



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ELÉCTRICA**

**Evaluación del Impacto de un seguidor solar mecánico en la  
eficiencia de un panel fotovoltaico policristalino – Chao – La  
Libertad**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Mecánico Electricista

**AUTORES:**

Fernandez Asuncion, Jose Felix (orcid.org/0000-0003-2051-6138)

Marquina Araujo, Alex Jonathan (orcid.org/0000-0002-2104-1499)

**ASESOR:**

Dr. Luján López, Jorge Eduardo (orcid.org/0000-0003-1208-1242)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Modelamiento y Simulación de Sistemas Electromecánicos

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

TRUJILLO - PERÚ

2024



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, LUJÁN LÓPEZ JORGE EDUARDO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "Evaluación del Impacto de un seguidor solar mecánico en la eficiencia de un panel fotovoltaico policristalino – Chao – La Libertad", cuyos autores son FERNANDEZ ASUNCION JOSE FELIX, MARQUINA ARAUJO ALEX JONATHAN, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 16%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TRUJILLO, 01 de Agosto del 2024

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
LUJÁN LÓPEZ JORGE EDUARDO <b>DNI:</b> 17897692 <b>ORCID:</b> 0000-0003-1208-1242	Firmado electrónicamente por: JLUJAN el 01-08- 2024 19:28:18

Código documento Trilce: TRI - 0842799

## Declaratoria de originalidad del autor(es)



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

### Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, FERNANDEZ ASUNCION JOSE FELIX, MARQUINA ARAUJO ALEX JONATHAN estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Evaluación del Impacto de un seguidor solar mecánico en la eficiencia de un panel fotovoltaico policristalino – Chao – La Libertad", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
ALEX JONATHAN MARQUINA ARAUJO DNI: 75530162 ORCID: 0000-0002-2104-1499	Firmado electrónicamente por: AJMARQUINAA el 01-08-2024 19:49:49
JOSE FELIX FERNANDEZ ASUNCION DNI: 18148314 ORCID: 0000-0003-2051-6138	Firmado electrónicamente por: JOFERNANDEZA el 01-08-2024 19:36:18

Código documento Trilce: TRI - 0842800



## **Dedicatoria**

Dedicatoria de Fernández Asunción José  
Félix

Esta dedicado a mis hermanos:

Enrique, Francisco, Luis, Carlos, Elsa que siempre estuvieron presentes en los momentos en los que necesite su apoyo y más aún siempre lo estarán. A mis padres: Francisco y Elsa, por su dedicación, paciencia y apoyo en todo instante para la consecución de este objetivo.

Dedicatoria de Marquina Araujo Alex Jonathan

Esta dedicado a mis Hermanas:

Mirian, Susana y Brenda, que siempre estuvieron presentes en los momentos en los que necesite su apoyo y más aún siempre lo estarán. A mis padres:

Jesús y Fidencia, por su dedicación, paciencia y apoyo en todo instante para la consecución de este objetivo.

## **Agradecimiento**

Agradecimiento de Fernández Asunción José Félix.

En primer lugar, agradezco a Dios por permitirme disfrutar de una experiencia tan enriquecedora en mi universidad. También doy las gracias a la universidad por brindarme la oportunidad de convertirme en un profesional. Estoy agradecido con cada maestro que participó en este proceso integral de formación, culminando en este grupo de graduados. Esta tesis, como testimonio duradero, permanecerá en la historia, contribuyendo al conocimiento y desarrollo de las futuras generaciones.

Agradecimiento de, Marquina Araujo Alex Jonathan.

Quiero expresar mi gratitud a la universidad por permitirme formar parte de su comunidad académica y por abrirme las puertas. También agradezco a los diversos profesores que, con su conocimiento y apoyo, me ayudan a avanzar cada día.

Además, extiendo mi agradecimiento a mi asesor de tesis, el Dr. Jorge Eduardo Luján López, por ofrecerme la oportunidad de beneficiarme de su experiencia y por tener una infinita paciencia al guiarme a lo largo de todo el desarrollo de mi tesis.

## Índice de contenidos

Declaratoria de autenticidad del asesor .....	2
Declaratoria de originalidad del autor(es) .....	3
Dedicatoria .....	4
Agradecimiento .....	5
Índice de contenidos .....	6
Índice de tablas .....	3
Índice de figuras .....	4
Resumen.....	5
Abstract.....	6
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. METODOLOGÍA.....	11
III. RESULTADOS .....	14
IV. DISCUSIÓN.....	24
V. CONCLUSIONES.....	28
VI. RECOMENDACIONES.....	29
REFERENCIAS.....	30
ANEXOS .....	34

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Eficiencia del panel solar fotovoltaico fijo .....	15
<b>Tabla 2.</b> Eficiencia del panel solar con la implementación del seguir solar mecánico.....	18
<b>Tabla 3.</b> Seguidor solar mecánico.....	21
<b>Tabla 4.</b> Eficiencia del panel solar fijo y del panel solar con seguidor mecánico.....	22

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> características de irradiación panel solar fijo .....	17
<b>Figura 2.</b> Características de temperatura del panel solar fijo .....	17
<b>Figura 3.</b> Características de irradiación del panel solar con el seguidor solar mecánico .....	20
<b>Figura 4.</b> Características de temperatura del panel solar con el seguidor solar mecánico ..	20
<b>Figura 5.</b> Estación meteorológica Vantage Pro2. ....	23
<b>Figura 6.</b> Funcionamiento de la estación meteorológica Vantage Pro2.....	23
<b>Figura 7.</b> Medidor de temperatura .....	23



## Resumen

La presente investigación contribuye al ODS 7 (Energía Asequible y no Contaminante) y tuvo como objetivo evaluar el impacto del seguidor solar mecánico en la eficiencia del panel en Chao - La Libertad, para ello se realizó un estudio cuantitativo de tipo experimental, la población se estudió dos paneles solares fotovoltaico, la muestra será igual a la población, se tomó un dato que el ángulo de inclinación fijo del panel solar es de  $29.5^\circ$ , se obtuvo como resultado que el panel solar fijo a las 13 h, del mes de junio la eficiencia del consolidado fue del 48.5% mientras que la eficiencia del panel solar con la implementación del seguidor solar mecánico se tuvo una eficiencia del 50%, esta medición se dio al mismo tiempo, se tuvo discusiones el cual coincidimos diciendo que a mayor irradiación mayor será la eficiencia del panel solar, se concluye que el ángulo que gira el panel solar será de  $135^\circ$  es el ángulo donde se aprovecha al máximo al sol.

Palabras clave: Panel solar, seguidor solar, radiación.

## **Abstract**

This research contributes to SDG 7 (Affordable and Clean Energy) and aimed to evaluate the impact of the mechanical solar tracker on the efficiency of the panel in Chao - La Libertad, for this a quantitative study of an experimental type was carried out, the population was studied two photovoltaic solar panels, the sample will be equal to the population, data was taken that the fixed inclination angle of the solar panel is  $29.5^\circ$ , the result was that the fixed solar panel at 1:00 h. in the month of June the efficiency of the consolidated was 48.5% while the efficiency of the solar panel with the implementation of the mechanical solar tracker had an efficiency of 50%, this measurement was given at the same time, there were discussions in which we agreed saying that the greater the irradiation, the greater the efficiency of the solar panel, it is concluded that the angle at which the solar panel rotates will be  $135^\circ$  is the angle where the sun is used to the maximum.

Keywords: Solar panel, solar tracker, radiation.

## I. INTRODUCCIÓN

El aumento de la población y el incremento de grandes empresas que funcionan con energía eléctrica, están atravesando un déficit con la energía, se ha investigado que podemos generar energía eléctrica renovable, aprovechando los rayos solares, por medio de los paneles solares, sin duda la energía fotovoltaica podría ayudar a mitigar estos problemas, que tenemos en la actualidad, como es la falta de capacidad de generación de las centrales hidroeléctricas que funcionan con agua, (Benjamín K. Sovacool, Max Lacey Barnacle, Adrián Smith, Marie Claire, 2022).

La energía solar tiene a su favor que no es contaminante, es de fácil acceso y de mayor abundancia en el mundo, es ya una necesidad poder implementar la energía solar a nivel mundial, por ello se pretende aumentar la eficiencia del panel fotovoltaico, es más que una obligación para poder mejorar su captación de energía solar, sin duda esto se logrará con la implementación de base para paneles movibles (Aysegul Corakci, Tolga Oma 2023).

En la actualidad la energía está pasando por uno de los problemas muy graves, las centrales hidroeléctricas existentes, de las cuales su principal elemento de generación es el agua se ven afectadas con el calentamiento global, el agua se está agotando, por el desprendimiento de los glaciales y es allí donde las centrales hidroeléctricas se están quedando sin capacidad de generar energía, es por ello que urge la implementación de la energía solar y poder tener una de rayos solares más eficiente (Qianrong Wang, Liu Yang un, Ning Zhao, Guoying Xu , Jianzhong Song, Xing Jin, Xiaoke Li , Shenghui Liu, 2023).

La energía solar o fotovoltaica es lo que se tiene que implementar ya que su captación es por medio de los paneles solares. Se presenta otro problema el cual nos dice que la captación de energía solar no es muy eficiente, y por eso no se puede aprovechar al máximo los rayos solares, además el sol cambia de posición, esto se ve reflejado con el paso de las horas, el sol tiene posiciones diferentes y es allí en donde los rayos solares no son captados en su totalidad, ante ello los paneles solo logran ser eficientes cuando reciben los rayos solares de forma directa (Benjamín O. Olorunfemi, Nnamdi I. Nwulu, Omolola A. Ogbolumani, 2023).

Es por ello que el principal problema con los paneles solares, se da en la base que

sujeta el panel solar, la cual es rígida y no puede realizar el seguimiento solar, por ello que tiene una deficiencia al momento de captar los rayos solares, ante ello se genera la gran duda si las bases de paneles inteligentes son capaces de seguir al sol, puedan ser una alternativa de solución para poder realizar el proceso de captación de energía sea más eficiente, esto sin duda sería de gran ayuda para el futuro (Wen Lu, P. Ajay 2024).

Este proyecto se realizó en la región La Libertad, provincia Virú, la zona norte del país goza de un bien muy apreciado como el sol radiante, es por ello que se requiere ya implementar la energía solar en puntos alejados. Donde aún no se cuenta con energía eléctrica para poder controlar las alarmas de control de nivel de los sedimentadores, ante ello la implementación de la energía solar es una alternativa muy viable, para mejorar esa eficiencia del panel, es necesario implementar una base de panel.

La formulación del problema de investigación se planteó mediante la siguiente pregunta: ¿Cuál es el impacto del seguidor solar en la eficiencia del panel en Chao - La Libertad?, de forma específica se plantea las siguientes preguntas: ¿Cuál es la eficiencia del panel en Chao - La Libertad?, ¿Cómo evaluar la eficiencia del panel solar con la implementación del seguidor solar mecánico de rotación en Chao - La Libertad? Es una necesidad la inclusión de la energía solar para lograr esto necesitamos poder llegar hacer más eficiente la base del panel móvil para que el panel solar sea eficiente al momento de captar los rayos solares, además las implicaciones prácticas y de desarrollo se derivan del intento de establecer una comprensión fundamental sobre la relación de causa y efecto entre diferentes variables. Esto se hace con la intención de fomentar el conocimiento básico en este campo, proporcionando una base sólida para que otros investigadores consideren la posibilidad de llevar a cabo investigaciones adicionales. Además, esta justificación se respalda por su utilidad metodológica, ya que se emplearon técnicas de investigación específicas, se crearon herramientas para recopilar datos y se definieron metodologías precisas para procesar la información recopilada. Estos enfoques metodológicos rigurosos respaldan la validez y la relevancia del estudio.

De acuerdo con lo establecido, el objetivo general de la investigación fue: Evaluar el impacto del seguidor solar mecánico en la eficiencia del panel en Chao-La Libertad.

Los objetivos específicos fueron: Evaluar la eficiencia del panel fijo en Chao - La Libertad y evaluar la eficiencia del panel solar con la implementación del seguidor solar mecánico de rotación en Chao-La Libertad.

La hipótesis general propuesta en este estudio, expresó la implementación del seguidor solar mecánico incide significativamente, en el aumento de eficiencia del panel solar en el sector agroindustrial que está ubicado en Chao - La Libertad.

Además Youssef Boukdir, Hamid EL Omari (2022) mencionan que su investigación se dio en Marruecos presentan un seguidor solar de sensor de doble eje de bajo costo basado en solo tres fotorresistores montados en un nuevo e innovador diseño de soporte de montaje, se buscó determinar el algoritmo de seguimiento solar desarrollado hace que el proceso de inicio y reinicio del sistema es suave y rápido, después del amanecer o el atardecer y los días nublados, lo que hace que el sistema sea más confiable. Los seguidores solares han establecido una relación entre la alta precisión, el costo de la simplicidad al momento de la instalación. además, propone una nueva tecnología para demostrar la precisión del sistema de monitoreo solar, basado en la base popular sobre la superficie de absorción de rayos solares a través del panel móvil, sin duda al monitorearlo en puntos diferentes mejora la recepción de energía recibida por el panel solar cuando está instalada sobre la base móvil.

Se encontró Tonathiu Q. Saldivar-Aguilera, Luis M Valentín-Coronado, Manuel I. Peña, Arturo Díaz-Ponce, José A. Dena (2023), la investigación se desarrolló en el país de México, se desarrolló un estudio la ganancia de energía debida a la radiación solar indirecta. Durante el año, la distancia entre la Tierra y el Sol varía dentro de un rango:  $147.1 \times 10^6$  km esta medición va desde enero a  $152,1 \times 10^6$  km hasta julio. Suponiendo un radio constante del sol, el ángulo medio varía durante el año con el rango =  $0,266 \pm 0,004^\circ$ . Por lo general, el ángulo medio se da para la distancia promedio entre la Tierra y el Sol, que es =  $0,267^\circ = 16'$ . En el caso de un absorbedor circular, su centro debe estar en el foco del espejo. Los sensores con varios parámetros definidos por ancho de apertura ( $W$ ), distancia focal ( $f$ ), altura del reflector/espejo ( $h$ ), que se puede determinar a partir de dependencias geométricas y se concluyeron que el débil beneficio de energía a través de la iluminación difusa se obtiene solo cuando el cielo está completamente nublado.

Por ello Mostefa Ghassoul (2021) esta investigación se dio en Turquía nos pueden mencionar que las bases adosadas al panel móvil, pueden hacer que la técnica de rotar los paneles de forma horizontal y verticalmente pueda hacer el seguimiento del sol, en tiempos preprogramados, de forma continua o en ángulos preprogramados. el seguimiento solar puede no ser un problema debido a limitaciones técnicas como ubicación, tiempo y forma de la opinión generalizada sostiene que el rastreo de un solo eje supera a los paneles estacionarios, y el rastreo de dos ejes supera tanto al rastreo estacionario como al de un solo eje. Sin embargo, no existe un consenso claro sobre la magnitud de la mejora, con informes que indican un aumento en la extracción de energía que varía entre el 12% y el 69%. Aunque este último porcentaje puede parecer exagerado, no hay acuerdo general sobre el grado de mejora. Es importante destacar que la implementación de rastreo mediante ejes simples o dobles no garantiza automáticamente un seguimiento preciso ni una mayor recolección de energía. La mayoría de las técnicas documentadas utilizan dispositivos (resistencias dependientes de la luz), los cuales se basan en voltaje, haciendo que el sistema de seguimiento sea altamente sensible a las variaciones de voltaje. Desafortunadamente, ambos métodos son ineficaces, para uso doméstico.

Los investigadores Raviduth Ramful, Nashil Sowaruth (2022), su investigación fue desarrollada en republica de Mauricio, mencionan que el estudio, es crear un dispositivo accesible capaz de absorber la energía solar con la máxima eficiencia del panel solar. Por lo tanto, se encontró que un rastreador de células solares, es un dispositivo adecuado para este propósito, en segundo lugar, se prefieren las especificaciones de diseño liviano para que el dispositivo sea portátil para su uso e implementación en áreas remotas, se propone un sistema de seguimiento solar que consista en un mecanismo de operación simplificado. El sistema exhibió una mayor eficiencia, dado que la proporción de energía consumida por el dispositivo de seguimiento solar en relación con la energía producida fue de aproximadamente el 0,15%. En cuanto al rendimiento, el dispositivo de seguimiento solar mostró mejores resultados, ya que la corriente generada superó a la del panel estático en un 37%. Se estima que, operando durante 12 horas al día durante un período de 30 días, el dispositivo propuesto podría generar una producción total de energía de hasta 8100

Wh.

Los investigadores Alongkorn Pirayawaraporn, Sahapol Sappaniran, Sarawin Nooraksa, Chanon Prommai, Nachaya Chindakham, Chaowanan Jamroen (2023), la investigación se dio en Tailandia y nos mencionan que se han realizado muchos estudios, para aumentar la recolección de energía a través del panel solar, apuntando los paneles solares hacia el sol y girando continuamente los paneles solares para seguir al sol, todavía hay un gran problema. Es decir, se necesitan motores eléctricos para girar los paneles, estos motores consumen corrientes las cuales se toman de la generación del panel solar, esto depende de la estación del año el cual en época de verano es recomendable apagar el seguidor solar y ubicarlo en un punto fijo para no consumir mucha potencia de la generada por el panel solar, esto se da por la diferencia de radiación entre un clima que es verano y el clima de invierno, ante ello se dice que a mayor radiación mayor capacidad de generación de energía solar.

La investigación de Dhanusiya Govindasamy, Ashwani Kumarc (2023), se desarrolló en Delhi, para mejorar el rendimiento del "panel solar fotovoltaico" debido a los diversos cambios de combinación de los dispositivos combinados con los dispositivos solares, se requerirá un mayor control de la temperatura del panel solar fotovoltaico.

Se intentó enfriar el panel fotovoltaico con una combinación de aletas en la parte posterior y agua en la parte superior. La estrategia de enfriamiento masivo, según los expertos, permite mantener la temperatura del sistema solar por debajo de los 20°C, y la eficiencia energética se puede incrementar en un 3% la eficiencia del panel solar.

Mencionan los investigadores, Omar Alomar, Omar Mohamed, Bashar Mahmud, Veen S. Qader, Obed M, (2023), esta investigación se llevó a cabo en un edificio de la Universidad de Zakho. Se propuso realizar una comparación entre un panel solar fijo y un panel montado en un dispositivo mecánico que sigue la posición del sol, evaluando así la eficiencia del panel. Se señala que la radiación solar experimenta un aumento progresivo desde un valor bajo a las 7 am hasta alcanzar un valor máximo de aproximadamente 950 W/m<sup>2</sup> entre las 11 h y las 13 h. Los hallazgos indican que la temperatura de la celda de los paneles solares con sistemas de seguimiento es más elevada que la del panel fijo debido a su exposición directa a la radiación solar. Los resultados obtenidos revelan que el rendimiento eléctrico, térmico y de exergía de los

paneles solares fotovoltaicos con sistemas de seguimiento, ya sea simple o doble, supera al de los paneles fijos. La conclusión principal es que un panel solar con un mecanismo de seguimiento solar mejora en un 31% en comparación con un panel fijo, evidenciando que la radiación solar es más intensa al medio día.

Widodo Besar Riyadi, Marwan Effendy, Bagus Radiante Utomo, Agung Wijayanta (2023), Es por ello el estudio se realizó utilizando una instalación fotovoltaica de 100 W en dos ubicaciones diferentes de Taiwán: Taichung, se llevaron a cabo pruebas tanto con un panel solar fijo como con uno que tenía un movimiento bidimensional de 6 a 18 horas. Los resultados indicaron que en el panel fijo produjo 53,58 W/día, mientras que con el sistema de seguimiento de 2 ejes la producción aumentó a 74,47 W/d. En la potencia fue de 53,60 W/d con un panel estático y 74,18 W/d con el sistema de seguimiento bidimensional, esto se evidencia con el punto focal que incide directamente al panel solar.

Un módulo solar consta de células solares interconectadas las células se convierten en energía solar cuando el sol incide en los paneles fotovoltaicos esto pasa por un proceso de transformación esta energía se puede utilizar de diferentes maneras ya sea para uso doméstico o industrial, eso depende del usuario. Por ello, la eficiencia de un panel solar es la luz solar que llega al panel solar o fotovoltaico y se transforma en energía que se puede usar de diferentes maneras. Como ejemplo vamos a suponer que el sol incide en un panel solar con el equivalente a 1 kilovatio (kW) o 1000 vatios. Ello transforma a esa energía en 200 vatios de potencia que se puede llegar a utilizar para alimentar diferentes tipos de circuitos que requieran energía eléctrica. Además, podemos llegar a decir que la eficiencia de este panel solar es del 20%. Según (A. Habchi, B. Hartiti, H. Labrim, S. Fadili, A. Faddouli, N. El hajjam, P. Thévenin, E. ntsoenzok 2023).

Se diseñó un sistema de seguimiento solar de dos ejes destinado a paneles fotovoltaicos. Esta implementación posibilita un aumento en la producción del panel, variando entre un 20% y un 30%, dependiendo del mes y la hora del día. El sistema desarrollado incorpora cinco modos de funcionamiento, y se optó por una placa Arduino Mega debido a que satisface los requisitos de memoria y potencia de cálculo necesarios. Se emplearon sensores LDR para la determinación de la posición, y



además, el sistema contempla la posibilidad de conectarse mediante telefonía celular, (ECHENIQUE, Ramiro A 2018).

Un mecanismo de seguimiento innovador y sencillo dirigido a países en desarrollo para aplicaciones a pequeña escala que requieren concentración de energía solar sin electricidad, equipos eléctricos o electrónicos. Además de su capacidad para mejorar la eficiencia de paneles solares fijos, como los colectores planos o los paneles fotovoltaicos fijos, (Abdelrahman A. Elsayed, Essam E. Khalil, Mahmoud A. Kassem, Omar A. Huzzayin 2021).

En cuanto a la variable seguidor solar mecánico, es un dispositivo mecánico que rastrea el sol desde el este del amanecer hasta el oeste del atardecer y puede orientar los paneles solares para que estén casi perpendiculares a los rayos del sol, (Tri Widodo Besar Riyadi, Marwan Effendy, Bagus Radiant Utomo, Agung Tri Wijayanta 2023).

Para la variable eficiencia del panel fotovoltaico, es una medida de la cantidad de energía solar que cae sobre la superficie del panel y se convierte en electricidad. El rendimiento del módulo solar se define por dos factores principales. Uno es el rendimiento de la celda fotovoltaica y el otro es la configuración de la celda y el diseño del módulo (E. Chan-Dzib, A. Bassam, JG Carrillo 2024).

La energía eléctrica es una modalidad de energía que surge debido a la diferencia de potencial entre dos puntos y al paso de una corriente eléctrica entre ellos. Este flujo de corriente se produce por el movimiento de electrones a través de un conductor, típicamente un cable metálico. La energía eléctrica es esencial en nuestra vida cotidiana, ya que proporciona energía a una gran variedad de dispositivos (LiGuo Wang, ChangWen Wen, ShiXuan Wu, Sheng Wu 2024).

Energía solar: Emplea células fotovoltaicas para transformar la luz del sol directamente en electricidad. Estos dispositivos están fabricados con materiales semiconductores, como el silicio, que producen una corriente eléctrica al ser iluminados por la luz solar (Ali OM Maka, Tarik Ghalutb, Elsaye Elsaye 2024).

El estudio de la Dinámica de la partícula se fundamenta en los tres principios fundamentales enunciados por Newton: el 1º Principio de la inercia, el 2º Principio de acción de fuerzas y el 3º Principio de la acción y de la reacción. A lo largo del tiempo, los principios filosóficos-físicos que contienen han sido objeto de análisis y debate por

parte de los físicos más destacados. Esto se debe a que, estrictamente hablando, no son principios que puedan ser directamente verificados mediante experimentos realizados en el laboratorio. Más bien, su verificación se realiza únicamente a través de las consecuencias que se derivan de ellos, (VILA, J.; SIERRA, C. J 2008)

Conforme la velocidad del viento se incrementa de 3 m/s a 5 m/s, se observa una disminución en la potencia de salida generada por el panel, (S. Irfan Sadaq, Syed Nawazish Mehdi a c, Mohd Mohinoddin 2023).

La enseñanza de la dinámica rotacional, especialmente la conservación del momento angular, presenta un desafío considerable tanto para los estudiantes como para los profesores. Se han utilizado diversos enfoques teóricos y experimentales en un intento por explicar y demostrar este concepto. Como parte de este esfuerzo, se ha desarrollado un prototipo con el objetivo de ilustrar de manera clara la conservación del momento angular. Este prototipo busca complementar el proceso de enseñanza, abordando los aspectos cinemáticos y dinámicos de la rotación de manera más efectiva (Carlos Andrés Collazos Morales 2009).

La radiación solar es la energía liberada por el Sol, que se propaga en todas las direcciones a través del espacio mediante ondas electromagnéticas. Esta energía se origina en las reacciones de fusión nuclear del hidrógeno en el núcleo solar y se emite desde la superficie del Sol. Esta energía solar desempeña un papel fundamental como motor que influye en la dinámica de los procesos atmosféricos y, por ende, en la formación del clima, (Aparicio, Miguel Pareja 2020).

La latitud es la medida angular que indica la entre un punto específico de la Tierra y la línea ecuatorial que divide el planeta en dos hemisferios. Esta distancia se cuantifica a lo largo del meridiano en el que se localiza el punto en cuestión. La latitud se clasifica en dos categorías según el hemisferio terrestre en el que se encuentra dicho punto: latitud norte y latitud sur, (Múgica, Francisco. 1961).

La gravedad, o fuerza de gravedad, es un fenómeno natural en el cual los cuerpos con masa experimentan una atracción mutua, aumentando en intensidad a medida que la masa de los cuerpos involucrados es mayor. Este fenómeno constituye una de las cuatro interacciones fundamentales de la materia y se conoce también como "gravitación" o "interacción gravitatoria", (Pozo, Juan Ignacio 1987).

La unidad astronómica es una medida empleada por los científicos para cuantificar distancias dentro del sistema solar. Su definición se basa en la distancia promedio entre la Tierra y el Sol, establecida en 149.597.870,7 kilómetros, (Samos, Aristarco 2007).

Para orientar adecuadamente un panel solar y maximizar su eficiencia, es esencial considerar el ángulo acimutal. Este término hace referencia a la posición de los paneles solares en relación con la línea ecuatorial. La orientación precisa dependerá de la ubicación geográfica específica. En términos generales, para optimizar la captación de energía solar, los paneles deben apuntar hacia el ecuador. Ajustar el ángulo acimutal de los paneles solares de acuerdo con la latitud y la época del año puede mejorar significativamente su rendimiento, (Gutiérrez Urdaneta, Luis 2020).

La temperatura es una magnitud escalar que se define como la medida de la cantidad de energía cinética de las partículas presentes en una masa, ya sea gaseosa, líquida o sólida. En términos simples a mayor velocidad de las partículas, mayor es la temperatura, y viceversa. La temperatura es una indicación del grado de agitación térmica de las partículas en una sustancia, y su unidad de medida utilizada es el grado Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ) o el Kelvin (K), (Loayza, A.; Ríos, R.; Castillo 1999).

En términos generales, es cierto que, a menudo, una mayor superficie en un panel solar está asociada con una mayor potencia generada. Esto se debe a que un panel solar más grande alberga generalmente más células solares. Las células solares son las unidades individuales que convierten la luz solar en electricidad, y una mayor cantidad de estas células puede generar más electricidad en conjunto, (Robles, Carlos; Villa, Gabriel 2011).

La definición de potencia eléctrica es precisa. La potencia eléctrica se refiere a la rapidez con la que se realiza un trabajo o se consume energía en un sistema eléctrico. Matemáticamente, se expresa como la relación entre la energía consumida o transferida y el tiempo en el que ocurre. La unidad de medida estándar de potencia es el vatio (W). (Ledesma, Pablo 2008).

La definición de corriente e intensidad se refiere al flujo constante de partículas cargadas, generalmente electrones, que se desplazan a través de un conductor durante un intervalo de tiempo. En un contexto eléctrico, la intensidad se mide en

amperios (A) y representa la cantidad de corriente eléctrica que fluye a través de un conductor en un momento dado, (Mantilla Quijano, Gerardo; González, Helman 1977). La definición de voltaje es correcta. El voltaje se define como la magnitud responsable de establecer la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos en un circuito eléctrico. A veces también se le conoce como tensión eléctrica o diferencia de potencial eléctrico. El voltaje se mide en voltios (V) y representa la fuerza con la que la electricidad se impulsa a través de un circuito, (Floyd, Thomas L 2007).

## II. METODOLOGÍA

Tipo, enfoque y diseño de investigación: La investigación es de tipo aplicada cuando se utilizaron conocimientos teóricos previamente establecidos, para generar conocimiento y tiene por objetivo resolver un problema específico ¿Cuál es el impacto del seguidor solar mecánico en la eficiencia del panel en Chao - La Libertad?, asimismo, es necesario validar hipótesis predefinidas y se apoya en la medición numérica, el recuento y frecuentemente en la utilización de métodos estadísticos para precisar de manera exacta los patrones de comportamiento en una población. (Musa Phiri, Mwenge Mulenga, Aaron Zimba, Christopher Ifeanyi Eke 2023). En este estudio se utilizarán las teorías diferencia de potencia, células solares para, evaluar el impacto del seguidor solar en la eficiencia del panel en Chao-La Libertad.

Es un diseño experimental cuando se manipulan las variables por parte del investigador. Este estudio es de diseño experimental del tipo preexperimental, dado que se buscará determinar el impacto de la variable independiente (seguidor solar mecánico) en la variable dependiente (eficiencia del panel fotovoltaico), sin tener un grupo de control. Se evaluará la situación de la variable dependiente antes y después de la intervención de la variable independiente.



Dónde:

G: Los paneles X:

ángulo de rotación

O1: Observación de la variable eficiencia del panel pre estímulo

O2: Observación de la variable eficiencia del panel post estímulo

Variables/Categorías: Seguidor solar mecánico: Es un dispositivo mecánico que rastrea el sol desde el este del amanecer hasta el oeste del atardecer y puede orientar los paneles solares para que estén casi perpendiculares a los rayos del sol. (Tri Widodo Besar Riyadi, Marwan Effendy, Bagus Radiant Utomo, Agung Tri Wijayanta 2023).

Se consideró las dimensiones para seguidor solar mecánico movimiento, propiedades solares. (Hammoumi, Chtita, Motahir, Abdelaziz 2022), además, se consideró la

dimensión de orientación de paneles (T Rajesh, KS Tamil Selva, Vijayalakshmi, Cap. Narendra Kumar, K Anitha 2021).

Eficiencia del panel fotovoltaico: Es una medida de la cantidad de energía solar que cae sobre la superficie del panel y se convierte en electricidad, el rendimiento del módulo solar se define por dos factores principales. Uno es el rendimiento de la celda fotovoltaica y el otro es la configuración de la celda y el diseño del módulo (A. Habchi, B. Hartiti, H. Labrim, S. Fadili, P. Thévenin, E. Ntsoenzok, A. Faddouli 2023).

Se considero las dimensiones de eficiencia del panel fotovoltaico la energía solar. (Ali OM Maka, Tarik Ghalutb ,Elsaye Elsaye 2024), además, se consideró la dimensión de energía eléctrica (LiGuo Wang, ChangWen Wen, ShiXuan Wu, Sheng Wu 2024 ).

En el anexo 1 se detalla la tabla de operacionalización de variables, seguidor solar mecánico, eficiencia del panel fotovoltaico.

Población y muestra: La investigación tuvo como fin estudiar dos paneles solares por eso que la muestra será igual a la población

Técnicas e instrumentos de recolección de datos: En la investigación se aplicó las técnicas de recolección de datos, como es la guía de observación para evaluar el desempeño del seguidor solar, se tendrá que observar el funcionamiento del seguidor solar mecánico fotosensible, para tomar apuntes en Excel, de su funcionamiento en diferentes horarios del día, para poder ver su eficiencia, además revisar su corriente de consumo, y analizar si es factible tenerlo en operatividad en tiempo de invierno o verano, para poder lograr obtener la eficiencia del panel con la implementación del panel seguidor solar, con esta técnica podremos realizar la ficha técnica del panel solar.

Métodos para el análisis de datos: En la presente investigación se realizó el análisis de la información mediante, una hoja de cálculo desarrollada en Excel, de manera experimental se utilizará cuaderno de apuntes de campo y para evaluar el desempeño del panel se utilizará las pruebas en campo y el físico con los paneles solares.

Se utilizó una ficha de registro para determinar la eficiencia del panel solar fotovoltaico se trata de análisis de contenido, se podrían utilizar cuadros de registros de paneles solares mostrando la eficiencia del panel solar, cuando están expuestos directamente al sol, además realizar un análisis enfocado en la eficiencia del panel solar con cuadros

comparativos. Realizar el análisis mediante documentación de la factibilidad del panel solar.

Aspectos éticos: Este proyecto de investigación tendrá los principios éticos como la honestidad, el respeto y la autonomía, teniendo en cuenta las autorías, de los autores de las fuentes de información que he citado para la resolución de este proyecto, además me ha sido de mucha utilidad, para el desarrollo del marco teórico y proceso metodológico del presente proyecto. Comprometiéndose en hacer la referencia respectiva a cada autor según la norma ISO.

Además de ello se va a respetar la libre opinión de las personas para que puedan participar, en el desarrollo de esta investigación. Garantizándoles que el presente proyecto no tiene intenciones de causar daños morales a las personas e instituciones participantes.

Finalmente, el presente proyecto considerará el principio de la justicia, siendo inclusivos rechazando cualquier tipo de discriminación y comprometiéndose en demostrar la veracidad de los resultados y la información de la investigación mediante la evaluación y análisis de los resultados por el programa de anti - plagio Turnitin, y cualquier incumplimiento estamos sujetos a recibir dicha sanción impuesta por nuestro asesor.

### III. RESULTADOS

Habiéndose aplicado los instrumentos de medición, la muestra fue ejecutada en un solo objeto donde evaluamos las variables, seguidor solar mecánico y eficiencia del panel fotovoltaico.

Objetivo específico 1: Evaluar la eficiencia del panel solar fijo en Chao - La Libertad.

Características panel solar 110 W:

- Panel fotovoltaico Policristalino
- Voltaje máximo ( $V_m$ ): 17.90V
- Voltaje circuito Abierto ( $V_{oc}$ ): 21.88V
- Corriente máxima: 5.88A
- Dimensiones: 1020x670
- Área del panel (A): 0.6834 m<sup>2</sup>
- Voltaje circuito Abierto ( $V_{oc}$ ): 23.00V
- Corriente corto circuito ( $I_{sc}$ ): 6.26A
- Angulo de inclinación fija 29.5 (°)

Para evaluar la eficiencia del panel solar se tomaron diferentes datos de potencia y voltaje, según (T. Rajesh, KS Tamilselvan, A. Vijayalakshmi, Cap. Narendra Kumar, K. Anitha, 2021) nos mencionan para determinar la eficiencia del panel solar con la implementación de un seguidor solar se deben considerar 3 horarios durante el día, será a las 7:00 h, 13:00 h y 17:00 h, los ángulos de rotación fueron de 0°, 135° y 270°.

Además, el mejor Angulo de inclinación para el panel solar es de 29.5 (°). Según Somil Yadav, SK Panda, Caroline Hachem-Vermette, 2020).

Se evaluó la eficiencia del panel solar todos los 15 de cada mes desde noviembre, diciembre, febrero, marzo, abril, mayo y junio.



**Tabla 1. Eficiencia del panel solar fotovoltaico fijo**

Fecha	Hora	Temperatura panel (°C)	Potencia (W)	Intensidad (A)	Voltaje (V)	Eficiencia del panel
	07:00	18	30	1.5	20	15.6%
15/11/2023	13:00	24	55.39	2.9	19.1	14.7%
	17:00	19	47.76	2.4	19.9	17.4%
	07:00	17	46.23	2.3	20.1	17.1%
15/12/2024	13:00	21	74.305	3.85	19.3	15.4%
	17:00	20	49.4	2.6	19	15.7%
	07:00	23	30.72	1.6	19.2	12.8%
15/02/2024	13:00	29	68.4	3.8	18	14.3%
	17:00	25	51.3	2.7	19	15.2%
	07:00	23	27.264	1.42	19.2	15.3%
15/03/2024	13:00	27	62.9	3.4	18.5	15.1%
	17:00	25	47.5	2.5	19	16.5%
	07:00	19	31.84	1.6	19.9	13.5%
15/04/2024	13:00	25	64.6	3.4	19	15.3%
	17:00	24	45.649	2.39	19.1	16.6%
	07:00	20	48.35	2.5	19.4	16%
15/05/2024	13:00	22	74.498	3.86	19.3	15.7%
	17:00	21	54.04	2.8	19.3	16.1%
	07:00	19	47.561	2.39	19.9	17.3%
15/06/2024	13:00	22	75.27	3.9	19.3	15.5%
	17:00	20	48.5	2.5	19.4	15.7%

Fuente elaboración propia.

La potencia se puede medir directamente a través de un instrumento de medición como es el amperímetro y voltímetro al mismo tiempo, además el panel solar genera una cantidad de amperios dependiendo de la temperatura y la irradiancia al que esté operando, para calcular la intensidad lo hacemos mediante la ley de Ohm.

Para evaluar los datos de operación de la tabla n°1 se tomó como ejemplo el día 15/06/2024 a las 13 h, de esta manera se evidencia como se sacaron los demás

cálculos.

Según (Georg Simon 1827) para calcular la intensidad utilizamos la fórmula de:

$$A=P/V$$

Remplazando la fórmula

tenemos Potencia: 75.27W

Voltaje: 19.3V

$$A=75.27/19.3=3.9$$

El amperaje de la célula solar es de 3.9 amperios

Según (James Clerk Maxwell 1873) nos menciona que para calcular la potencia utilizamos la fórmula de:  $P=V \times I$

Voltaje: 19.3V

Corriente: 3.9

$$P=19.3 \times 3.9=75.27$$

La potencia del panel seria de 75.27W.

Como se puede evidenciar en la tabla n°1 en la fecha 15/06/2024 a las 13 h, las lecturas de datos del panel solar de estructura fija, tiene una inclinación de 29.5°, se llega a la conclusión, que el punto máximo donde más se aprovecha la energía del panel solar fue de 3.9 amperios, estos datos se obtuvieron con una pinza amperimétrica.

según (Agustín Castejón Oliva y Germán Santamaría Herranz 2010) nos mencionan que para determinar la mayor eficiencia del panel solar utilizamos la siguiente formula:

$$\eta = P_{out} / E_{in} \times A \times 100$$

Potencia de entrada ( $E_{in}$ ):

710W/m<sup>2</sup> Potencia de salida ( $P_{out}$ ):

75.27W

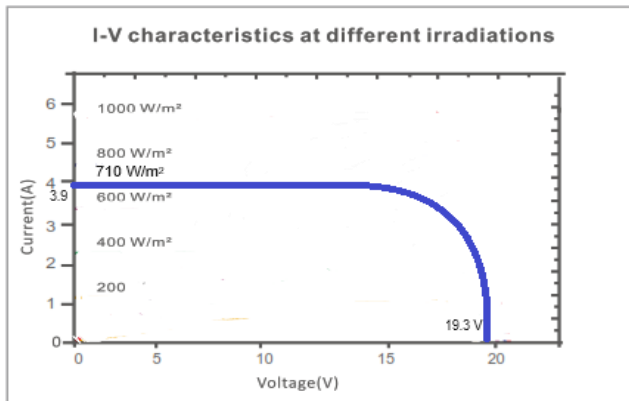
Área del panel ( $A$ ): 0.6834m<sup>2</sup>

Con estos datos remplazamos en la fórmula para tener la eficiencia del panel solar

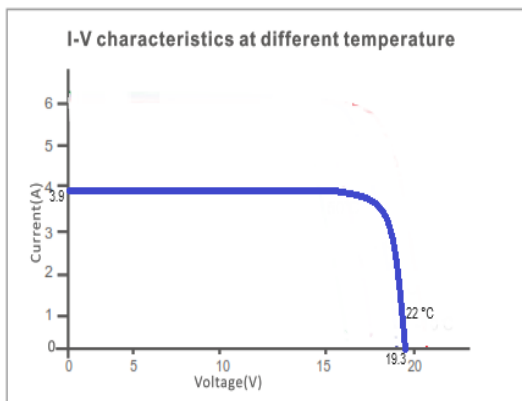
$$\eta = \frac{75.27}{0.6834 \times 710} \times 100 = \frac{78}{485.214} \times 100 = 15.5\%$$

la eficiencia del panel fijo es de  $\eta=15.5\%$ .

Nota importante, en la parte de anexos están los datos de las eficiencias de todos los meses, en los tres horarios diferente y se evaluó en los meses de noviembre, diciembre, febrero, marzo, abril, mayo y junio. Se evidencia la eficiencia del panel solar.



**Figura 1.** características de irradiación panel solar fijo



**Figura 2.** Características de temperatura del panel solar fijo

Objetivo específico 2: Evaluar la eficiencia del panel en tres ángulos diferentes de rotación en Chao - La Libertad.

**Tabla 2.** Eficiencia del panel solar con la implementación del seguir solar mecánico.

Fecha	Hora	Temperatura panel (°C)	Potencia (W)	Intensidad (A)	Voltaje (V)	Eficiencia del panel
	07:00	18	30	1.5	20	15.6%
15/11/2023	13:00	24	57.3	3	19.1	15.1%
	17:00	19	49.75	2.5	19.9	17.9%
	07:00	17	46.23	2.3	20.1	17.1%
15/12/2024	13:00	21	76.428	3.96	19.3	15.9%
	17:00	20	54.32	2.8	19.4	17.2%
	07:00	23	30.72	1.6	19.2	12.8%
15/02/2024	13:00	29	70.2	3.9	18	14.7%
	17:00	25	52.44	2.76	19	15.6%
	07:00	23	27.264	1.42	19.2	15.3%
15/03/2024	13:00	27	64.75	3.5	18.5	15.5%
	17:00	25	49.4	2.6	19	17.2%
	07:00	19	31.84	1.6	19.9	13.5%
15/04/2024	13:00	25	66.5	3.5	19	15.8%
	17:00	24	46.986	2.46	19.1	17.1%
	07:00	20	48.5	2.5	19.4	16%
15/05/2024	13:00	22	76.235	3.95	19.3	15.9%
	17:00	21	55.97	2.9	19.3	16.7%
	07:00	19	47.561	2.39	19.9	17.3%
15/06/2024	13:00	22	79.13	4.1	19.3	16.3%
	17:00	20	50.44	2.6	19.4	16.4%

Fuente elaboración propia.

La potencia se puede medir directamente a través de un instrumento de medición

cómo es un amperímetro y voltímetro al mismo tiempo, además el panel solar genera una cantidad de amperios dependiendo del voltaje al que esté operando, para calcular la intensidad lo hacemos mediante la ley de Ohm.

Para evaluar los datos de operación de la tabla n°2 se tomó como ejemplo el día 15/06/2024 a las 13 h, de esta manera se evidencia como se sacaron los demás cálculos.

Según (Georg Simon 1827) para calcular la intensidad utilizamos la fórmula de:  $A=P/V$

Remplazando la formula tenemos

Potencia: 79.13W

Voltaje: 19.3V

$A=79.13/19.3=4.1$

El amperaje de la célula solar es de 4.1 amperios

Según (James Clerk Maxwell 1873) nos menciona que para calcular la potencia

utilizamos la fórmula de:  $P=V \times I$

Voltaje: 19.3V

Corriente: 4.1A

$P=19.3 \times 4.1=79.13$

La potencia del panel solar seria de 79.13W

Se puede evidenciar en la tabla n°2, a las 13 h, es donde se tiene una mayor eficiencia del panel solar, esto se da por diferentes motivos, se aprecia que tiene una mayor radiación y es por ello que se genera mayor energía en el panel solar, para aprovechar al máximo, para el panel solar se tiene que mantener una inclinación fija del panel de 29.5° además, el ángulo que gira el panel solar será de 135° es el ángulo donde se aprovecha al máximo la eficiencia del panel solar.

según (Agustín Castejón Oliva y Germán Santamaría Herranz 2010) nos mencionan que para determinar la mayor eficiencia del panel solar utilizamos la siguiente formula:

$\eta = P_{out} / E_{in} \times A \times 100$

Potencia de entrada (E in): 710W/m<sup>2</sup>

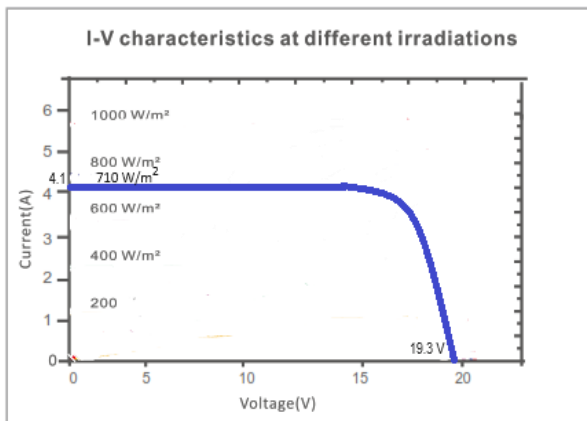
Potencia de salida (P out): 79.13W

Área del panel (A): 0.6834

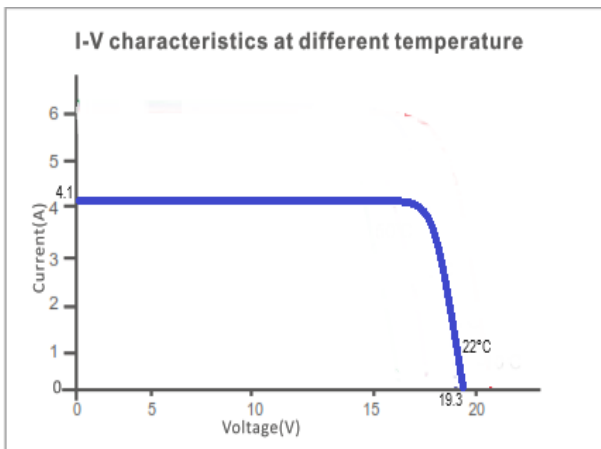
Con estos datos remplazamos en la fórmula para tener la eficiencia del panel solar

$$\eta = \frac{79.13}{0.6834 \times 710} \times 100 = \frac{79.13}{485.214} \times 100 = 16.4\%$$

la eficiencia del panel con la incorporación de seguidor solar mecánico es de  $\eta=16.4\%$



**Figura 3.** Características de irradiación del panel solar con el seguidor solar mecánico



**Figura 4.** Características de temperatura del panel solar con el seguidor solar mecánico

**Tabla 3. Seguidor solar mecánico.**

Fecha 15/06/24 Hora	Hora	Angulo de rotación (°).	Irradiancia solar (W/m <sup>2</sup> )	Inclinación del panel (°).	Ubicación geográfica msnm
	07:00	0°	280	29.5	23
15/11/2023	13:00	135°	550	29.5	23
	17:00	270°	400	29.5	23
	07:00	0°	340	29.5	23
15/12/2023	13:00	135°	500	29.5	23
	17:00	270°	390	29.5	23
	07:00	0°	298	29.5	23
15/02/2024	13:00	135°	695	29.5	23
	17:00	270°	489	29.5	23
	07:00	0°	260	29.5	23
15/03/2024	13:00	135°	610	29.5	23
	17:00	270°	420	29.5	23
	07:00	0°	345	29.5	23
15/04/2024	13:00	135°	615	29.5	23
	17:00	270°	400	29.5	23
	07:00	0°	420	29.5	23
15/05/2024	13:00	135°	700	29.5	23
	17:00	270°	490	29.5	23
	07:00	0°	400	29.5	23
15/06/2024	13:00	135°	710	29.5	23
	17:00	270°	450	29.5	23

Fuente elaboración propia.

Objetivo general: Evaluar el impacto del seguidor solar mecánico en la eficiencia del panel en Chao - La Libertad.

Se puede evidenciar que, a las 13 h de los meses de noviembre diciembre, febrero, marzo, abril, mayo y junio, de todos los meses en la tabla n°1 y la tabla n°2 es donde se tiene una mayor eficiencia del panel solar, esto se da por diferentes motivos, se

aprecia que se tiene una mayor radiación y es por ello que se genera mayor energía en el panel solar, para aprovechar al máximo un panel solar se tiene que mantener una inclinación fija del panel de 29.5° además, el ángulo que gira el panel solar será de 135° es el ángulo donde se aprovecha al máximo la eficiencia del panel solar.

**Tabla 4.** Eficiencia del panel solar fijo y del panel solar con seguidor mecánico

Fecha	Eficiencia del panel solar fotovoltaico fijo	Eficiencia del panel solar con la implementación del seguir solar mecánico
Noviembre	47.7%	48.6%
Diciembre	48.2%	50.2%
Febrero	42.3%	43.1%
Marzo	46.9%	48%
Abril	45.4%	46.4%
Mayo	47.8%	48.6%
Junio	48.5%	50%

Fuente elaboración propia.

En la tabla n°4 tenemos la eficiencia de los meses desde noviembre, diciembre, febrero, marzo, abril, mayo y junio, estos datos fueron tomados el 15 de cada mes a las 13 h. Podemos comprobar que la eficiencia del panel solar aumenta con la implementación del seguidor solar. Como dato tomaremos el mes de junio el consolidado del panel fijo tuvo una eficiencia del 48.5% como se evidencio en el cuadrode cálculos aplicando diferentes fórmulas, el panel solar con la implementación del seguidor solar mecánico se tuvo una eficiencia del 50%, ambos datos fueron tomados



en tiempo real y en la misma hora y mismo día para tener datos más exactos. Para el seguidor solar se obtuvieron los datos directamente mediante un equipo de medición que es una estación meteorológica Vantage Pro2. Este instrumento de medición nos da de manera directa la irradiancia solar, la cual es usada para el cálculo de eficiencia del panel solar.



**Figura 5.** Estación meteorológica Vantage Pro2.



**Figura 6.** Funcionamiento de la estación meteorológica Vantage Pro2.



**Figura 7.** Medidor de temperatura

#### **IV. DISCUSIÓN**

Se planteo el primer objetivo: Evaluar la eficiencia del panel solar fijo en Chao - La Libertad, se evaluó la eficiencia del panel solar fotovoltaico. De manera física y en campo, los instrumentos de medición fueron voltímetro, además de ello podemos decir que se evidencia que cuando se tiene una mayor radiación es donde se obtiene la mayor eficiencia de la célula solar.

Estos resultados con coincidentes con los obtenidos por, Youssef Boukdir, Hamid EL Omari (2022) nos mencionan que al monitorearlo en puntos diferentes mejora la recepción de energía recibida por el panel solar cuando está instalada sobre la base móvil, esto se dio porque al momento de tomar datos del panel solar fotovoltaico en diferentes puntos se da, por su aprovechamiento del punto focal que incide de manera directa en el panel solar.

Se encontró Tonathiu Q. Saldivar-Aguilera, Luis M Valentín-Coronado, Manuel I. Peña, Arturo Díaz-Ponce, José A. Dena (2023), se concluyeron que el débil beneficio de energía a través de la iluminación difusa se obtiene solo cuando el cielo está completamente nublado, esto se da por el motivo de que a menor radiación menor será la energía generada por el panel solar.

Por ello los investigadores Mostefa Ghassoul (2021) nos mencionan que para utilizarlo en uso doméstico no es recomendable usar un seguidor solar para aumentar la eficiencia de los paneles solares, los informes que indican un aumento en la extracción de energía que varía entre el 12% y el 69%. Aunque este último porcentaje puede parecer exagerado, no hay acuerdo general sobre el grado de mejora, pero sin duda depende mucho del clima.

Los investigadores Raviduth Ramful, Nashil Sowaruth (2022), han creado un dispositivo accesible capaz de absorber la energía solar con la máxima eficiencia del panel solar, ya que la corriente generada superó a la del panel estático en un 37% sin duda podemos evidenciar que la utilización de un dispositivo aumenta la eficiencia del panel solar.

Además, coincidimos con los investigadores porque menciona que para tener mejor eficiencia del panel solar depende del clima y de la radiación solar, Alongkorn Pirayawaraporn, Sahapol Sappaniran, Sarawin Nooraksa, Chanon Prommai, Nachaya

Chindakham, Chaowan Jamroen (2023), nos mencionan que se han realizado muchos estudios, para aumentar la recolección de energía a través del panel solar, esto se da por la diferencia de radiación entre un clima que es verano y el clima de invierno, ante ello se dice que a mayor radiación mayor capacidad de generación de energía solar.

La investigación de Dhanusiya Govindasamy, Ashwani Kumarc (2023), coincidimos con ellos en sus resultados nos mencionan que, si mantenemos la temperatura por debajo de los 20°C, y la eficiencia energética se puede incrementar en un 3% la eficiencia del panel solar.

Coincidimos con los investigadores Widodo Besar Riyadi, Marwan Effendy, Bagus Radiante Utomo, Agung Wijayanta (2023), su investigación se llevó a cabo en Tailandia y las pruebas se dieron tanto con un panel solar de 100W fijo como con uno que tenía un movimiento bidimensional de 6 a 18 horas, Los resultados indicaron que en el panel fijo produjo 53,58 W/día, mientras que con el sistema de seguimiento de 2 ejes la producción aumentó a 74,47 W/d, este aumento se da porque el panel solar encontró el punto focal donde absorbe una mayor cantidad de rayos solares y la convierte en energía.

Se coincide con los investigadores Omar Alomar, Omar Mohamed, Bashar Mahmud, Veen S. Qader, Obed M, (2023), el cual nos indica que para aumentar la eficiencia del panel fijo es necesario tener saber la radiación solar de la zona además recomienda que el punto más alto de radiación se da a las 13 h, coincidimos con ellos porque en la investigación el punto más alto lo tenemos a la misma hora y es donde hay una mayor generación de energía.

Objetivo específico 2: Evaluar la eficiencia del panel en tres ángulos diferentes de rotación en Chao - La Libertad.

Para evaluar la eficiencia del panel solar se tomaron diferentes datos de potencia y voltaje, para el seguidor solar de forma mecánica que estará ubicado en tres posiciones específicamente y se puede evidenciar que el panel aumenta significativamente la eficiencia cuando en el transcurso del día la radiación es mayor, se evidencia que al medio día es donde se puede aprovechar al máximo la potencia del panel solar.

Coincidimos con Youssef Boukdir, Hamid EL Omari (2022), a diferencia con ellos usaron un seguidor solar automático, nos mencionan que al momento que se monitorea en posiciones diferentes aumenta la eficiencia del panel solar, esto se evidencia por el ángulo de rotación y por la radiación que su punto máximo es al medio día. pero en esta investigación se usó un seguidor mecánico el cual nos da como resultado que al girar el ángulo del panel solar aumenta significativamente la eficiencia del panel solar.

Por su parte coincidimos con los autores Tonathiu Q. Saldivar-Aguilera, Luis M Valentín-Coronado, Manuel I. Peña, Arturo Díaz-Ponce, José A. Dena (2023), los cuales nos mencionan que en días nublados y donde hay menor radiación es donde el panel solar es menos eficiente.

Por ello también coincidimos con los autores Mostefa Ghassoul (2021), nos muestran una comparación entre un sistema de seguidor solar y un sistema de panel fijo, lo cual nos dice que los resultados del panel solar con seguidor solar son más eficientes en un 59%, pero depende mucho del clima, además nos dice que para el uso doméstico no es recomendable aplicarlo porque al momento de construirlo sería muy costoso, es por eso que se recomienda ubicarlo de una manera fija.

Se coincidió con los investigadores Raviduth Ramful, Nashil Sowaruth (2022), nos mencionan claramente que usar un panel solar fotovoltaico con un dispositivo de pueda alinearse en su mayor parte al sol es más eficiente en un 37% a comparación de un panel fijo, estos datos se ven claramente en la radiación solar que varía tanto en la mañana, el medio día y el atardecer el punto focal cambia continuamente, con los resultados podemos concluir que debemos de tener un punto fijo del panel solar y aprovechar al máximo la energía solar generada por el panel fotovoltaico.

Se coincide con Alongkorn Pirayawaraporn, Sahapol Sappaniran, Sarawin Nooraksa, Chanon Prommai, Nachaya Chindakham, Chaowan Jamroen (2023), mencionan que la eficiencia del panel solar incide de manera directa con el clima, en verano existe mayor radiación, por ello se da más generación de energía a través de la célula solar, además para aprovechar al máximo la energía, por el panel solar se debe de instalar en un ángulo de rotación fijo, esto se evalúa con el seguidor solar mecánico que se ubica en tres posiciones fijas.

La investigación de Dhanusiya Govindasamy, Ashwani Kumarc (2023), mencionan que para mejorar la eficiencia del panel solar con la inclusión de dispositivo solar es necesario tener en cuenta la temperatura por debajo de 20°C, sin duda esto ayuda a aumentar la eficiencia del panel solar del 3% más aun cuando este con el dispositivo solar aumentara bajara el 3% de eficiencia de la célula solar.

Widodo Besar Riyadi, Marwan Effendy, Bagus Radiante Utomo, Agung Wijayanta (2023), los resultados obtenidos por los autores indican que la diferencia del panel fijo con un panel con seguidor solar se da que el panel fijo produjo 53,58 W/día y el panel con seguidor aumentó a 74,47 W/d. esto incide directamente con la radiación solar.

Mencionan los investigadores Omar Alomar, Omar Mohamed, Bashar Mahmud, Veen S. Qader, Obed M, (2023), esta investigación se llevó a cabo en un edificio y realizan la comparación de un panel fijo y un panel montado en un dispositivo mecánico que se ubica a la posición del sol, el cual nos indica que, a las 13 h, es donde existe mayor radiación solar y por ello se tiene mayor generación de energía, esto se da porque se aprovecha mejor los rayos solares, además aumenta la eficiencia del panel solar fijo en un 31%.

## V. CONCLUSIONES

1. Se concluye que para evaluar la eficiencia del panel solar se mantuvo una inclinación fija de  $29.5^\circ$ , además la mayor eficiencia del panel solar se dio a la 13 h, del mes de junio, la muestra fue tomada el día 01, el 15 y el 30 de junio del 2024 el consolidado del panel fijo tuvo una eficiencia del 48.5% en el mes de junio. La irradiancia solar incide directamente aumento la eficiencia del panel solar.
2. Se concluye que para la evaluación del seguidor solar mecánico se dio en tres posiciones diferentes, con relación al acimut fue de  $0^\circ$ , de  $135^\circ$  y de  $270^\circ$ , además se evaluó en tres horarios distintos, a las 07:00 h, las 13:00 h y a las 17:00 h, se demuestra que en la tabla n°3 la irradiancia solar fue mayor a la 13 h, del mes de junio, la muestra fue tomada el día 01, el 15 y el 30 de junio del 2024. Se concluye que para aprovechar al máximo la energía generada por el panel este debe de tener una inclinación de  $29.5^\circ$  y debe de tener un ángulo de rotación con respecto del norte de  $135^\circ$ , con la implementación del seguidor solar mecánico se tuvo una eficiencia del 50%, ambos datos fueron tomados en tiempo real y en la misma hora y mismo día para tener datos más exactos.
3. El impacto del seguidor solar mecánico se adapta de una manera muy positiva a su implementación, además de ello aumenta la eficiencia del panel solar a comparación de instalar un panel solar solo y un panel solar con seguidor solar mecánico ay un aumento significativo del 1.5% con la implementación del seguidor solar mecánico, esto depende de la Irradiancia solar mientras mayor radiación solar se tendrá mayor capacidad de generación, además la temperatura del panel disminuye el voltaje, pero al margen de esos factores se tuvo aumento de eficiencia del panel solar.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Se recomienda poder realizar las mediciones con equipos más sofisticados y utilizar analizadores de redes para ver la línea perfecta de la energía y así poder realizar un estudio más eficaz al momento de saber cuánto de eficiencia está dando el panel solar. Además, se recomienda poder realizar un estudio tomando más ángulos de rotación y de esa manera poder resolver muchas dudas de los demás investigadores que requieran estudiar este tema, además pueden realizar un ángulo diferente de elevación del panel solar y demostrar con resultados si mejoro o empero la eficiencia del panel solar.

Se recomienda poder realizar las pruebas de funcionamiento de los paneles solares en diferentes días del año, porque tenemos un clima muy cambiante y ante eso cambia la eficiencia del panel solar.

Se recomienda poder desarrollar un software donde se pueda ver en tiempo real el movimiento del panel solar y de esa forma poder medir la eficiencia del panel solar.

## REFERENCIAS

ALOMAR, Omar Rafae, et al. Análisis energético, exegético, económico y ambiental de paneles solares fotovoltaicos para sistemas de seguimiento fijo, de uno y dos ejes: un estudio experimental y teórico. Estudios de casos en ingeniería térmica, 2023, vol. 51, pág. 103635.

APARICIO, Miguel Pareja. Radiación solar y su aprovechamiento energético. Marcombo, 2020.

BOBABEKOV, Azam R., et al. Specificity of soft tissue surgical infection in diabetes. 2021.

BOUKDIR, Youssef; OMARI, Hamid EL. Novedoso seguidor solar de doble eje de alta precisión y bajo coste basado en tres sensores de luz. Heliyón, 2022, vol. 8, número 12.

CHAN-DZIB, E.; BASSAM, A.; CARRILLO, J. G. Novel curled cooler to enhance the efficiency of a photovoltaic panel system. Applied Thermal Engineering, 2024, vol. 249, p. 123317.

CORAKCI, Aysegul; OMay, Tolga. ¿Existe convergencia en el despliegue de energías renovables? Evidencia de una nueva prueba de raíz unitaria de panel con roturas estructurales suaves y pronunciadas. Energías Renovables, 2023, vol. 205, pág. 648-662.

DE SAMOS, Aristarco. Sobre los tamaños y las distancias del Sol y la Luna. Servicio Publicaciones UCA, 2007.

ECHENIQUE, Ramiro A., et al. Sistema de seguimiento solar para paneles fotovoltaicos. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente-AVERMA, 2018, vol. 22, p. 13-23.

EL HAMMOUMI, Aboubakr, et al. Energía solar fotovoltaica: del material al uso y las técnicas más utilizadas para maximizar la producción de energía de los sistemas fotovoltaicos: un enfoque en seguidores solares y paneles solares flotantes. Informes Energéticos, 2022, vol. 8, pág. 11992-12010.

ELSAYED, Abdelrahman A., et al. Un novedoso mecanismo mecánico de seguimiento solar con un solo eje de seguimiento para países en desarrollo. Energías Renovables,



2021, vol. 170, pág. 1129-1142.

FLOYD, Thomas L. Principios de los circuitos eléctricos: versión actual convencional. Pearson Prentice Hall, 2007.

GHASSOUL, Mostefa. A dual solar tracking system based on a light to frequency converter using a microcontroller. Fuel Communications, 2021, vol. 6, p. 100007.

GOVINDASAMY, Dhanusiya; KUMAR, Ashwani. Experimental analysis of solar panel efficiency improvement with composite phase change materials. Renewable Energy, 2023, vol. 212, p. 175-184.

GUTIÉRREZ URDANETA, Luis, et al. Sistemas de ajuste manual de inclinación de paneles fotovoltaicos y de seguimiento automático horizontal de un eje. Ingeniería Energética, 2020, vol. 41, no 2.

HABCHI, A., et al. Perfect stabilisation of the electrical efficiency of a set of semi-transparent photovoltaic panels using a smart cooling system. Renewable Energy, 2023, vol. 215, p. 118951.

HABCHI, A., et al. Performance study of a new parabolic trough design under optical concentrator effect. Applied Thermal Engineering, 2023, vol. 219, p. 119500.

LEDESMA, Pablo. Regulación de frecuencia y potencia. Universidad Carlos III de Madrid, 2008, vol. 21, pág. 4-6.

LiGuo Wang, ChangWen Wen, ShiXuan Wu, Sheng Wu 2024 energía eléctrica

LOAYZA, A.; RIOS, R.; CASTILLO, C. 1 Temperatura. Ecología en Bolivia, 1999, vol. 33, p. 75-79.

LU, Wen; AJAY, P. Sistema de seguimiento solar fotovoltaico mediante optimización aritmética con doble eje y sensor. Medición: Sensores, 2024, vol. 33, pág. 101089.

MAKA, Ali OM; GHALUT, Tarik; ELSAYE, Elsaye. El camino hacia la descarbonización y las emisiones netas cero para 2050: el papel de la tecnología de energía solar. Tecnologías verdes y sostenibilidad, 2024, p. 100107

MANTILLA QUIJANO, Gerardo; GONZÁLEZ, Helman. La resistencia eléctrica- Materiales conductores, semiconductores y aislantes. 1977.

MORALES, Carlos Andrés Collazos. Prototipo para la Enseñanza de la dinámica rotacional (Momento de Inercia y teorema de ejes paralelos). Latin-American Journal of Physics Education, 2009, vol. 3, no 3, p. 19.

MÚGICA, Francisco. Determinación de la latitud por el método de los verticales simétricos. 1961.

OLORUNFEMI, Benjamin O.; NWULU, Nnamdi I.; OGBOLUMANI, Omolola A. Solar panel surface dirt detection and removal based on arduino color recognition. *MethodsX*, 2023, vol. 10, p. 101967.

PHIRI, Musa, et al. Técnicas de aprendizaje profundo para sistemas de seguimiento solar: una revisión sistemática de la literatura, desafíos de investigación y direcciones de investigación abiertas. *Energía Solar*, 2023, vol. 262, pág. 111803.

PIRAYAWARAPORN, Alongkorn, et al. Innovative sensorless dual-axis solar tracking system using particle filter. *Applied Energy*, 2023, vol. 338, p. 120946.

POZO, Juan Ignacio; CARRETERO, Mario. Del pensamiento formal a las concepciones espontáneas: ¿qué cambia en la enseñanza de la ciencia? *Infancia y aprendizaje*, 1987, vol. 10, no 38, p. 35-52.

RAJESH, T., et al. Design and implementation of an automatic solar tracking system for a monocrystalline silicon material panel using MPPT algorithm. *Materials Today: Proceedings*, 2021, vol. 45, p. 1783-1789.

RAMFUL, Raviduth; SOWARUTH, Nashil. Low-cost solar tracker to maximize the capture of solar energy in tropical countries. *Energy Reports*, 2022, vol. 8, p. 295-302.

RIYADI, Tri Widodo Besar, et al. Efecto del ciclo térmico con diversas velocidades de calentamiento sobre el rendimiento de módulos termoeléctricos. *Revista Internacional de Ciencias Térmicas*, 2022, vol. 178, pág. 107601.

RIYADI, Tri Widodo Besar, et al. Rendimiento de un panel generador fotovoltaico-termoeléctrico en combinación con varios sistemas de seguimiento solar. *Ingeniería Térmica Aplicada*, 2023, vol. 235, pág. 121336.

ROBLES, Carlos; VILLA, Gabriel. Control del punto de máxima potencia de un panel solar fotovoltaico, utilizando lógica difusa. *Telematique*, 2011, vol. 10, no 2, p. 54-72.

SADAQ, S. Irfan; MEHDI, Syed Nawazish; MOHINODDIN, Mohd. Experimental analysis on solar photovoltaic (SPV) panel for diverse slope angles at different wind speeds. *Materials Today: Proceedings*, 2023.

SALDIVAR-AGUILERA, Tonathiu Q., et al. Novedoso algoritmo de control dual en bucle cerrado para seguidores solares de sistemas de colectores cilindroparábolicos.

Energía Solar, 2023, vol. 259, pág. 381-390.

SOVACOOOL, Benjamin K., et al. Towards improved solar energy justice: Exploring the complex inequities of household adoption of photovoltaic panels. *Energy Policy*, 2022, vol. 164, p. 112868.

VILA, J.; SIERRA, CJ Explicación con experimentos sencillos y al alcance de todos de la primera ley de Newton (la ley de la inercia), así como la diferencia entre inercia e inercialidad. *Revista Latinoamericana de Educación Física*, 2008, vol. 2, núm. 3, pág. dieciséis.

WANG, LiGuo, et al. Electric power prediction of a two-body hinge-barge wave energy converter using machine learning techniques. *Ocean Engineering*, 2024, vol. 305, p. 117935.

WANG, Qianrong, et al. A review of applications of plasmonic and conventional nanofluids in solar heat collection. *Applied Thermal Engineering*, 2023, vol. 219, p. 119476.

YADAV, Somil; PANDA, S. K.; HACHEM-VERMETTE, Caroline. Optimum azimuth and inclination angle of BIPV panel owing to different factors influencing the shadow of adjacent building. *Renewable energy*, 2020, vol. 162, p. 381-396.

YADAV, Somil; PANDA, SK; HACHEM-VERMETTE, Carolina. Acimut y ángulo de inclinación óptimos del panel BIPV debido a diferentes factores que influyen en la sombra del edificio adyacente. *Energías renovables*, 2020, vol. 162, pág. 381-396.

OLIVA, Agustín Castejón; HERRANZ, Germán Santamaría. *Instalaciones solares fotovoltaicas*. Editex, 2010.

OHM, Georg Simon. *Die galvanische kette: mathematisch*. TH Riemann, 1827.

MAXWELL, James Clerk. *Tratado sobre electricidad y magnetismo*. Clarendon Press, 1873.

## ANEXOS

### Anexo 1. Tabla de operacionalización de variables o tabla de categorización

Variable s de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensi ones	Indicadores	Escal a de medici ón
Variable independiente: Seguidor solar mecánico:	Es un dispositivo mecánico que rastrea el sol desde el este del amanecer hasta el oeste del atardecer y puede orientar los paneles solares para que estén casi perpendiculares a los rayos del sol (Tri Widodo Besar Riyadi, Marwan Effendy, Bagus Radiant Utomo, Agung Tri Wijayanta 2023).	Se consideró las dimensiones, movimiento, propiedades solares (Hammoumi, Chtita, Motahhir, Abdelaziz 2022. Además, se consideró la dimensión de orientación de paneles (T Rajesh, KS Tamil Selva, Vijayalakshmi, Cap. Narendra Kumar, K Anitha 2021).	Movimie nt o  Propiedad es solares	-Angulo de rotación (°).  - Radiación (W/m²).  -Inclinación del panel (°).  - Ubicación geográfica (msnm)	Razón Nomin al

<b>Variables de estudio</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Escala de medición</b>
Variable dependiente: Eficiencia del panel fotovoltaico	La eficiencia del panel fotovoltaico es una medida de la cantidad de energía solar que cae sobre la superficie del panel y se convierte en electricidad. El rendimiento del módulo solar se define por dos factores principales (A. Habchi, B. Hartiti, H. Labrim, S. Fadili, P. Thévenin, E. Ntsoenzok, A. Faddouli 2023).	Se considero las dimensiones, la energía solar (Ali OM Maka, Tarik Ghalutb ,Elsaye Elsaye 2024). Además, se consideró la dimensión de energía eléctrica (LiGuo Wang, ChangWen Wen, ShiXuan Wu, ShengWu 2024).	Energía solar  Energía eléctrica	- Temperatura panel (°C).  -Potencia (W). -Intensidad (A) -Voltaje (V).	Intervalo De razón

## Anexo 2. Instrumentos de recolección de datos

Eficiencia del panel solar fotovoltaico fijo

Fecha 20/06/24 Hora	Temperatura panel (°C)	Potencia (W)	Intensidad (A)	Voltaje (V)
07:00				
13:00				
17:00				

Seguidor solar mecánico

Fecha 20/06/24 Hora	Angulo de rotación (°).	Irradiancia solar (W/m <sup>2</sup> )	Inclinación del panel (°).	Ubicación geográfico msnm
07:00				
13:00				
17:00				

Eficiencia del panel solar con la implementación del seguir solar mecánico

Fecha 20/06/24 Hora	Temperatura panel (°C)	Potencia (W)	Intensidad (A)	Voltaje (V)
07:00				
13:00				
17:00				

#### Anexo 4. Otras evidencias

Donde se incluirá fotografías, planos, documentos o cualquier otro que ayude a esclarecer más la investigación.

Fotos de voltaje del panel solar fotovoltaico fijo tomados



Fotos de voltaje del panel solar con la implementación del seguir solar mecánico tomados

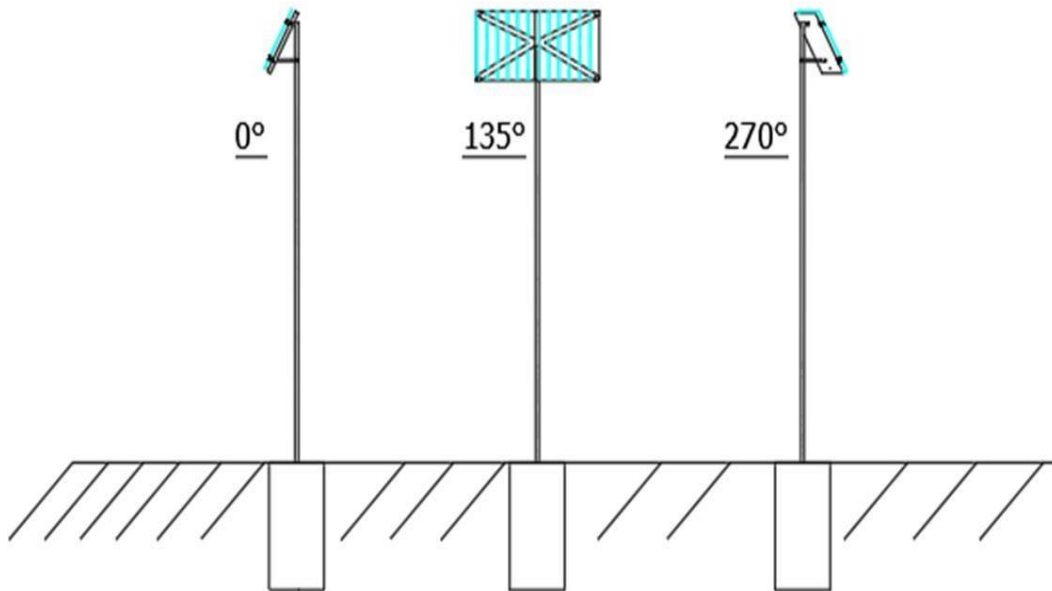


Fotos del seguidor solar mecánico con la implementación del panel solar.

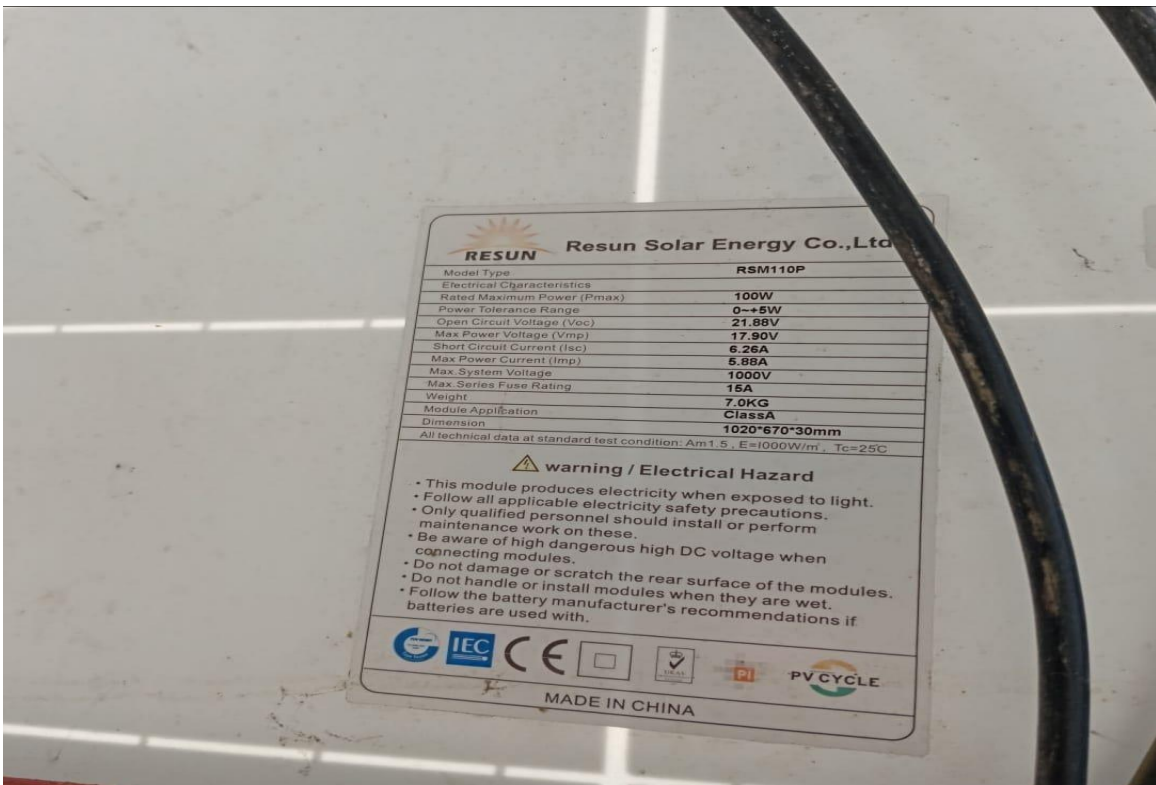


Plano del seguidor solar mecánico en los tres ángulos

Vista lateral







Datos de medición de parámetros:

Eficiencia del panel solar fotovoltaico fijo

Fecha	Hora	Temperatura panel (°C)	Potencia (W)	Intensidad (A)	Voltaje (V)	Eficiencia del panel
	07:00	19	30.6	1.6	19.9	14.9%
01/11/23	13:00	23	53.48	2.8	19.1	15.6%
	17:00	20	33.66	1.7	19.8	13.6%
	07:00	18	30	1.5	20	15.6%
15/11/23	13:00	24	55.39	2.9	19.1	14.7%
	17:00	19	47.76	2.4	19.9	17.4%
	07:00	19	32.835	1.65	19.9	14.6%
30/11/23	13:00	25	72.2	3.8	19	15.3%
	17:00	23	48	2.5	19.2	15.6%

Eficiencia del panel solar con la implementación del seguir solar mecánico

Fecha	Hora	Temperatura panel (°C)	Potencia (W)	Intensidad (A)	Voltaje (V)	Eficiencia del panel
	07:00	19	30.6	1.6	19.9	14.9%
01/11/23	13:00	23	55.39	2.9	19.1	16.2%
	17:00	20	35.64	1.8	19.8	14.4%
	07:00	18	30	1.5	20	15.6%
15/11/23	13:00	24	57.3	3	19.1	15.1%
	17:00	19	49.75	2.5	19.9	17.9%
	07:00	19	32.835	1.65	19.9	14.6%
30/11/23	13:00	25	74.1	3.9	19	15.6%
	17:00	23	49.92	2.6	19.2	15.9%

Seguidor solar mecánico

Fecha	Hora	Angulo de rotación (°).	Irradiancia solar (W/m <sup>2</sup> )	Inclinación del panel (°).	Ubicación geográfica msnm
	07:00	0	300	29.5	23
01/11/23	13:00	135	500	29.5	23
	17:00	270	360	29.5	23
	07:00	0	280	29.5	23
15/11/23	13:00	135	550	29.5	23
	17:00	270	400	29.5	23
	07:00	0	320	29.5	23
30/11/23	13:00	135	690	29.5	23
	17:00	270	450	29.5	23

### Eficiencia del panel solar fotovoltaico fijo

Fecha	Hora	Temperatura panel (°C)	Potencia (W)	Intensidad (A)	Voltaje (V)	Eficiencia del panel
	07:00	18	49	2.45	20	17%
01/12/23	13:00	22	76.4	4	19.1	14.8%
	17:00	20	46.55	2.45	19.	16%
	07:00	17	46.23	2.3	20.1	17.1%
15/12/23	13:00	21	74.305	3.85	19.3	15.4%
	17:00	20	49.4	2.6	19	15.7%
	07:00	21	47.285	2.45	19.3	16%
30/12/23	13:00	23	82.56	4.3	19.2	15.4%
	17:00	19	55.72	2.8	19.9	16.3%

### Eficiencia del panel solar con la implementación del seguir solar mecánico

Fecha	Hora	Temperatura panel (°C)	Potencia (W)	Intensidad (A)	Voltaje (V)	Eficiencia del panel
	07:00	18	49	2.45	20	17%
01/12/23	13:00	22	80.22	4.2	19.1	15.5%
	17:00	20	47.12	2.48	19	16.2%
	07:00	17	46.23	2.3	20.1	17.1%
15/12/23	13:00	21	76.428	3.96	19.3	15.9%
	17:00	20	54.32	2.8	19.4	17.2%
	07:00	21	47.285	2.45	19.3	16%%
30/12/23	13:00	23	83.6	4.4	19.2	15.6%
	17:00	19	57.71	2.9	19.9	16.8%

### Seguidor solar mecánico

Fecha	Hora	Angulo de rotación (°).	Irradiancia solar (W/m <sup>2</sup> )	Inclinación del panel (°).	Ubicación geográfica msnm
	07:00	0	420	29.5	23
01/12/23	13:00	135	755	29.5	23
	17:00	270	425	29.5	23
	07:00	0	395	29.5	23
15/12/23	13:00	135	700	29.5	23
	17:00	270	460	29.5	23
	07:00	0	430	29.5	23
30/12/23	13:00	135	780	29.5	23
	17:00	270	500	29.5	23

Eficiencia del panel solar fotovoltaico fijo

Fecha	Hora	Temperatura panel (°C)	Potencia (W)	Intensidad (A)	Voltaje (V)	Eficiencia del panel
	07:00	23	50.88	2.65	19.2	15.5%
01/02/24	13:00	25	82.84	4.36	19	15.2%
	17:00	22	61.12	3.2	19.1	15.6%
	07:00	23	30.72	1.6	19.2	12.8%
15/02/24	13:00	29	68.4	3.8	18	14.3%
	17:00	25	51.3	2.7	19	15.2%
	07:00	22	32.47	1.7	19.1	14.8%
29/02/24	13:00	28	69.16	3.8	18.2	14.8%
	17:00	24	51.57	2.7	19.1	15.3%

Eficiencia del panel solar con la implementación del seguir solar mecánico

Fecha	Hora	Temperatura panel (°C)	Potencia (W)	Intensidad (A)	Voltaje (V)	Eficiencia del panel
	07:00	23	50.88	2.65	19.2	15.5%
01/02/24	13:00	25	83.98	4.42	19	15.4%
	17:00	22	62.266	3.26	19.1	15.9%
	07:00	23	30.72	1.6	19.2	12.8%
15/02/24	13:00	29	70.2	3.9	18	14.7%
	19:00	25	52.44	2.76	19	15.6%
	07:00	22	32.47	1.7	19.1	14.8%
29/02/24	13:00	28	70.98	3.9	18.2	15.2%
	17:00	24	53.48	2.8	19.1	15.8%

Seguidor solar mecánico.

Fecha	Hora	Angulo de rotación (°).	Irradiancia solar (W/m <sup>2</sup> )	Inclinación del panel (°).	Ubicación geográfica msnm
	07:00	0	470	29.5	23
01/02/24	13:00	135	795	29.5	23
	17:00	270	570	29.5	23
	07:00	0	350	29.5	23
15/02/24	13:00	135	695	29.5	23
	17:00	270	489	29.5	23
	07:00	0	320	29.5	23
29/02/24	13:00	135	680	29.5	23
	17:00	270	493	29.5	23

### Eficiencia del panel solar fotovoltaico fijo

Fecha	Hora	Temperatura panel (°C)	Potencia (W)	Intensidad (A)	Voltaje (V)	Eficiencia del panel
	07:00	24	28	1.5	19.1	14.6%
01/03/24	13:00	28	70.98	3.9	18.2	14.5%
	17:00	23	56.64	2.95	19.2	14.7%
	07:00	23	27.264	1.42	19.2	15.3%
15/03/24	13:00	27	62.9	3.4	18.5	15.1%
	17:00	25	47.5	2.5	19	16.5%
	07:00	22	30.88	1.6	19.3	12.9%
29/03/24	13:00	26	68.04	3.6	18.9	15.5%
	17:00	25	54.15	2.85	19	15.5%

### Eficiencia del panel solar con la implementación del seguir solar mecánico

Fecha	Hora	Temperatura panel (°C)	Potencia (W)	Intensidad (A)	Voltaje (V)	Eficiencia del panel
	07:00	24	28	1.5	19.1	14.6%
01/03/24	13:00	28	72.8	4	18.2	14.9%
	17:00	23	59.52	3.1	19.2	15.5%
	07:00	23	27.264	1.42	19.2	15.3%
15/03/24	13:00	27	64.75	3.5	18.5	15.5%
	19:00	25	49.4	2.6	19	17.2%
	07:00	22	30.88	1.6	19.3	12.9%
30/03/24	13:00	26	69.93	3.7	18.9	15.9%
	17:00	25	55.48	2.92	19	15.9%

### Seguidor solar mecánico

Fecha	Hora	Angulo de rotación (°).	Irradiancia solar (W/m <sup>2</sup> )	Inclinación del panel (°).	Ubicación geográfica msnm
	07:00	0	280	29.5	23
01/03/24	13:00	135	714	29.5	23
	17:00	270	560	29.5	23
	07:00	0	260	29.5	23
15/03/24	13:00	135	610	29.5	23
	17:00	270	420	29.5	23
	07:00	0	350	29.5	23
30/03/24	13:00	135	640	29.5	23
	17:00	270	510	29.5	23

### Eficiencia del panel solar fotovoltaico fijo

Fecha	Hora	Temperatura panel (°C)	Potencia (W)	Intensidad (A)	Voltaje (V)	Eficiencia del panel
	07:00	21	28.95	1.5	19.3	14.6%
01/04/24	13:00	26	66.15	3.5	18.9	15.3%
	17:00	24	49.278	2.58	19.1	15.6%
	07:00	19	31.84	1.6	19.9	13.5%
15/04/24	13:00	25	64.6	3.4	19	15.3%
	17:00	24	45.649	2.39	19.1	16.6%
	07:00	20	44.62	2.3	19.4	16.9%
29/04/24	13:00	23	67.008	3.49	19.2	15.8%
	17:00	22	48.25	2.5	19.3	15.5%

### Eficiencia del panel solar con la implementación del seguir solar mecánico

Fecha	Hora	Temperatura panel (°C)	Potencia (W)	Intensidad (A)	Voltaje (V)	Eficiencia del panel
	07:00	21	28.95	1.5	19.3	14.6%
01/04/24	13:00	26	68.04	3.6	18.9	15.7%
	17:00	24	50.424	2.64	19.1	16%
	07:00	19	31.84	1.6	19.9	13.5%
15/04/24	13:00	25	66.5	3.5	19	15.8%
	17:00	24	46.986	2.46	19.1	17.1%
	07:00	20	44.62	2.3	19.4	16.9%
30/04/24	13:00	23	69.12	3.6	19.2	16.3%
	17:00	22	49.987	2.59	19.3	16.1%

### Seguidor solar mecánico

Fecha	Hora	Angulo de rotación (°).	Irradiancia solar (W/m <sup>2</sup> )	Inclinación del panel (°).	Ubicación geográfica msnm
	07:00	0	290	29.5	23
01/04/24	13:00	135	632	29.5	23
	17:00	270	460	29.5	23
	07:00	0	345	29.5	23
15/04/24	13:00	135	615	29.5	23
	17:00	270	400	29.5	23
	07:00	0	385	29.5	23
30/04/24	13:00	135	620	29.5	23
	17:00	270	452	29.5	23

Eficiencia del panel solar fotovoltaico fijo

Fecha	Hora	Temperatura panel (°C)	Potencia (W)	Intensidad (A)	Voltaje (V)	Eficiencia del panel
	07:00	19	31.84	1.6	19.9	13.7%
01/05/24	13:00	23	84.48	4.4	19.2	15.6%
	17:00	21	54.04	2.8	19.3	15.8%
	07:00	20	48.5	2.5	19.4	16%
15/05/24	13:00	22	74.498	3.86	19.3	15.7%
	17:00	21	54.04	2.8	19.3	16.1%
	07:00	20	46.56	2.4	19.4	15.1%
30/05/24	13:00	22	71.41	3.7	19.3	15.3%
	17:00	18	52	2.6	20	16.3%

Eficiencia del panel solar con la implementación del seguir solar mecánico

Fecha	Hora	Temperatura panel (°C)	Potencia (W)	Intensidad (A)	Voltaje (V)	Eficiencia del panel
	07:00	19	31.84	1.6	19.9	13.7%
01/05/24	13:00	23	86.4	4.5	19.2	16%
	17:00	21	55.97	2.9	19.3	16.3%
	07:00	20	48.5	2.5	19.4	16%
15/05/24	13:00	22	76.235	3.95	19.3	15.9%
	19:00	21	55.97	2.9	19.3	16.7%
	07:00	20	46.56	2.4	19.4	15.1%
30/05/24	13:00	22	73.34	3.8	19.3	15.7%
	17:00	18	54	2.7	20	16.9%

Seguidor solar mecánico

Fecha	Hora	Angulo de rotación (°).	Irradiancia solar (W/m <sup>2</sup> )	Inclinación del panel (°).	Ubicación geográfica msnm
	07:00	0	340	29.5	23
01/05/24	13:00	135	790	29.5	23
	17:00	270	500	29.5	23
	07:00	0	420	29.5	23
15/05/24	13:00	135	700	29.5	23
	17:00	270	490	29.5	23
	07:00	0	400	29.5	23
20/05/24	13:00	135	680	29.5	23
	17:00	270	465	29.5	23

### Eficiencia del panel solar fotovoltaico fijo

Fecha	Hora	Temperatura panel (°C)	Potencia (W)	Intensidad (A)	Voltaje (V)	Eficiencia del panel
	07:00	18	32	1.6	20	13.6%
01/06/24	13:00	23	75.84	3.95	19.2	14.6%
	17:00	21	55.005	2.85	19.3	15.7%
	07:00	19	47.561	2.39	19.9	17.3%
15/06/24	13:00	22	75.27	3.9	19.3	15.5%
	17:00	20	48.5	2.5	19.4	15.7%
	07:00	19	30.845	1.55	19.9	15%
20/06/24	13:00	23	71.04	3.7	19.2	15.2%
	17:00	21	52.11	2.7	19.3	16.2%

### Eficiencia del panel solar con la implementación del seguir solar mecánico

Fecha	Hora	Temperatura panel (°C)	Potencia (W)	Intensidad (A)	Voltaje (V)	Eficiencia del panel
	07:00	18	32	1.6	20	13.6%
01/06/24	13:00	23	78.72	4.1	19.2	15.1%
	17:00	21	56.356	2.92	19.3	16.1%
	07:00	19	47.561	2.39	19.9	17.3%
15/06/24	13:00	22	79.13	4.1	19.3	16.3%
	19:00	20	50.44	2.6	19.4	16.4%
	07:00	19	30.845	1.55	19.9	15%
30/06/24	13:00	23	73.344	3.82	19.2	15.7%
	17:00	21	54.04	2.8	19.3	16.8%

### Seguidor solar mecánico

Fecha	Hora	Angulo de rotación (°).	Irradiancia solar (W/m <sup>2</sup> )	Inclinación del panel (°).	Ubicación geográfica msnm
	07:00	0	344	29.5	23
01/06/24	13:00	135	760	29.5	23
	17:00	270	510	29.5	23
	07:00	0	400	29.5	23
15/06/24	13:00	135	710	29.5	23
	17:00	270	450	29.5	23
	07:00	0	300	29.5	23
20/06/24	13:00	135	680	29.5	23
	17:00	270	470	29.5	23



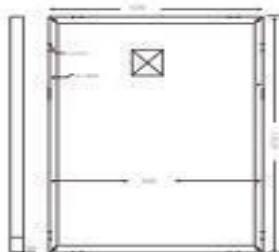
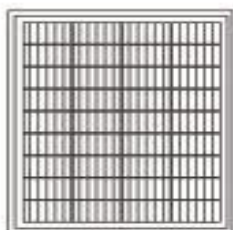
# Ficha técnica del panel solar

## RSM 110P

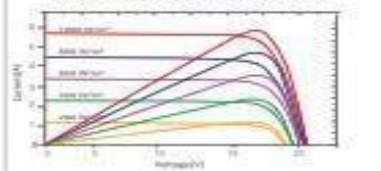
GLOBAL PROFESSIONAL PV PRODUCTS | INTEGRATED SOLUTIONS SUPPLIER



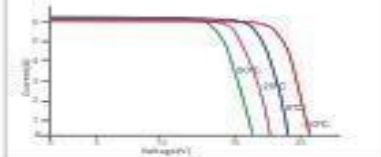
Dimension of PV Modules Unit: mm



I-V characteristics at different irradiances



I-V characteristics at different temperature



A. No. 13 Puhuang Avenue, Wuzhong District,  
Suzhou, Jiangsu China, 21500  
P: +86 512 85232101 T: +86 512 85232855  
www.resun.com.cn E: info@resun.com.cn

### ELECTRICAL DATA(STC)

Rated Power in Watts-Prmax(Wp)	110W
Open Circuit Voltage-Voc(V)	21.35V
Short Circuit Current-Isc(A)	6.25A
Maximum Power Voltage-Vmp(V)	17.95V
Maximum Power Current-Imp(A)	6.15A
Module Efficiency (%)	16.0%

STC: Irradiance 1000 W/m<sup>2</sup>, Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5 according to EN60904-3

### ELECTRICAL DATA(NOCT)

Maximum Power-Prmax (Wp)	73.9W
Open Circuit Voltage-Voc(V)	20.8V
Short Circuit Current-Isc(A)	4.95A
Maximum Power Voltage-Vmp(V)	16.35V
Maximum Power Current-Imp(A)	4.52A

NOCT: Irradiance at 800 W/m<sup>2</sup>, Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1 m/s

### MECHANICAL DATA

Solar cells	Poly-crystalline 156.75x156mm 5 Bus-bars
Cell configuration	36 cells (6x6)
Module dimensions	1040x560x35 mm
Weight	7KG
Front Cover	3.2mm Tempered Glass
Frame Material	Anodized Aluminum Alloy
J-BOX	IP65 or IP67, 5 Diodes
Cable	4mm <sup>2</sup> EBC Y12AWG(L) 1900mm
Connectors	MC4 or MC4 Compatible
Standard Packaging	4pc/module box

### TEMPERATURE & MAXIMUM RATINGS

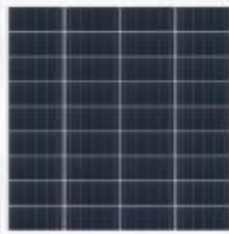
Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45°C±2°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.32%/°C
Temperature Coefficient of Isc	0.06%/°C
Temperature Coefficient of Prmax	-0.59%/°C
Operational Temperature	-40~+85°C
Maximum System Voltage	1000V(DC)/600V(AC)
Max Series Fuse Rating	15A
Limiting Reverse Current	15A

### PACKAGING CONFIGURATION

	40HQ	35GP
Number of modules per container	2184pcs	1120pcs
Package	4pc/module box	4pc/module box
Package Weight	30kg/module box	30kg/module box
Package Number	54/module boxes	28/module boxes
Package Dimension	1040*560*170mm/module box	1220*560*170mm/module box



WWW.RESUNSOLAR.COM



## RSM 110P

RSM110P is a robust solar module with 36 solar cells. These modules can be used for on-grid solar applications. Our meticulous design and production techniques ensure a high-yield, long-term performance for every module produced. Our rigorous quality control and in-house testing facilities guarantee Resun Solar's modules meet the highest quality standards possible.



High module conversion efficiency (up to 15.44%), through superior manufacturing technology



Guaranteed 0~+5W positive power output tolerance ensure high reliability



Anti-reflection, hydrophobic coating improves light absorption and reduces surface dust



Excellent performance under low light environments (morning, evening and cloudy days)



Outdoor for harsh environments, such as coastal, deserts and lakes. Withstand high level of wind loads(2400pa) and snow loads(2400pa)

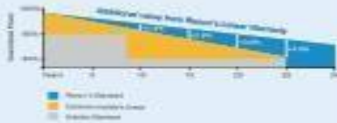
**36 Cells**  
Poly-crystalline

**110W**  
Power output

**16.0%**  
The Highest Efficiency

**0~ +5W**  
Tolerance

**0.5% Annual Degradation**  
over 30 years



**LINEAR PERFORMANCE WARRANTY**  
10 year Product Warranty / 30 year Solar Power Warranty

Full range of products and certification systems

ISO 9001 TÜV PID-FREE CE IEC61215/61730/61701/62716



## Unidad meteorológica

UNIDAD METEREOLÓGICA					
FECHA	HORA	Irradiancia solar (W/m <sup>2</sup> )	Temperatura (°C)	Umedad (RH%)	Viento (K/H)
1/11/2023	07:00	300	17	80	13
1/11/2023	13:00	500	20	75	12
1/11/2023	17:00	360	18	81	15
15/11/2023	07:00	280	16	80	14
15/11/2023	13:00	550	22	69	15
15/11/2023	17:00	400	17	65	17
30/11/2023	07:00	320	17	73	13
30/11/2023	13:00	690	22	70	17
30/11/2023	17:00	450	20	75	25
1/12/2023	07:00	420	16	54	20
1/12/2023	13:00	755	20	52	25
1/12/2023	17:00	425	18	58	32
15/12/2023	07:00	395	15	70	12
15/12/2023	13:00	700	19	70	13
15/12/2023	17:00	460	18	70	15
30/12/2023	07:00	430	19	68	19
30/12/2023	13:00	780	21	62	22
30/12/2023	17:00	500	17	70	30
1/02/2024	07:00	470	21	68	24
1/02/2024	13:00	795	23	60	22
1/02/2024	17:00	570	20	70	25
15/02/2024	07:00	350	21	70	10
15/02/2024	13:00	695	27	74	8
15/02/2024	17:00	489	23	80	15
29/02/2024	07:00	320	20	76	6
29/02/2024	13:00	680	26	74	8

29/02/2024	17:00	493	22	78	11
1/03/2024	07:00	280	19	56	25
1/03/2024	13:00	714	24	54	23
1/03/2024	17:00	560	22	60	32
15/03/2024	07:00	260	17	60	28
15/03/2024	13:00	610	23	58	36
15/03/2024	17:00	420	22	70	39
30/03/2024	07:00	350	18	75	28
30/03/2024	13:00	640	21	72	25
30/03/2024	17:00	510	20	80	24
1/04/2024	07:00	290	19	59	16
1/04/2024	13:00	632	23	58	14
1/04/2024	17:00	460	21	60	19
15/04/2024	07:00	345	17	58	18
15/04/2024	13:00	615	22	60	20
15/04/2024	17:00	400	20	75	28
30/04/2024	07:00	385	18	76	19
30/04/2024	13:00	620	20	74	20
30/04/2024	17:00	452	19	85	27
1/05/2024	07:00	340	17	80	20
1/05/2024	13:00	790	20	84	23
1/05/2024	17:00	500	18	90	30
15/05/2024	07:00	420	18	74	12
15/05/2024	13:00	700	19	70	10
15/05/2024	17:00	490	20	75	18
30/05/2024	07:00	400	18	81	17
30/05/2024	13:00	680	19	74	20
30/05/2024	17:00	465	16	85	26
1/06/2024	07:00	344	16	72	15
1/06/2024	13:00	760	20	65	12
1/06/2024	17:00	510	19	80	18
15/06/2024	07:00	400	17	74	15
15/06/2024	13:00	710	20	70	15
15/06/2024	17:00	450	18	75	26
30/06/2024	07:00	300	17	69	22
30/06/2024	13:00	680	20	65	20
30/06/2024	17:00	470	19	80	34