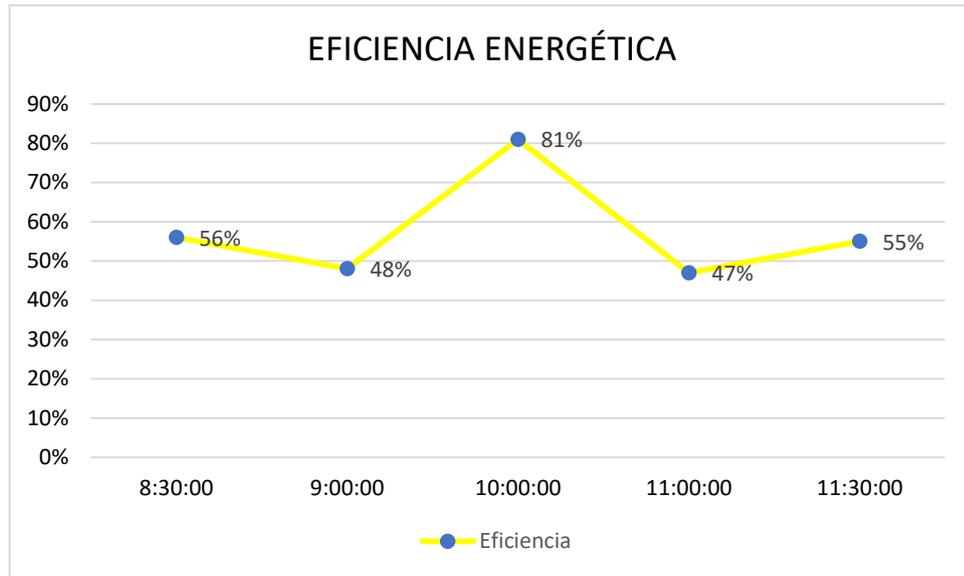
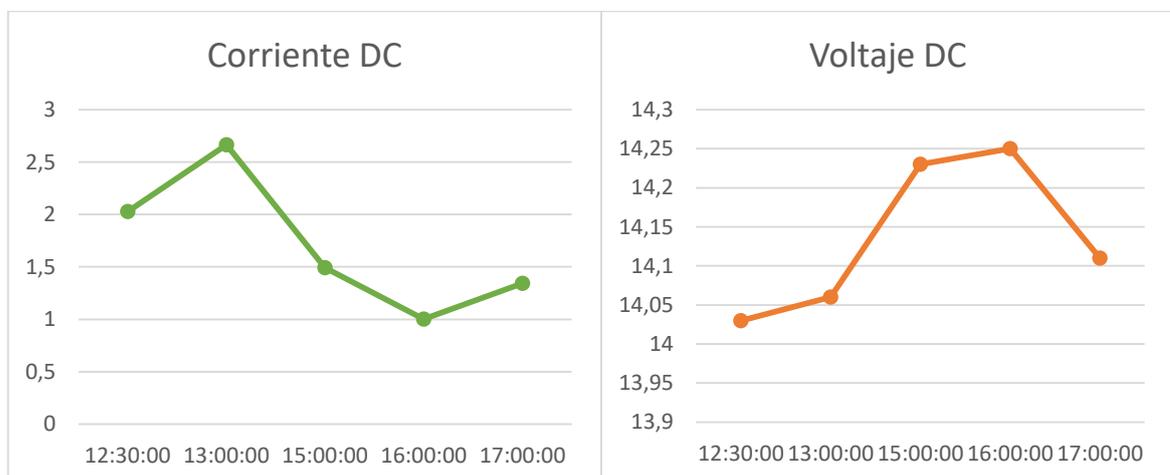


Fig.5.17. Relación de Corriente DC, Voltaje DC y Eficiencia para el análisis de eficiencia energética del inversor (autor).

Time	Corriente DC (A)	Voltaje DC (A)	Potencia DC [w]	Temperatura	Potencia [kw]	Eficiencia
12:30:00	2,028	14,03	28,45284	33,63	0,01159531	41%
13:00:00	2,664	14,06	37,45584	31,44	0,01692575	45%
15:00:00	1,491	14,23	21,21693	28	0,01128311	53%
16:00:00	1,002	14,25	14,2785	26,75	0,01350166	95%
17:00:00	1,344	14,11	18,96384	25,94	0,01246972	66%

Tabla 5.12 Análisis de resultados obtenidos de Excel del inversor 1500 W.

La tabla del Excel refleja los datos obtenidos en una prueba realizada desde 12:30:00pm hasta las 17:00:00pm reflejando así los resultados, donde se puede observar que la radiación solar aumento por ende la eficiencia energética es mejor, la cual genera mayor energía sin que exista perdidas altas durante ese lapso de tiempo.



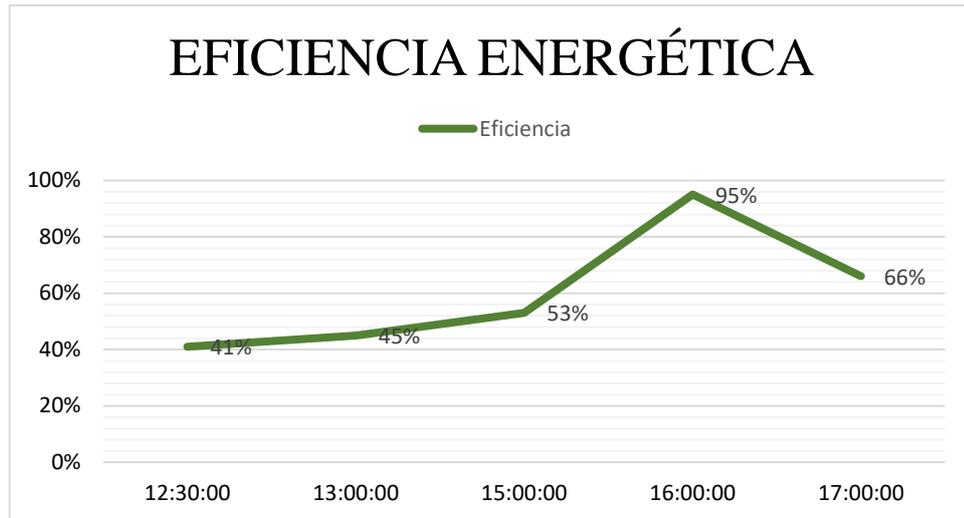


Fig.5.18. Relación de Corriente DC, Voltaje DC y Eficiencia para el análisis de eficiencia energética del inversor(autor).

5.5.8.2. Análisis Final

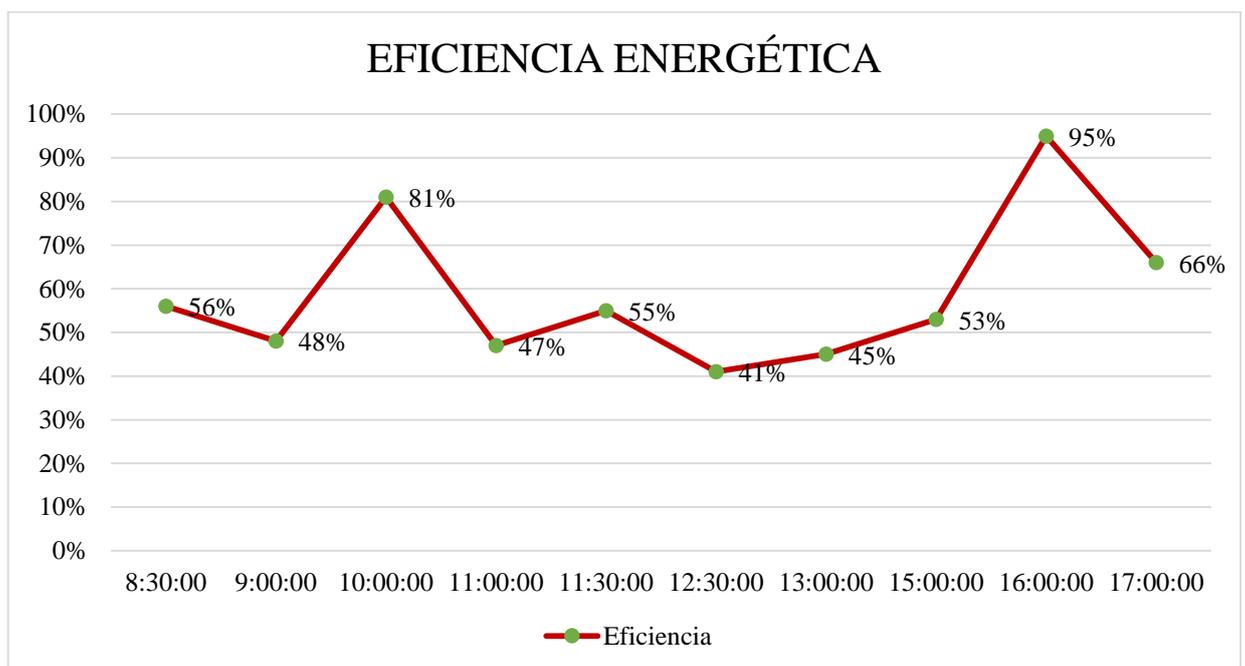


Fig.5.19 Análisis de un día de 8:30 a 17:00 pm

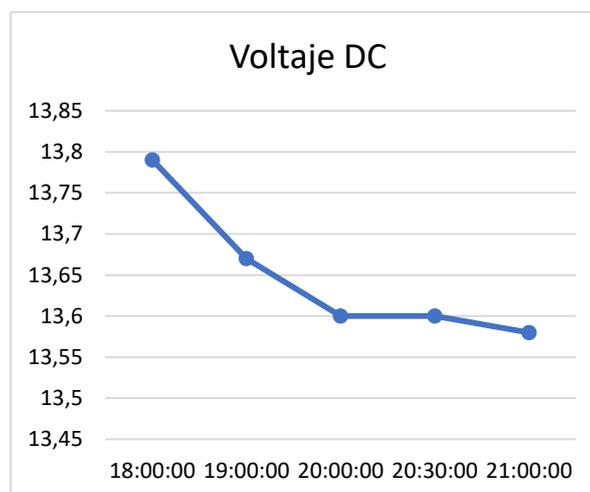
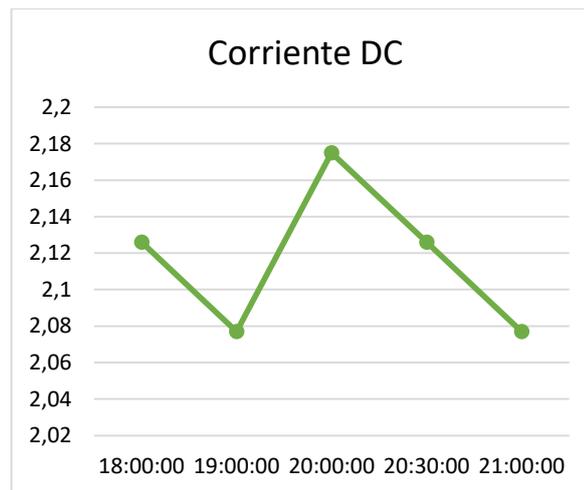
En la figura 5.19 se puede notar la pérdida de eficiencia energética al ocupar un inversor de 12 V.

5.5.8.3. Baterías

Time	Corriente DC (A)	Voltaje DC (A)	Potencia DC [w]	Temperatura	Potencia [kw]	Eficiencia
18:00:00	2,126	13,79	29,31754	24,81	0,01610774	55%
19:00:00	2,077	13,67	28,39259	23,25	0,01147461	40%
20:00:00	2,175	13,6	29,58	20,62	0,01246549	42%
20:30:00	2,126	13,6	28,9136	18,87	0,01161783	40%
21:00:00	2,077	13,58	28,20566	17,75	0,01140191	40%

Tabla 5.13. Análisis de resultados obtenidos del inversor 1500 W.

La tabla del Excel refleja los datos obtenidos en una prueba realizada desde 18:00:00pm hasta las 21:00:00pm reflejando así los resultados, donde se puede observar que la radiación solar disminuyó, tomado en cuenta que en esas horas ya no existe radiación solar, por lo tanto, las baterías empiezan actuar.



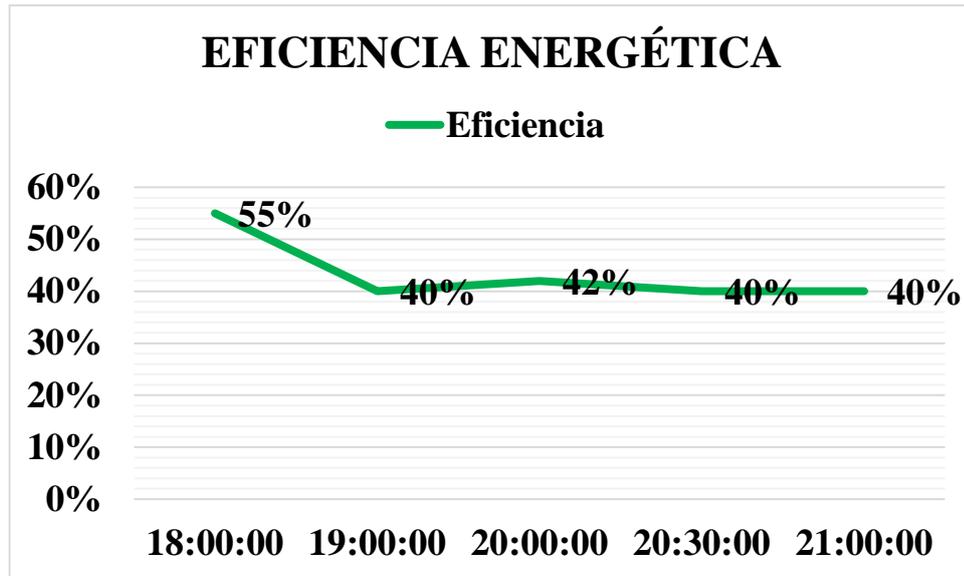


Fig.5.20 Relación de Corriente DC, Voltaje DC y Eficiencia para el análisis de eficiencia energética del inversor (autor)

5.5.8.4. Comparación de Resultados entre el inversor de 12 V y 24 V

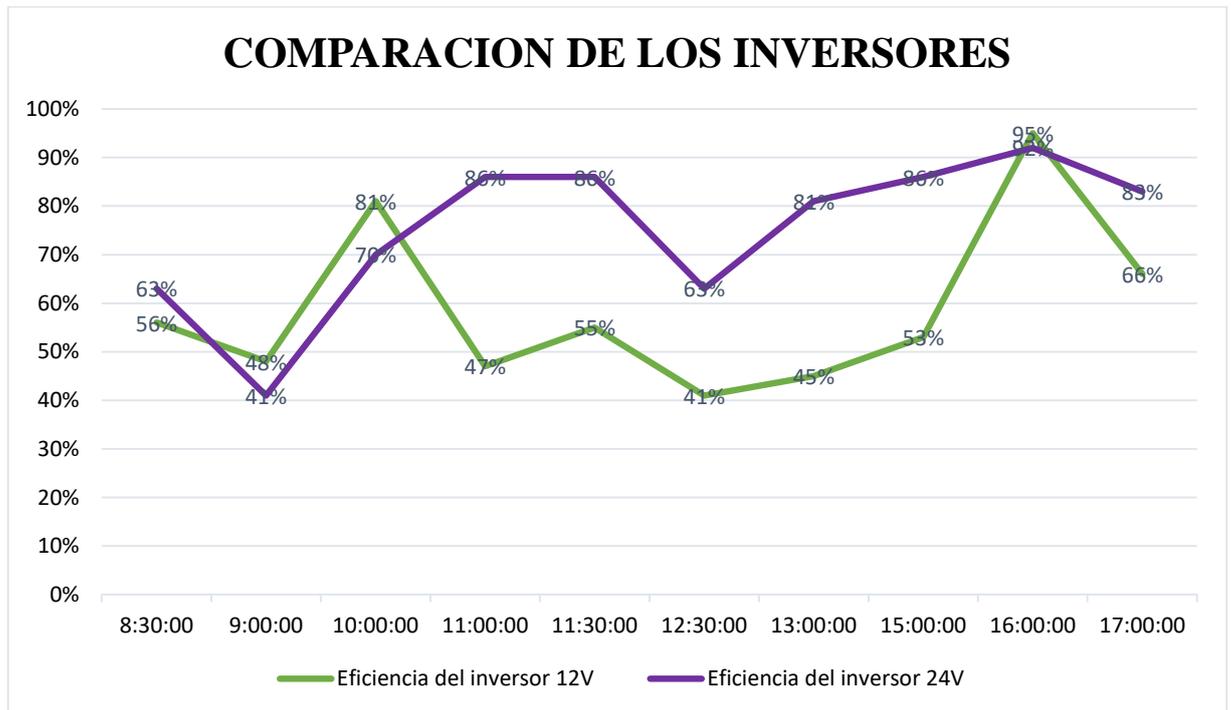


Fig.5.21 Comparación de la eficiencia energética entre los inversores (autor).

En la figura 5.21 se puede observar claramente que el inversor de 24 V es mucho más eficiente que el inversor de 12 V ya que tienen una gama más alta para sus cargas y su energía que puede manejar es el doble de comparación con el de 12 V.

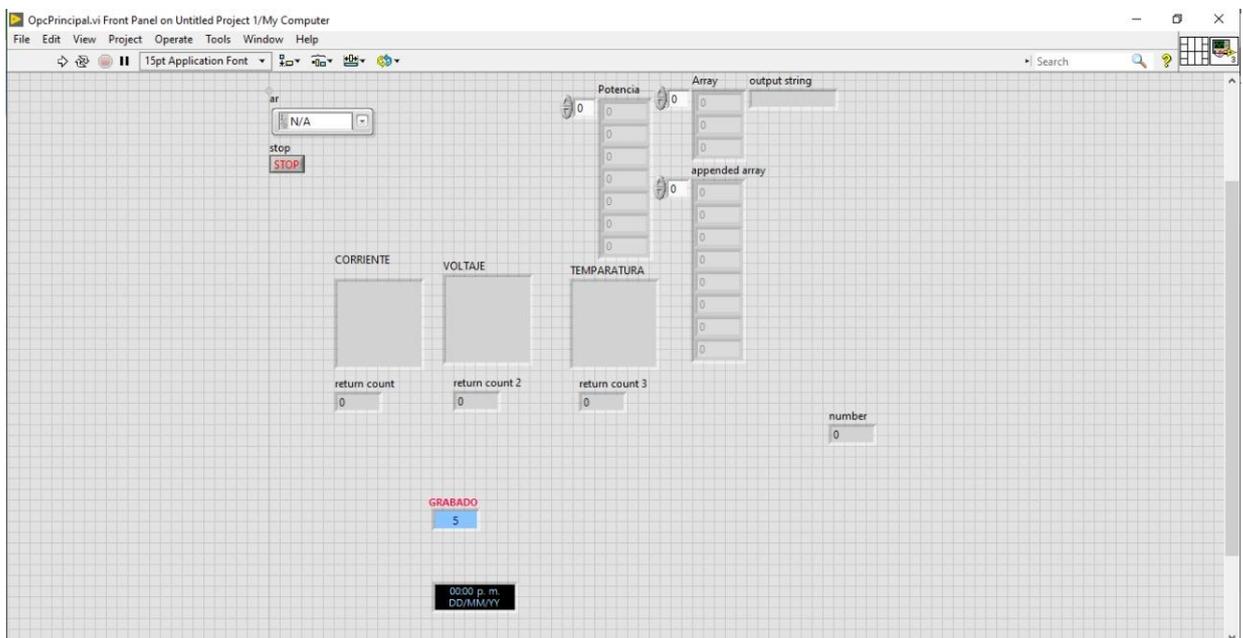
También al ser más eficiente el inversor de 24 V brinda un mejor rendimiento y una mayor duración para las baterías.

5.6. LABVIEW

Con el software de LabVIEW obtuvimos los datos de corriente, voltaje y potencia junto con el sensor implementado de temperatura.

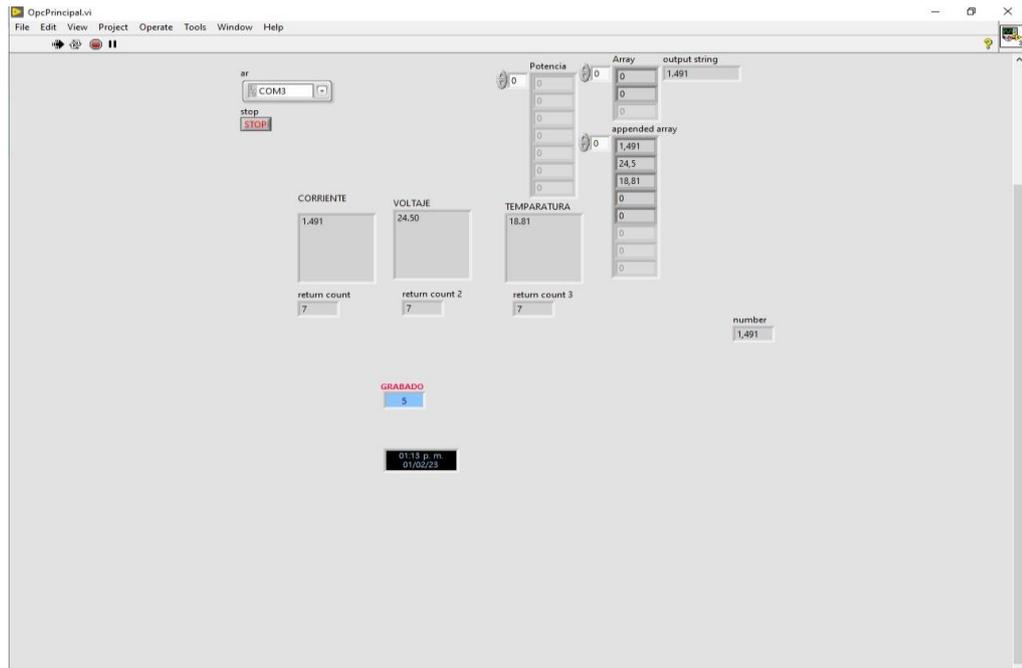
Junto con esto tenemos el programa gráfico, el cual nos sirve para la obtención de los datos requeridos.

Fig.5.22 Modelación del programa grafico en el software LabVIEW



En la fig. 5.8 se muestra la modelación del programa gráfico, por medio de este programa se envió los datos necesarios que se va a utilizar para analizar la eficiencia energética de las componentes fotovoltaicas, tanto del inversor como del panel solar.

Fig5.23 Ejecución del programa grafico en LabVIEW



En la fig.5.23 se muestra el funcionamiento de la programación que se ocupó para la obtención de los datos que necesita en la obtención de la eficiencia energética.

5.7. VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Como se ha venido comentado anteriormente, las baterías funcionan con un proceso electroquímico, por tal motivo dependen de las reacciones químicas que ellas producen en su interior cuyos factores son de suma importancia, ya que, sin un buen estudio, se desconocerían dichos factores.

El estudio realizado sobre los diferentes componentes de la generación fotovoltaica mencionadas en el capítulo 1, se comienza con su funcionamiento y su manera de comportarse dentro del sistema fotovoltaico en el cual, muchos de estos elementos son muy importantes al momento de su instalación como son el inverso, el controlador las baterías y sobre todo los paneles solares, ya que son principales elementos que nos brindan la función de la generar y transformar la energía solar en energía eléctrica limpia, capaz de suministrar y abastecer a muchas lugares y cambiar la manera de pensar de que la energía solar no solo es fundamental para el medio ambiente, sino que es una fuente limpia de energía en la cual debemos aprovecharla de la mejor manera.

Junto con esto para que nuestra energía pueda ser bien aprovechada, hoy en día tenemos baterías que vienen desde 1Ah hasta 1000Ah y son por lo general alternativas más económicas

para la mayoría de su aplicación, de ahí su amplio uso, sobre todo en el campo automotriz, pero sobre todo en la actualidad se está usando y aprovechando de manera considerable las energías renovables.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- En la investigación sobre el estado del arte para el presente estudio de investigación se indagó en distintas fuentes bibliográficas como son libros, revistas y distintos artículos en las cuales se presentan un sin número de metodologías, donde se comprobó la existencia de tecnologías mucho más eficientes en el área de paneles solares, ya que, cuando existe variación en el clima se reduce la eficiencia energética, teniendo pérdidas de energía y los paneles solares no absorben en su totalidad toda la radiación, que el sistema fotovoltaico requiere.
- De acuerdo a la eficiencia energética en los paneles solares se encontró maneras para aumentar su capacidad, la cual consiste en hacer un incremento en las cualidades propias del panel solar, como es el aumento de paneles solares, donde su eficiencia es mucho mayor, ya que aumenta el nivel de tensión, esto permite que el regulador entregue una mayor cantidad de energía a comparación que con un solo panel, por lo que no da las características óptimas necesarias para llegar a la carga completa en el menor tiempo posible, otra manera es la ubicación donde se pudo obtener mayor radiación solar siendo ubicadas en un mejor entorno físico, evitando un 50% las variaciones climáticas que existen.
- De acuerdo a los estudios realizados, al momento de la obtención de la radiación solar, tuvimos pérdidas de energía en las cuales llegó a afectar el rendimiento energético, estos factores que llegaron a intervenir en la absorción de energía son el polvo, la lluvia y el aumento de temperatura en los paneles solares, ya que estos solo absorben un 80% de energía solar y lo demás lo convierte en calor, al toparnos con estos factores nuestros paneles solares, no absorben en su totalidad la energía que se requiere, perjudicando en sí tanto al panel como nuestra eficiencia energética.

6.2. RECOMENDACIONES

- Una de las recomendaciones fundamentales para aumentar su mayor eficiencia energética, sería el aumento de distintos paneles ya sean monocristalinos o policristalinos para aumentar su eficiencia energética.
- Para que no exista pérdida de energías en los paneles fotovoltaicos, se recomienda una limpieza cada año con agua y jabón, esto limpia las impurezas que se van acumulando en el panel y hacen que se pierda energía al momento de la carga.
- No se debe poner ningún objeto sobre las baterías, ya que estas despiden gases y esto podría causar un sobrecalentamiento al no tener una buena ventilación y al momento de manipular las borneras usar implementos como guantes, para prever algún accidente.
- Para una mejor eficiencia energética se recomienda una mayor cantidad de baterías, ya que así su capacidad de almacenamiento será mucho mejor y al momento de realizar su descarga su tiempo será mucho menor, prologando así el uso de la energía acumulada en las baterías.

7. REFERENCIAS

- [1] R. Resch, «La promesa de la energía solar: Estrategia energética para reducir las emisiones de carbono en el siglo XXI,» [En línea]. Available: <https://www.un.org/es/chronicle/article/la-promesa-de-la-energia-solar-estrategia-energetica-para-reducir-las-emisiones-de-carbono-en-el>.
- [2] R. B. P. Adrián Muñoz, «Eficiencia Energética en Función del Desarrollo del Plan Maestro de Electrificación (PME) en Ecuador,» [En línea]. Available: <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Riemat/article/view/1624>.
- [3] E. A. L. N. V. L. MILTON CÉSAR A, «Eficiencia Energética y Potencial de Generación Fotovoltaica en la Ciudad Universitaria,» Agosto 2012. [En línea]. Available: https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/1871/1/Eficiencia_Energetica_y_PFV_en_la_Ciudad_Universitaria.pdf.
- [4] M. Angel, «Medición de la eficiencia energética en paneles solares,» [En línea]. Available: <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/791/1/Norma%20Rosario%20flores%20Rivera%2C%20Miguel%20%20C3%81ngel%20Dom%20C3%ADnguez%20Ram%20C3%ADrez%20Maest%20r%20C3%ADa%20en%20Energ%20C3%ADas%20Renovables.pdf>.
- [5] D. A. A. LOZANO, «EVALUACIÓN DE LA ORIENTACIÓN Y EL ÁNGULO DE INCLINACIÓN ÓPTIMO DE UNA SUPERFICIE PLANA PARA MAXIMIZAR LA CAPTACIÓN DE IRRADIACIÓN SOLAR,» Julio 2017. [En línea]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14458/1/UPS-CT007120.pdf>.
- [6] P. O. D. F. ORTIZ VIVAR CHRISTIAN ISRAEL, «“MODELADO MATEMÁTICO DE UNA ESTRUCTURA REFLECTIVA PARA INCREMENTAR LA IRRADIANCIA SOBRE PANELES SOLARES”,» 2019. [En línea]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17375/1/UPS-CT008293.pdf>.
- [7] A. Solar. [En línea]. Available: <https://autosolar.es/aspectos-tecnicos/cuales-son-los-componentes-de-una-instalacion-aislada>.
- [8] ACCIONA, «ENERGIAS RENOVABLES,» [En línea]. Available: https://www.acciona.com/es/energias-renovables/?_adin=1579362895.
- [9] G. Seafood, «Sistemas automatizados de alimentación en la producción en estanques de camarón blanco del Pacífico,» [En línea]. Available: <https://www.globalseafood.org/advocate/sistemas-automatizados-de-alimentacion-en-la-produccion-en-estanques-de-camaron-blanco-del-pacifico/>.
- [10] J. P. G. L. Torres Pacheco, «Revista del Diseño Innovativo,» Eficiencia en paneles solares, pp. 1-13,

Enero 2018.

- [11] National Renewable Energy Laboratory. [En línea]. Available: <https://www.epn.edu.ec/laboratorio-de-energias-alternativas-y-eficiencia-energetica/>.
- [12] D. VOLT, «Paneles Solares, Tipos y Eficiencias,» [En línea]. Available: <https://deltavolt.pe/energia-renovable/energia-solar/paneles-solares/>.
- [13] D. F. MARIELA DEL ROSARIO HERRERA, «EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE PANELES FOTOVOLTAICOS BAJO LAS CONDICIONES AMBIENTALES DE GUAYAQUIL,» 2022 . [En línea]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/23573/1/UPS-GT003977.pdf>.
- [14] E. Sebastian, «Eficiencia de los paneles solares,» [En línea]. Available: <https://eliseosebastian.com/ejemplos-calculador-eficiencia-de-paneles-fotovoltaicos/>.
- [15] A. J. R. T, «MODELIZACIÓN DE UNA MICRO RED FOTOVOLTAICA APLICADA A EQUIPOS DE COCCIÓN POR INDUCCIÓN PARA EL REEMPLAZO DE GLP,» [En línea]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8218/6/UPS-KT00936.pdf>.
- [16] J. L. Mirez, «Simulación de una Microgrid de Voltaje continuo/Alternativo alimentado con fuentes solar, eólica, baterías y convencional,» Diciembre 2010. [En línea]. Available: https://compinformaticdf.files.wordpress.com/2011/01/tesis_full_jmirez_15.pdf.
- [17] N. G. ALEJANDRO, «CÁLCULO DEL RENDIMIENTO DE BATERÍAS EN SISTEMAS FOTOVOLTAICOS USANDO CRITERIOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA,» Octubre 2018. [En línea]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16329/1/UPS-ST003814.pdf>.
- [18] A. Aldaz, “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN DE UBICADA EN LAS RIVERAS DEL RÍO PAYAMINO DE LA CIUDAD DEL COCA PARA LA EMPRESA ORELLANA TURISMO EP”, AMBATO, 2021.
- [19] A. B. C. V. M. Cáceres, «DETERMINACION DE LA EFICIENCIA DE CONVERSIÓN DEL INVERSOR EMPLEADO EN UN SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA CONECTADO A RED INSTALADO EN EL NORDESTE ARGENTINO,» *Avances en Energías Renovables y Medio Ambient*, vol. 15, pp. 1-8, 2011.
- [20] P. Areny, «Osciloscopio de bajo coste,» [En línea]. Available: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/11082/PFC1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [21] Fluke, «Fluke 1735,» [En línea]. Available: <https://www.fluke.com/es-ec/producto/comprobacion-electrica/calidad-electrica/1735>.

- [22] J. M. Fernández, «PIRANÓMETRO FOTOVOLTAICO,» 10 Febrero 2012. [En línea]. Available: <https://core.ac.uk/download/pdf/10850903.pdf>.
- [23] FLUKE, «FLUKE 117,» [En línea]. Available: <https://www.fluke.com/es-ec/producto/comprobacion-electrica/multímetros-digitales/fluke-117>.
- [24] U. d. Pamplona, «Introducción al mundo del arduino,» [En línea]. Available: https://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portalIG/home_77/recursos/documentos/01082019/guia01arduino.pdf.
- [25] A. Mega. [En línea]. Available: <https://panamahitek.com/arduino-mega-caracteristicas-capacidades-y-donde-conseguirlo-en-panama/>.
- [26] Geek:Factory, «DS18B20 con Arduino: Sensor de temperatura digital,» [En línea]. Available: <https://www.geekfactory.mx/tutoriales-arduino/ds18b20-con-arduino-sensor-de-temperatura-digital/#:~:text=El%20sensor%20DS18B20%20utiliza%20una,que%20participan%20en%20el%20bus..>
- [27] O. C. Franklin Urquiza, «Desarrollo de un sistema fotovoltaico con monitoreo en una plataforma IoT y LabView para una vivienda,» 2021. [En línea]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/20815/4/UPS-GT003350.pdf>.
- [28] LabVIEW, «LabVIEW,» [En línea]. Available: <https://www.ni.com/es-cr/shop/software/products/labview.html>.
- [29] schneider, «Schneider MP5100,» [En línea]. Available: <https://www.se.com/cl/es/product/METSEP M5100/central-de-medida-pm5100-ci-5/#:~:text=%22Este%20dispositivo%20es%20un%20medidor,%2C%20tensi%C3%B3n%2C%20intensidad%2C%20frecuencia%2C>.
- [30] T. t. net. [En línea]. Available: <https://www.tutiempo.net/radiacion-solar/latacunga.html>.
- [31] R. W. Br. Castillo M., «EVALUACIÓN TÉCNICA - ECONÓMICA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN Y CLIMATIZACIÓN EN EL COMPLEJO PETROQUIMICO MORON,» Marzo 2010. [En línea]. Available: <http://mriuc.bc.uc.edu.ve/bitstream/handle/123456789/7778/ricastillo.pdf?sequence=1>.
- [32] C. H. a. S. Bowden, «pveducation,» 19 02 2018. [En línea]. Available: <https://www.pveducation.org/es/fotovoltaica/introducci%C3%B3n>. [Último acceso: 12 12 2022].

- [33] «La energía solar se abre terreno en Ecuador,» 09 06 2017. [En línea]. Available: <https://www.eluniverso.com/tendencias/2017/06/10/nota/6222868/energia-solar-se-abre-terreno-ecuador/>. [Último acceso: 12 12 2022].
- [34] I. d. Investigación, «Balance Energético Nacional,» 14 07 2022. [En línea]. Available: https://www.recursoyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2022/08/Balance_Energe%CC%81tico_Nacional_2021-VF_opt.pdf. [Último acceso: 12 12 2022].
- [35] «CRECE PROYECTO CERO VIVIENDAS SIN LUZ DE ELECTRICIDAD EFICIENTE Y LIMPIA,» 05 03 2015. [En línea]. Available: http://www.eeq.com.ec:8080/nosotros/comunicamos/noticias/-/asset_publisher/PDd0RO7lSu5d/content/crece-proyecto-cero-viviendas-sin-luz-de-electricidad-eficiente-y-limpia;jsessionId=D62B0635AD873CE6D4D673D827FEEED4. [Último acceso: 12 12 2022].
- [36] «Sistemas Solares Fotovoltaicos Conectados o de Conexión a Red Pública,» 15 09 2018. [En línea]. Available: <https://www.renova-energia.com/energia-renovable/energia-solar-fotovoltaica-conexion-de-red/>. [Último acceso: 12 12 2022].
- [37] «Autosolar Energía y Servicios, componentes de una instalacion aislada,» 15 02 2022. [En línea]. Available: <https://autosolar.es/aspectos-tecnicos/cuales-son-los-componentes-de-una-instalacion-aislada>. [Último acceso: 12 12 2022].
- [38] J. A. V. Andi, “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA MEDIANTE CELDAS FOTOVOLTAICAS UBICADA EN LAS RIVERAS DEL RÍO PAYAMINO DE LA CIUDAD DEL COCA PARA LA EMPRESA ORELLANA TURISMO EP”, Ambato, 2021.
- [39] VIVINT.Solar, «Historia de los Paneles Solares,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.vivintsolar.com/es/centro-de-aprendizaje/historia-de-la-energia-solar..>
- [40] Twenergy, «¿Qué son las energías renovables?,» [En línea]. Available: <https://twenergy.com/energia/energias-renovables/que-son-las-energias-renovables-516/>.
- [41] INGEOEXPERT, Marzo 2019. [En línea]. Available: <https://ingeoexpert.com/2019/03/29/que-es-la-energia-solar-fotovoltaica-y-como-se-genera/>.
- [42] J. A. L. d. Guevara, DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA INSTALACIÓN, DE MADRID, 2017.
- [43] H. A. C. Lalupú, SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO DE CONEXIÓN A RED EN EL CENTRO MATERNO INFANTIL DE LA UNIVERSIDAD DE PIURA, Piura, 2013.

- [44] L. N. CLEMENTE, ‘‘DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RESPALDO FOTOVOLTAICO CON POSICIONAMIENTO DE UN GRADO DE LIBERTAD, PARA LA ILUMINACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE LOGÍSTICA DEL CAMPAMENTO DE LA EMPRESA TELCONET S.ASEDE GUAYAQUIL.’’, GUAYAQUIL, 2016.
- [45] C. A. G. PERALTA, ‘‘DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RESPALDO FOTOVOLTAICO CON POSICIONAMIENTO DE UN GRADO DE LIBERTAD, PARA LA ILUMINACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE LOGÍSTICA DEL CAMPAMENTO DE LA EMPRESA TELCONET S.A. SEDE GUAYAQUIL.’’, GUAYAQUIL, 2016.
- [46] J. M. Fernández, «core.ac.uk=PIRANÓMETRO FOTOVOLTAICO,» febrero 2012. [En línea]. Available: <https://core.ac.uk/download/pdf/10850903.pdf>.
- [47] R. E. P. ADRIÁN JOSÉ, «‘‘ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO DE LOS ACUMULADORES DE ENERGÍA DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO EXISTENTE EN LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA,» Marzo 2015. [En línea]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7945/1/UPS-CT004799.pdf>.
- [48] P. G. C. Christian Jara Álvarez, «SIMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS RESIDENCIALES CONECTADOS A LA RED ELÉCTRICA,» 2015. [En línea]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/11353/1/UPS-CT005557.pdf>.
- [49] A. N. A. P. Anif Jamaluddina, «Assessment of LiFePO₄ Battery Performance in Stand Alone Photovoltaic Street Light System,» 2016. [En línea]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705817311967>.
- [50] P. M. d. Electricidad, «Evolucion del sector electrico,» [En línea]. Available: <https://www.rekursyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2020/01/2.-TRANSFORMACION-Y-SITUACION-ACTUAL-DEL-SECTOR-ELECTRICO.pdf>.

8. ANEXOS

ANEXO A. Datos del inversor de 12 V

Time	Corriente DC	Voltaje DC	Potencia DC [w]	Temperatura	Potencia [kw]	Eficiencia del inversor 12V
8:30:00	1,54	13,79	21,2366	37,25	0,01195112	56%
9:00:00	1,833	13,77	25,24041	37,75	0,01205541	48%
10:00:00	1,051	13,91	14,61941	39,06	0,01177566	81%
11:00:00	1,735	13,96	24,2206	37,81	0,01128469	47%
11:30:00	1,491	13,96	20,81436	37,31	0,01152623	55%
12:30:00	2,028	14,03	28,45284	33,63	0,01159531	41%
13:00:00	2,664	14,06	37,45584	31,44	0,01692575	45%
15:00:00	1,491	14,23	21,21693	28	0,01128311	53%
16:00:00	1,002	14,25	14,2785	26,75	0,01350166	95%
17:00:00	1,344	14,11	18,96384	25,94	0,01246972	66%
18:00:00	2,126	13,79	29,31754	24,81	0,01610774	55%
19:00:00	2,077	13,67	28,39259	23,25	0,01147461	40%
20:00:00	2,175	13,6	29,58	20,62	0,01246549	42%
20:30:00	2,126	13,6	28,9136	18,87	0,01161783	40%
21:00:00	2,077	13,58	28,20566	17,75	0,01140191	40%

ANEXO B. Datos del inversor de 24 V

Time	Corriente DC	Voltaje DC	Potencia DC [w]	Temperatura	Potencia [kw] AC	Eficiencia
8:00:00	1,002	24,5	24,55	12	0,01543726	63%
8:30:00	1,197	24,5	29,33	11,94	0,01195112	41%
9:00:00	0,758	24,5	18,57	11,94	0,01294329	70%
10:00:00	0,806	24,5	19,75	11,81	0,01701255	86%
10:30:00	0,709	24,5	17,37	11,81	0,0149473	86%
11:00:00	0,904	24,5	22,15	11,75	0,01404539	63%
11:30:00	0,904	24,5	22,15	11,75	0,01799722	81%
12:00:00	0,709	24,5	17,37	11,69	0,0149258	86%
12:30:00	0,562	24,5	13,77	11,75	0,01265935	92%
13:00:00	0,611	24,5	14,97	11,63	0,01243607	83%
13:00:00	0,611	24,5	14,97	11,63	0,0124361	83%
14:00:00	0,904	24,5	22,15	11,69	0,01305429	59%

14:30:00	0,806	24,5	19,75	11,63	0,01363988	69%
15:00:00	0,758	24,5	18,57	11,63	0,01312912	71%
15:30:00	0,66	24,5	16,17	11,5	0,0129585	80%
16:00:00	0,611	24,5	14,97	11,5	0,01299221	87%
16:30:00	0,709	24,5	17,37	11,44	0,01248165	72%
17:00:00	0,758	24,5	18,57	11,44	0,01264238	68%

ANEXO C. Datos de los paneles solares que se ocuparon

Sistema de Paneles Solares						
Marca	Cantidad	Tipo	Potencia W	Corriente A	Voltaje V	Radiacion Solar
ZONHAN	1	Policristalino	50	2.83	17.68 V (12 V)	1000 W/m2
ZONHAN	1	Policristalino	50	2.83	17.68 V (12 V)	1000 W/m2
ZONHAN	1	Policristalino	50	2.83	17.68 V (12 V)	1000 W/m2
ZONHAN	1	Policristalino	50	2.83	17.68 V (12 V)	1000 W/m2

ANEXO D. Datos de 1 panel solar

1 Panel Solar con 2 baterías de 12 V						
Time	Batería de 12 V	Batería de 12 V	Total, Baterías 24 V	Porcentaje	Corriente A	Potencia [W]
11:50:00 a. m.	11,8	11,3	23,10	12%	2,83	65,373
12:00:00 p. m.	12	11,5	23,50	14%	2,83	66,505
12:10:00 p. m.	12,01	11,55	23,56	17%	2,83	66,6748
12:20:00 p. m.	12,05	11,7	23,75	19%	2,83	67,2125
12:30:00 p. m.	12,15	11,75	23,90	21%	2,83	67,637
12:40:00 p. m.	12,2	11,8	24,00	22%	2,83	67,92
12:50:00 p. m.	12,28	11,90	24,18	23,65%	2,83	68,4294
Total	12,28	12,10	24,38		2,83	68,9954

ANEXO E. Datos de 2 paneles solares

2 paneles Solares con 2 Baterías a 12 V c/u						
Time	Batería de 12 V	Batería de 12 V	Voltaje Total DC	Porcentaje	Corriente A	Potencia [W]
1:25:00 p. m.	11,8	11,3	23,10	12%	5,66	130,746

1:35:00 p. m.	12	11,5	23,50	15%	5,66	133,01
1:45:00 p. m.	12,2	11,58	23,78	20%	5,66	134,5948
1:55:00 p. m.	12,25	11,7	23,95	28%	5,66	135,557
2:05:00 p. m.	12,29	11,87	24,16	32%	5,66	136,7456
2:15:00 p. m.	12,35	12,1	24,45	46%	5,66	138,387
2:25:00 p. m.	12,4	12,15	24,55	53%	5,66	138,953
Total	12,4	12,15	24,55	53%	5,66	138,953

ANEXO F. Datos de 3 paneles solares

3 Paneles Solares con 2 Baterías a 12 V c/u						
Time	Batería de 12 V	Batería de 12 V	Voltaje Total DC	Porcentaje	Corriente A	Potencia [W]
10:25:00 a. m.	11,8	11,3	23,10	12%	8,49	196,119
10:35:00 a. m.	12	12,01	24,01	30%	8,49	203,8449
10:45:00 a. m.	12,3	12,01	24,31	35%	8,49	206,3919
10:55:00 a. m.	12,3	12,02	24,32	40%	8,49	206,4768
11:05:00 a. m.	12,4	12,05	24,45	48%	8,49	207,5805
11:15:00 a. m.	12,47	12,05	24,52	54%	8,49	208,1748
11:25:00 a. m.	12,58	12,2	24,78	66%	8,49	210,3822
Total	12,58	12,2	24,78	66%	8,49	210,3822

ANEXO G. Datos de 4 paneles solares

3 Paneles Solares con 2 Baterías a 12 V c/u						
Time	Bateria de 12 V	Bateria de 12 V	Voltaje Total DC	Porcentaje	Corriente A	Potencia [W]
1:25:00 p. m.	11,8	11,3	23,10	12%	11,32	261,492
1:35:00 p. m.	12	12,1	24,10	32%	11,32	272,812

1:45:00 p. m.	12,4	12,3	24,70	43%	11,32	279,604
1:55:00 p. m.	12,5	12,48	24,98	56%	11,32	282,7736
2:05:00 p. m.	12,68	12,66	25,34	72%	11,32	286,8488
2:15:00 p. m.	12,68	12,66	25,34	96%	11,32	286,8488
2:25:00 p. m.	12,68	12,66	25,34	96%	11,32	286,8488
Total	12,68	12,68	25,36		11,32	287,0752

ANEXO H. Datos de la radiación solar, panel #1

Panel Solar #1	
Orientación	Radiación Solar w/m2
90 grados	610
70 grados	540
50 grados	308
30 grados	100
10 grados	61
Total	1619

ANEXO I. Datos de la radiación solar, panel #2

Panel Solar #2	
Orientación	Radiación Solar
90 grados	608 W/m2
70 grados	545 W/m2
50 grados	307 W/m2
30 grados	104 W/m2
10 grados	56 W/m2

ANEXO J. Datos de la radiación solar, panel #3

Panel Solar #3	
Orientación	Radiación Solar
90 grados	680 W/m ²
70 grados	580 W/m ²
50 grados	321 W/m ²
30 grados	109 W/m ²
10 grados	60 W/m ²

ANEXO K. Datos de la radiación solar, panel #4

Panel Solar #4	
Orientación	Radiación Solar
90 grados	609 W/m ²
70 grados	520W/m ²
50 grados	309 W/m ²
30 grados	93 W/m ²
10 grados	57 W/m ²