

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



**“Evaluación de un sistema de producción de agua caliente  
sanitaria usando una estufa de inducción accionada por energía  
fotovoltaica en Nuevo Chimbote”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO EN ENERGÍA**

**AUTORES:**

Bach. Alba Del Castillo, Jesús Fernando  
Bach. Zamora Carbajal, Anghelo Jersson

**ASESOR:**

Dr. Paz Pérez, Edgar

Código ORCID: 0009-0001-6853-8144

**NUEVO CHIMBOTE – PERÚ**

**2024**

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



**CONFORMIDAD DEL ASESOR**

La presente Tesis ha sido revisada y desarrollada en cumplimiento del objetivo propuesto y reúne las condiciones formales y metodológicas, estando en cuadrado dentro de las áreas y líneas de investigación conforme al reglamento general para obtener el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa de acuerdo a la denominación siguiente:

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN  
ENERGÍA**

**“Evaluación de un sistema de producción de agua caliente sanitaria usando una  
estufa de inducción accionada por energía fotovoltaica en Nuevo Chimbote”**

AUTORES :

Alba Del Castillo Jesús Fernando  
Zamora Carbajal Anghelo Jersson

Dr. Paz Pérez Edgar  
DNI 32978304  
CÓD. ORCID 0009-0001-6853-8144

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



**CONFORMIDAD DEL JURADO EVALUADOR**

El presente Jurado Evaluador da la conformidad del presente informe, desarrollado en cumplimiento del objetivo propuesto y presentado con forme al Reglamento General para obtener el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa, titulado:

**“Evaluación de un sistema de producción de agua caliente sanitaria usando una estufa de inducción accionada por energía fotovoltaica en Nuevo Chimbote”**

AUTORES:

Alba Del Castillo Jesús Fernando  
Zamora Carbajal Anghelo Jersson

Revisado y evaluado por el siguiente Jurado Evaluador:

Dr. Denis Javier Arangurí Cayetano  
**PRESIDENTE**  
DNI: 42008679  
CÓD. ORCID: 0000-0002-6119-2072

Dr. Edgar Paz Pérez  
**SECRETARIO**  
DNI: 32978304  
CÓD. ORCID: 0009-0001-6853-8144

Mg. Robert Fabián Guevara Chinchayán  
**INTEGRANTE**  
DNI: 32788460  
CÓD. ORCID: 0000-0002-3579-3771



## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

El día miércoles 7 del mes de agosto del año dos mil veinticuatro, siendo las 11:30 a.m. en el Aula E-3 de la Escuela Profesional de Ingeniería en Energía, en cumplimiento al Art. 68 del Reglamento General de Grados y Títulos, aprobado con Resolución N°337-2024-CU-R-UNS de fecha 12.04.24, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante **Resolución N° 316-2024-UNS-CFI** de fecha 21.06.24, asume la presidencia el docente Dr. Denis Javier Arangurí Cayetano en ausencia de uno de los miembros del jurado, integrado por los siguientes docentes:

- Dr. Denis Javier Arangurí Cayetano : Presidente
- Dr. Edgar Paz Pérez : Secretario
- Mg. Robert Fabián Guevara Chinchayán : Integrante

Y según la **Resolución Decanal N°478-2024-UNS-FI de fecha 01.08.24.**, se **DECLARA EXPEDITO** a los bachilleres para dar inicio a la sustentación y evaluación de la Tesis, titulada: **“EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA USANDO UNA ESTUFA DE INDUCCIÓN ACCIONADA POR ENERGÍA FOTOVOLTAICA EN NUEVO CHIMBOTE”**, perteneciente a los bachilleres: **ALBA DEL CASTILLO JESÚS FERNANDO**, con código de matrícula N° **0201611041** y **ZAMORA CARBAJAL ANGHELO JERSSON**, con código de matrícula N° **0201611009**, teniendo como asesor al docente **Dr. Edgar Paz Pérez**, según Resolución Decanal N° 563-2022-UNS-FI de fecha 19.09.22.

Terminada la sustentación de los bachilleres, respondieron las preguntas formuladas por los miembros del jurado y el público presente.

El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo y con las sugerencias pertinentes, en concordancia con el artículo 73° del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Nacional del Santa, declara:

BACHILLER	PROMEDIO	PONDERACIÓN
ALBA DEL CASTILLO JESÚS FERNANDO	17	BUENO

Siendo las 12:30 p.m. del mismo día, se da por terminado el acto de sustentación, firmando los integrantes del jurado en señal de conformidad.

  
Dr. Denis Javier Arangurí Cayetano  
PRESIDENTE

  
Dr. Edgar Paz Pérez  
SECRETARIO

  
Mg. Robert Fabián Guevara Chinchayán  
INTEGRANTE



**UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

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

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

El día miércoles 7 del mes de agosto del año dos mil veinticuatro, siendo las 11:30 a.m. en el Aula E-3 de la Escuela Profesional de Ingeniería en Energía, en cumplimiento al Art. 68 del Reglamento General de Grados y Títulos, aprobado con Resolución N°337-2024-CU-R-UNS de fecha 12.04.24, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante **Resolución N° 316-2024-UNS-CFI** de fecha 21.06.24, asume la presidencia el docente Dr. Denis Javier Arangurí Cayetano en ausencia de uno de los miembros del jurado, integrado por los siguientes docentes:

- Dr. Denis Javier Arangurí Cayetano : Presidente
- Dr. Edgar Paz Pérez : Secretario
- Mg. Robert Fabián Guevara Chinchayán : Integrante

Y según la **Resolución Decanal N°478-2024-UNS-FI de fecha 01.08.24.**, se **DECLARA EXPEDITO** a los bachilleres para dar inicio a la sustentación y evaluación de la Tesis, titulada: **“EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA USANDO UNA ESTUFA DE INDUCCIÓN ACCIONADA POR ENERGÍA FOTOVOLTAICA EN NUEVO CHIMBOTE”**, perteneciente a los bachilleres: **ALBA DEL CASTILLO JESÚS FERNANDO**, con código de matrícula N° 0201611041 y **ZAMORA CARBAJAL ANGHELO JERSSON**, con código de matrícula N° 0201611009, teniendo como asesor al docente **Dr. Edgar Paz Pérez**, según Resolución Decanal N° 563-2022-UNS-FI de fecha 19.09.22.

Terminada la sustentación de los bachilleres, respondieron las preguntas formuladas por los miembros del jurado y el público presente.

El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo y con las sugerencias pertinentes, en concordancia con el artículo 73° del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Nacional del Santa, declara:

BACHILLER	PROMEDIO	PONDERACIÓN
ZAMORA CARBAJAL ANGHELO JERSSON	17	BUENO

Siendo las 12:30 p.m. del mismo día, se da por terminado el acto de sustentación, firmando los integrantes del jurado en señal de conformidad.

  
Dr. Denis Javier Arangurí Cayetano  
PRESIDENTE

  
Dr. Edgar Paz Pérez  
SECRETARIO

  
Mg. Robert Fabián Guevara Chinchayán  
INTEGRANTE

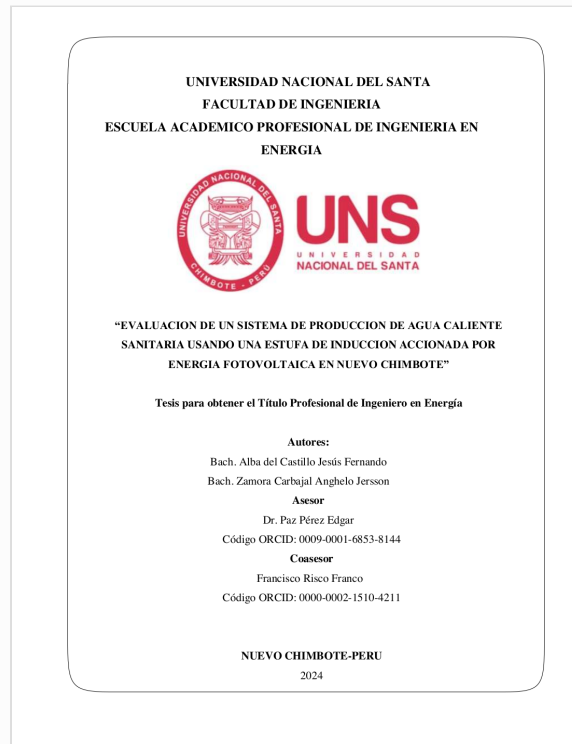


## Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: **ANGHELO ZAMORA CARBAJAL**  
Título del ejercicio: **Tesis**  
Título de la entrega: **EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE AGUA CA...**  
Nombre del archivo: **DE\_AGUA\_CALIENTE\_SANITARIA\_USANDO\_UNA\_ESTUFA\_DE\_I...**  
Tamaño del archivo: **1.55M**  
Total páginas: **105**  
Total de palabras: **22,624**  
Total de caracteres: **107,202**  
Fecha de entrega: **19-ago.-2024 01:35a. m. (UTC-0500)**  
Identificador de la entrega... **2434278707**



# EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA USANDO UNA ESTUFA DE INDUCCIÓN ACCIONADA POR ENERGÍA FOTOVOLTAICA EN NUEVO CHIMBOTE

## INFORME DE ORIGINALIDAD

16%

INDICE DE SIMILITUD

16%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	2%
2	<a href="http://vdocuments.mx">vdocuments.mx</a> Fuente de Internet	2%
3	<a href="http://repositorio.uns.edu.pe">repositorio.uns.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
4	<a href="http://dokumen.pub">dokumen.pub</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="http://repositorio.aunar.edu.co:8080">repositorio.aunar.edu.co:8080</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="http://creativecommons.org">creativecommons.org</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="http://docplayer.es">docplayer.es</a> Fuente de Internet	1%
8	<a href="http://idoc.pub">idoc.pub</a> Fuente de Internet	<1%

## **DEDICATORIA**

A Dios por darme la vida, por darme las fuerzas necesarias para lograr una de mis metas profesionales.

A mis padres quienes me han brindado su cariño y apoyo incondicional, por sus consejos y ayudarme a lograr mis objetivos.

A mis hermanos por darme siempre su apoyo y confianza hacia mi persona y estar presentes en cada objetivo logrado.



## AGRADECIMIENTO

A nuestro asesor de tesis PAZ PEREZ EDGAR y coasesor FRANCISCO RISCO FRANCO por sus conocimientos, consejos y enseñanzas nos ayudaron en la realización de nuestro proyecto de tesis.

A la plana docente de la EAP de Ingeniería en Energía por las enseñanzas dadas y por su loable labor para impartir conocimiento en el transcurso de nuestra vida universitaria.

A nuestro compañero, amigo y colega Acero Roncal Kevin por sus consejos y apoyo continuo e incondicional en la ejecución de nuestra investigación.

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como propósito realizar la evaluación de un sistema de producción de agua caliente sanitaria (SPACS) usando una estufa de inducción accionada por energía fotovoltaica. El trabajo se inició con la instalación del sistema de producción de agua caliente sanitaria y se realizaron mediciones para 4 niveles de potencia de la cocina de inducción, de forma simultánea se hicieron mediciones de radiación natural, se realizó el balance de energía individual y total en todo el sistema, finalmente, se llevó a cabo la evaluación del sistema de producción de agua caliente sanitaria y utilizando el software Microsoft Excel se obtuvo la curva tendencia de la eficiencia en función de la energía total de entrada del SPACS, obteniéndose valores de eficiencias de 70.83%, 71.32%, 71.95% y 73.03% para los niveles de potencia 1, 2, 3 y 4 respectivamente, notándose que a mayor nivel de potencia, la eficiencia total del SPACS aumentaba.

**Palabras clave:** Sistema fotovoltaico, estufa de inducción, SPACS.

## **ABSTRACT**

The purpose of this research was to evaluate a domestic hot water production system (SPACS) using an induction stove powered by photovoltaic energy. The work began with the installation of the domestic hot water production system and measurements were made for 4 power levels of the induction cooker. Simultaneously, natural radiation measurements were made, and the individual and total energy balance was carried out in the entire system, finally, the evaluation of the domestic hot water production system was carried out and using Microsoft Excel software, the efficiency trend curve was obtained based on the total input energy of the SPACS, obtaining efficiencies values of 70.83%, 71.32%, 71.95% and 73.03% for power levels 1, 2, 3 and 4 respectively, noting that at a higher power level, the total efficiency of the SPACS increased.

**Keywords:** Photovoltaic system, induction stove, SPACS.

## INDICE

CARTA DE COMPROBAMIENTO DEL ASESOR.....	ii
DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRACT.....	vi
INDICE GENERAL.....	vii
INDICE DE TABLAS .....	x
INDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. ANTECEDENTES.....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN .....	6
1.3. FORMULACION DEL PROBLEMA.....	6
1.4. OBJETIVOS .....	7
1.4.1. Objetivo general .....	7
1.4.2. Objetivos específicos:.....	7
1.5. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	7
1.6. LIMITACIONES DEL TRABAJO.....	7
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	8
2.1. ENERGIA SOLAR .....	8
2.2. CELULA FOTOVOLTAICA .....	8
2.2.1. Tipos de paneles fotovoltaico.....	10
2.2.1.1. Monocristalinos.....	11
2.2.1.2. Policristalinos .....	12
2.2.2. Características Electricas .....	13
2.2.3. Eficiencia de un módulo fotovoltaico .....	17
2.3. INVERSOR.....	18

2.4. BATERIA DE GEL .....	18
2.5. TIPOS DE CALENTADORES DE AGUA.....	19
2.5.1. Calentadores de Agua de Depósito .....	19
2.5.2. Calentadores de Agua Instantáneos .....	19
2.5.3. Calentadores de Agua Solares .....	19
2.5.4. Calentadores de Agua por Bomba de Calor .....	19
2.5.5. Calentadores de Agua a Gas .....	20
2.6. COCINA DE INDUCCION.....	20
2.6.1. Ventajas de la cocina de inducción .....	20
2.6.2 Calentamiento por induccion electromagnética .....	21
2.6.2.1. Corrientes de Eddy .....	23
2.6.2.2. Efecto Joule .....	23
2.6.2.3. Pérdidas por Histéresis .....	23
2.6.2.4. Ferromagnetismo.....	24
2.6.2.5. Ley de Curie .....	25
2.7. PRIMERA LEY DE LA TERMODINAMICA .....	26
2.7.1. Balance de energía para sistemas cerrados .....	27
2.8. TRANSFERENCIA DE CALOR .....	27
2.8.1. Calor específico o capacidad calorífica.....	28
2.8.2. Ecuación matemática de la transferencia de calor .....	28
2.9. TRANSFERENCIA DE CALOR POR CONVECCION .....	29
2.9.1. Conveccion natural .....	29
2.10. TRANSFERENCIA DE CALOR POR RADIACION .....	32
2.11. Agua Sanitaria .....	33
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS .....	34
3.1. Lugar de ejecución .....	34
3.2. Equipos y materiales .....	34
3.2.1. Equipos .....	34
3.2.2. Materiales .....	40
3.3. MÉTODOS .....	40

3.3.1. Método de la investigación.....	40
3.3.2. Diseño de la investigación.....	40
3.3.3. Población y muestra.....	41
3.3.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos .....	41
3.3.5. Técnicas e instrumentos de procesamiento y análisis de los resultados.....	41
3.3.6. Procedimiento.....	42
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	44
4.1. Balance de Energía en todo el sistema.....	44
4.1.1. Parámetros del sistema fotovoltaico.....	45
4.1.2. Energía que entrega el inversor $E_3$ .....	47
4.1.3. Parámetros del sistema de calentamiento .....	47
4.1.4. Transferencia de energía útil que se da en el tanque $E_U$ .....	48
4.1.5. Pérdidas de Energía por Convección entre la pared del tanque y el ambiente.....	48
4.1.6. Pérdidas de Energía por Radiación entre la pared del tanque y el ambiente.....	49
4.1.7. Energía que entrega la cocina ( $E_4$ ) .....	50
4.1.8. Pérdida que se genera en la cocina de inducción $P_C$ .....	50
4.1.9 Eficiencia de la cocina de inducción .....	51
4.1.10. Cálculo de la Eficiencia total del sistema de calentamiento para el nivel de potencia 1 de la cocina de inducción .....	51
4.1.11. Eficiencia para cada equipo del SPACS.....	52
4.1.12. Eficiencias totales del SPACS.....	53
4.2. DISCUSIONES.....	55
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	56
5.1. Conclusiones.....	56
5.2. Recomendaciones .....	57
CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	58
CAPÍTULO VII: ANEXOS	

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Ciclo de vida de los principales elementos del SFA .....	13
<b>Tabla 2</b>	Comparación de Consumo de Artefactos eléctricos y Cocina de Inducción .....	21
<b>Tabla 3</b>	Temperatura de Curie para algunos materiales ferromagnéticos .....	26
<b>Tabla 4</b>	Mediciones de corrientes y voltajes para un día de medición .....	45
<b>Tabla 5</b>	Promedio de los datos del panel fotovoltaico y batería.....	45
<b>Tabla 6</b>	Valores del panel fotovoltaico y batería tomados con multímetro y amperímetro.....	46
<b>Tabla 7</b>	Mediciones de potencia con el Wattímetro a la salida del inversor .....	47
<b>Tabla 8</b>	Energía según niveles de potencia de la cocina de inducción.....	50
<b>Tabla 9</b>	Pérdidas para cada nivel de potencia de la cocina de inducción .....	50
<b>Tabla 10</b>	Eficiencias de la cocina de inducción. ....	51
<b>Tabla 11</b>	Eficiencia total del SPACS .....	52
<b>Tabla 12</b>	Valores promedios para cada nivel de potencia de la cocina de inducción .....	52
<b>Tabla 13</b>	Eficiencias para cada equipo del SPACS.....	53
<b>Tabla 14</b>	Eficiencias totales del SPACS. ....	53

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Generación eléctrica por efecto fotovoltaico en una unión p-n.....	9
<b>Figura 2</b> Células de silicio monocristalino y policristalino.....	10
<b>Figura 3</b> Panel solar de silicio monocristalino .....	11
<b>Figura 4</b> Panel solar de silicio policristalino.....	12
<b>Figura 5</b> Curva característica V-I de un panel solar.....	14
<b>Figura 6</b> Curva V-I de un panel fotovoltaico .....	15
<b>Figura 7</b> Curva de V-I con variación de irradiación .....	16
<b>Figura 8</b> Curva de V-I con variación de temperatura.....	17
<b>Figura 9</b> Estructura de Dominio Magnético.....	25
<b>Figura 10</b> Datalogger multifuncional .....	34
<b>Figura 11</b> Sensor de temperatura .....	35
<b>Figura 12</b> Multímetro .....	35
<b>Figura 13</b> Pinza Amperimétrica .....	36
<b>Figura 14</b> Placa de hierro .....	36
<b>Figura 15</b> Cámara Termográfica.....	37
<b>Figura 16</b> Inversor Solar .....	37
<b>Figura 17</b> Datalogger de monitorización Growatt .....	38
<b>Figura 18</b> Batería GEL 12 V 100 Ah .....	38
<b>Figura 19</b> Cocina de inducción 1 hornilla 1800 W .....	39
<b>Figura 20</b> Panel solar 550 W 24V Monocristalino Ecogreen .....	39
<b>Figura 21</b> Diagrama unifilar del SPACS.....	44
<b>Figura 22</b> Diagrama de Sankey.....	53
<b>Figura 23</b> Grafica de la influencia de la eficiencia del SPACS en función de la energía total de entrada.....	54



## NOMENCLATURA

$GA$	: Irradiancia diaria media anual
$P_{pkmod}$	: Potencia máxima
$U_N$	: Voltaje nominal
$I$	: Intensidad de corriente
$A_F$	: Factor de autonomía
$n_{bat}$	: Eficiencia de la batería
$n_{inv}$	: Eficiencia del inversor
$W_d$	: Energía total del sistema
$C_N$	: Capacidad de la batería
$P_{pkopt}$	: Potencia pico optima
$T_{final}$	: Temperatura final
$L$	: Altura del nivel del agua en el tanque
$r$	: Radio del tanque
$A$	: Área de tanque
$T_{inicial}$	: Temperatura inicial del agua
$\Delta T$	: Diferencia de temperaturas
$T_p$	: Temperatura de pared del cilindro
$T_{amb}$	: Temperatura ambiente
$t$	: Tiempo de calentamiento del agua
$m_{agua}$	: Masa del agua
$m_{tanque}$	: Masa del tanque
$c_{ptanque}$	: Calor específico del plástico
$c_{pagua}$	: Calor específico del agua
$m_{hierro}$	: Masa de la placa de hierro
$c_{phierro}$	: Calor específico del hierro
$E_U$	: Energía útil
$P_U$	: Potencia útil
$T_f$	: Temperatura de capa limite
$P_r$	: Numero de prandtl

$\rho$	: Densidad
$K$	: Conductividad térmica
$\beta$	: Temperatura inversa
$\nu$	: Viscosidad cinemática
$g$	: Gravedad
$Ra$	: Numero de Rayleigh
$Gr$	: Numero de Grashof
$Nu$	: Numero de Nusselt
$h$	: Coeficiente convectivo
$Q$	: Transferencia de calor
$\varepsilon_p$	: Factor de emisividad
$\sigma$	: Constante adimensional de Boltzmann
$P$	: Potencia

# CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

## 1.1. ANTECEDENTES:

Portilla y Gustin (2020), en su investigación titulada “Diseño de una cocina de inducción electromagnética energizada por un sistema fotovoltaico orientado a la producción de paja toquilla en el municipio de linares (Nariño)”, expresaron que el propósito fundamental consistió en construir una estufa de inducción electromagnética, cuya fuente de energía derivaba de un sistema fotovoltaico, con el objetivo primordial de atenuar la dependencia de recursos naturales, específicamente la madera, en el proceso de cocción; en este sentido, emprendieron el diseño del sistema de electrónica de potencia para la cocina de inducción electromagnética, así como el sistema de control de temperatura, garantizando las condiciones de calidad indispensables para la producción de paja toquilla; paralelamente, se llevó a cabo el dimensionamiento del sistema de energización mediante la implementación de energía fotovoltaica para la referida cocina. También agregaron la eliminación de las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), las cuales se originan en la combustión de leña, al tiempo que se evitaba la utilización de productos químicos en el proceso de blanqueamiento de la toquilla; como corolario de la investigación, se constató que el sistema ON-GRID supera en eficiencia al sistema fotovoltaico OFF-GRID, ya que proporciona un respaldo energético ante las variaciones climáticas inherentes a la región, lo que a lo largo del tiempo de vida del equipo va reduciendo los costos asociados a su implementación; con base en los resultados obtenidos, se llegó a la conclusión de que el proyecto, centrado en el diseño de una estufa de inducción conectada a una micro red fotovoltaica, propició la modernización de un método artesanal de cocción empleado en la producción de paja toquilla; esto adquiere particular relevancia dado que los electrodomésticos de este tipo suelen ser concebidos para uso doméstico de baja potencia, contrastando con la finalidad tecnológica y sustentable perseguida en la iniciativa de investigación.

Vélez (2015), en su tesis titulada “Diseño y simulación de un sistema de generación fotovoltaica para una cocina de inducción magnética”, se abocaron al diseño y simulación de un sistema de generación eléctrica basado en energía solar fotovoltaica, con miras a

satisfacer las necesidades energéticas de una cocina de inducción magnética de 1300 W. En este contexto, se configuraron dos sistemas fotovoltaicos OFF-GRID, uno con y otro sin sistema de almacenamiento, con el propósito de suplir la demanda energética asociada al funcionamiento de la cocina de inducción; los resultados derivados de las simulaciones revelaron que el sistema fotovoltaico sin sistema de almacenamiento exhibe una eficiencia del 89.44 %, en comparación con el sistema fotovoltaico con almacenamiento de energía, que registra una eficiencia del 86.66 %; a pesar de la menor eficiencia evidenciada en el segundo modelo en relación con el sistema desprovisto de almacenamiento, dicho modelo se presenta como más viable en el ámbito práctico, considerando la disponibilidad de radiación solar en cualquier momento del día; esta circunstancia confiere al sistema con almacenamiento una utilidad estratégica y una potencialidad operativa en diversas condiciones de iluminación solar, aspecto relevante en la implementación práctica del sistema en cuestión.

Garay (2021), en su investigación denominada “Propuesta de implementación de cocinas de inducción para electrificación de la matriz energética peruana”, expresaron que, el análisis de la incidencia de las cocinas de inducción en la matriz energética peruana se fundamentó en la consideración del cambio de preferencia por parte de los usuarios de gas licuado de petróleo (GLP), tomando en cuenta los cinco aspectos clave para una transición energética efectiva: asequibilidad, competitividad, eficiencia, sostenibilidad ambiental y seguridad; el diseño de la investigación adoptó un enfoque descriptivo longitudinal, encuadrado en la categoría de investigación científica básica, con el propósito de examinar el nivel de electrificación de la matriz energética peruana mediante la implementación de cocinas de inducción en el ámbito residencial, a lo largo de un periodo de 6 años; los resultados obtenidos revelaron que, conforme a los criterios de elección de la tecnología culinaria más idónea, la cocina de inducción se posicionó como la alternativa más asequible, competitiva, eficiente, ambientalmente sostenible y segura en el contexto peruano; adicionalmente, al considerar el consumo eléctrico bajo una tarifa de medición diferenciada, se constató que los usuarios residenciales pueden beneficiarse de un ahorro promedio nacional del 44 % en comparación con el uso de un cilindro de GLP de 10 kg. Esta eficiencia financiera favorece la incentivación de la migración hacia

la cocina de inducción, contribuyendo así a alcanzar los niveles de electrificación del 28 % de la matriz energética peruana, según los cálculos específicos realizados en el marco de esta investigación.

Abad y Flores (2016), en su estudio denominado “Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico autónomo para reducir el consumo de combustible en la plataforma de descarga de la pesquera Exalmar - Chimbote Perú”, dimensionaron un sistema fotovoltaico aislado en la plataforma de descarga de la pesquera Exalmar S.A.A. En este contexto, se procedió al dimensionamiento de 42 módulos SHINESOLAR SS100-36P, cada uno con una capacidad de 100 Wp. Estos módulos fueron organizados en 21 ramales interconectados en paralelo, donde cada ramal se estructuró con dos módulos conectados en serie; la instalación se llevó a cabo a una temperatura ambiente de 20 °C. Como resultado de esta configuración, se logró una potencia total de 4,2 kW mediante la implementación del sistema fotovoltaico autónomo, con el objetivo de substituir parcialmente el consumo de combustible del generador eléctrico FG Wilson P40-3S. La evaluación de los resultados indicó que este proyecto generaría un ahorro anual estimado de 14 608 USD. Adicionalmente, se observó una significativa reducción en las emisiones de gases de efecto invernadero, específicamente 17,96 toneladas de CO<sub>2</sub>, 0,729 toneladas de CH<sub>4</sub> y 0,145 toneladas de N<sub>2</sub>O al año, que dejaran de ser emitidas al medio ambiente. Estas conclusiones resaltaron la eficacia del sistema fotovoltaico autónomo como una alternativa sostenible y económicamente favorable en comparación con el consumo tradicional de combustibles fósiles en el contexto operativo de la pesquera Exalmar S.A.A.

Maldonado (2016), en su tesis titulada “Demanda de las cocinas de inducción aplicado a la parroquia rural el valle, cantón cuenca, análisis comparativo 2014-2015” llevaron a cabo un análisis piloto de la demanda de cocinas de inducción en el periodo comprendido entre 2014 y 2015, seguido de una evaluación comparativa. Se procedió a realizar una encuesta a los representantes de cada familia, utilizando dos modelos: el Logit y el binario; la coyuntura económica en Ecuador se vio afectada por el aumento del precio del petróleo entre 2011 y 2013, generando un entorno desafiante; los resultados del año 2014

indicaron que, en proporción al tamaño de la muestra, el 33 % de la población manifestó disposición para adquirir cocinas de inducción; en el análisis del costo, considerando que todos los hogares encuestados en la parroquia rural El Valle adquirirán la cocina de inducción, se determinó un costo total promedio por hogar de \$ 573.34. Para el año 2015, el 20 % de la población encuestada en la parroquia tenía la intención de adquirir la cocina de inducción, y se identificó que las variables edad y pago de factura eléctrica son las más influyentes en el modelo, con una relación inversa entre ambas; el costo estimado para este año fue de aproximadamente \$ 526.70; los resultados de esta investigación delinearon la demanda de cocinas de inducción en la parroquia rural El Valle; el modelo de demanda correspondiente al año 2014 arrojó resultados más sólidos en comparación con el modelo de 2015, destacando que las variables en su conjunto explicaron de manera más efectiva la demanda de cocinas de inducción; en el análisis del año 2014 se reveló que la demanda de cocinas de inducción fue del 33 %, mientras que para el año siguiente, 2015, la demanda disminuyó al 20 %, representando una disminución del 13 % y conllevando a una reducción de 41 a 25 cocinas de inducción.

Riofrío, Augusto (2015) en su investigación titulada “Modelización de una micro red fotovoltaica aplicada a equipos de cocción por inducción para el reemplazo de GLP” presentó una propuesta alternativa para abastecer equipos de cocción por inducción mediante electricidad generada por una micro red fotovoltaica; Esta micro red, caracterizada por su capacidad de almacenamiento de energía y la posibilidad de recurrir a la red convencional para satisfacer picos de demanda en momentos específicos, se ajustó a un modelo de operación concebido para este tipo de sistemas; antes de proceder con el diseño y dimensionamiento de la micro red fotovoltaica, el autor llevó a cabo la caracterización de la cocina eléctrica de inducción mediante un circuito equivalente; a través de este proceso, se obtuvo una función de transferencia que permitió calcular el consumo de potencia activa del equipo; la modelización del sistema se efectuó empleando la herramienta Simulink de Matlab, considerando un día típico durante los meses de máxima y mínima irradiación solar, y evaluando dos estados extremos del banco de baterías al inicio del día; los resultados obtenidos indicaron que la implementación de generación distribuida para alimentar este equipo conllevaría a que el usuario deje de

consumir entre un 57 % y un 65 % de la energía proveniente de la red de distribución, incluso en condiciones climatológicas adversas. Sin embargo, el análisis económico reveló que, dadas las tasas de costos actuales, la inversión en dichas instalaciones no resulta rentable a corto plazo; el autor concluyó que el empleo de micro redes de generación de electricidad se erige como una alternativa viable para alimentar cargas puntuales, especialmente aquellas con potencias nominales elevadas; este enfoque no solo alivia la carga en las redes de distribución, sino que también contribuye a la mitigación del cambio climático y a la diversificación de la matriz energética nacional; a pesar de que la aplicación inmediata de micro redes similares a la diseñada en su investigación no es factible en Ecuador, el autor vislumbró la posibilidad de su implementación en el futuro, basándose en la tendencia a la disminución de precios y mejora en la eficiencia de los componentes de los sistemas fotovoltaicos en el transcurso de los años; esta eventualidad podría constituir, tanto técnica como económicamente, una solución real para aliviar la carga del Sistema Nacional Interconectado y avanzar hacia mayores niveles de sostenibilidad energética.

Amay y Riofrío (2015) en su investigación titulada “Análisis del rendimiento térmico de una cocina de inducción de 3500w de potencia”, que utiliza el principio de calentamiento por inducción y tiene tres componentes principales como son la inducción electromagnética, el efecto piel y la transferencia de calor, en éste último se analizará la eficiencia de la conversión de electricidad a calor de la cocina de inducción, bajo las condiciones y la metodología de prueba, establecidas en el Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 101. Para el análisis se realizó un balance de energía en una olla, en donde se llevaron a cabo pruebas de calentamiento de agua desde una temperatura inicial conocida hasta la temperatura de ebullición de la misma, en el balance de energía, se tomó en cuenta la variación energética interna del sistema, también se consideraron las pérdidas de calor por convección natural y por radiación que ocurren este proceso, posteriormente hicieron un análisis comparativo entre los valores de eficiencias totales obtenidas y los propuestos en el reglamento para visualizar con valores numéricos si es conveniente o no tomar en cuenta las pérdidas de calor en el rendimiento térmico de la cocina, llegaron a la conclusión que la cocina cumplió con el valor de eficiencia propuesto

en el RTE INEN 101, en el que se establece que la eficiencia de la cocina debe ser igual o mayor al 85% y con las pruebas que realizaron, el valor calculado de la eficiencia real fue del 90.34%, lo cual cumple con los requerimientos del reglamento, el rendimiento de la cocina varía según la manera de evaluarlo, lo cual se demostró al realizar dos tipos de pruebas, bajo las mismas condiciones, sin la tapa de la olla, se pudo apreciar que su rendimiento se redujo del 89.7% al 73.79%, en este caso las pérdidas de calor representan el 10.01% de la eficiencia total de la cocina y es por esto que el valor de su eficiencia decreció.

## **1.2. JUSTIFICACION**

El presente trabajo es importante, porque busca evaluar un sistema de producción de agua caliente sanitaria a través de una estufa de inducción accionada por energía fotovoltaica que se realizará en el laboratorio de energía solar de la UNS, Nuevo Chimbote, esta tecnología de calentamiento de agua por inducción no es utilizada en el Perú; por lo tanto, este estudio será útil para ver qué tan eficiente es esta propuesta.

La eficiencia de la estufa de inducción opera con un bajo consumo de energía, es decir, la mayor cantidad de energía generada se transfiere en un 90 %, un porcentaje similar de eficiencia a las duchas eléctricas modernas pero superior en comparación con otras formas de calentamiento de agua sanitaria convencionales como las duchas a gas y calentadores de almacenamiento de agua que tienen una eficiencia aproximada del 80%, termas solares que oscilan con una eficiencia entre 50 y 75%, y un valor porcentual de eficiencia muy elevado a comparación de cocinas de vitrocerámica que presentan una eficiencia aproximada del 60%.

Este estudio tiene; además, como justificación reemplazar un porcentaje del uso de la energía eléctrica proveniente de fuentes fósiles por energía renovable al utilizar energía fotovoltaica como fuente de energía.

## **1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cuál es la eficiencia de un sistema de producción de agua caliente sanitaria usando una estufa de inducción accionada por energía fotovoltaica?



## **1.4. OBJETIVOS:**

### **1.4.1. Objetivos General:**

- Determinar cuál es el valor de la eficiencia de un sistema de producción de agua caliente sanitaria usando una estufa de inducción con energía fotovoltaica en Nuevo Chimbote.

### **1.4.2. Objetivos Específicos:**

- Instalar el sistema de producción de agua caliente sanitaria.
- Realizar el balance de energía individual en cada equipo del sistema de calentamiento por inducción.
- Realizar el balance de energía general en todo el sistema de calentamiento por inducción.
- Elaborar la curva de influencia de la energía total de entrada en función de la eficiencia del sistema de producción de agua caliente sanitaria usando una estufa de inducción.

## **1.5. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS:**

La eficiencia total máxima del sistema de producción de agua caliente sanitaria por inducción se encuentra entre el 20 - 25 %.

## **1.6. LIMITACIONES DEL TRABAJO:**

Las limitaciones de la investigación fueron:

- Se realizaron mediciones en época de mayor radiación y a la hora del mediodía en el laboratorio de energías renovables de la escuela de Ingeniería en Energía.
- Se tuvo un presupuesto limitado por lo que se adquirió un solo panel fotovoltaico (déficit de potencia, por lo que no se podrá realizar ningún balance).
- Se estableció una producción de 40 litros de agua caliente sanitaria.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1. ENERGÍA SOLAR**

La energía solar en términos generales se refiere a la radiación electromagnética emitida por el Sol, la cual puede ser aprovechada para la generación de energía. La energía solar comprende la radiación solar que alcanza la Tierra y puede ser transformada en distintas formas de energía utilizable a través de tecnologías como la fotovoltaica y térmica. Este recurso energético renovable desempeña un papel crucial en la transición hacia fuentes más limpias y sostenibles (Pérez, 2020).

La energía solar presenta diversas características y aspectos relevantes que contribuyen a su importancia y viabilidad como fuente de energía. El uso de sistemas de energía solar, especialmente en instalaciones descentralizadas, puede contribuir a la independencia energética de comunidades (Parejo, 2015).

La generación de energía solar reduce las pérdidas asociadas con la transmisión de electricidad a largas distancias, ya que la producción de energía ocurre cerca del punto de consumo. La energía solar puede ser aprovechada en una amplia variedad de ubicaciones geográficas, desde regiones ecuatoriales con alta radiación solar hasta áreas más septentrionales con menor insolación, gracias a la flexibilidad de las tecnologías solares y su capacidad para operar incluso en días nublados. Estas características destacan la versatilidad y la sostenibilidad de la energía solar, respaldando su papel crucial en la transición hacia un sistema energético más limpio y sostenible a nivel global (Perpiñan, 2020).

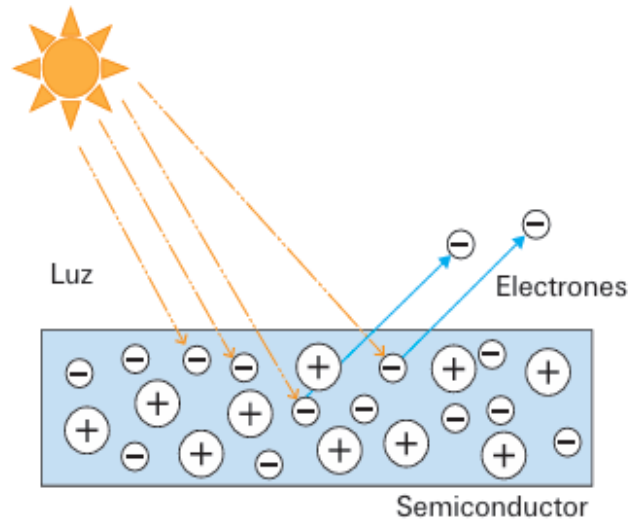
### **2.2. CÉLULA FOTOVOLTAICA**

Según, Parejo (2015), la célula fotovoltaica, también conocida como célula fotoeléctrica, constituye un dispositivo electrónico especializado en la conversión de la radiación solar en energía eléctrica. La conversión de la radiación solar en energía eléctrica se verifica mediante el denominado efecto fotovoltaico, un fenómeno que acontece al incidir la radiación solar sobre un material semiconductor. Predominantemente, las células fotovoltaicas están confeccionadas con silicio, un material sometido a modificaciones químicas para generar dos estructuras eléctricamente distintas: un semiconductor tipo p, portador de carga positiva, y un semiconductor tipo n, dotado de carga negativa. La puesta en contacto de estos elementos y su

exposición a la radiación solar precipitan el desencadenamiento del efecto fotovoltaico. En este proceso, los fotones, portadores de la energía lumínica, al incidir sobre la célula fotovoltaica, generan una corriente eléctrica. Este fenómeno transforma la célula fotovoltaica en una suerte de pequeña pila, capaz de generar energía eléctrica. En esencia, la célula fotovoltaica opera como un convertidor directo de la radiación solar en electricidad, ejemplificando un componente fundamental en la captación y aprovechamiento de la energía solar. En la Figura 1 se aprecia una imagen de la célula fotovoltaica.

**Figura 1**

Generación eléctrica por efecto fotovoltaico en una unión p-n

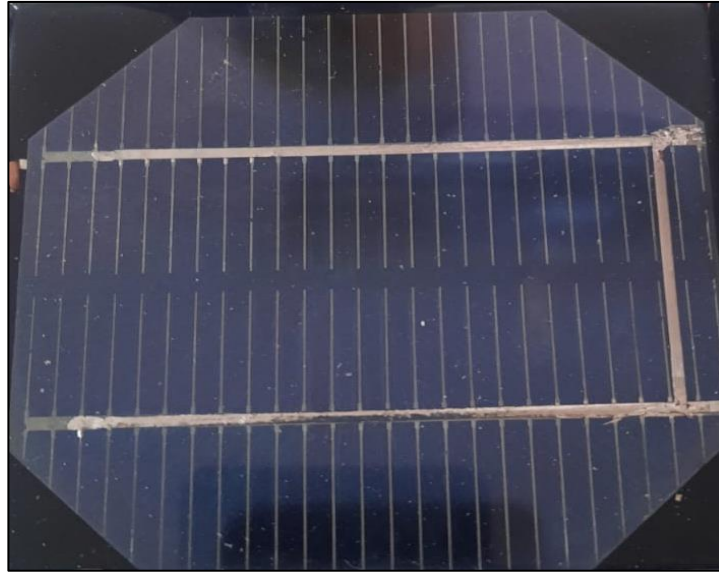


*Nota:* La figura muestra la generación eléctrica por la unión de los semiconductores tipo p y n. Tomado de *Energía solar fotovoltaica* (p. 2), por K. Rodríguez, 2020, Queretaro.

Las células de silicio monocristalino y policristalino son los tipos producidos por las tecnologías de fabricación de células fotovoltaicas de silicio y son los más utilizados en las aplicaciones actuales, en la Figura 2 se ve una célula de silicio.

## Figura 2

Células de silicio monocristalino y policristalino



### 2.2.1. Tipos de paneles fotovoltaicos

Según Pérez (2020), los paneles solares están constituidos por células fotovoltaicas dispuestas en configuraciones serie y paralelo. En los módulos solares comerciales, la cantidad típica de células oscila entre 60 y 72, siendo estas de silicio cristalino. Cada célula individual presenta una capacidad de producción que normalmente varía entre 4 y 5 vatios. En la actualidad, los paneles solares comúnmente disponibles en el mercado, compuestos por 60 células, exhiben potencias que oscilan entre 250 y 300 vatios, mientras que los módulos de 72 células presentan rangos de potencia típicos de 300 a 350 vatios. Las dimensiones de un panel solar se encuentran directamente ligadas al número de células que lo componen. Para los módulos de 60 células, las dimensiones convencionales son de aproximadamente 1,65 metros por 1 metro, mientras que los módulos de 72 células tienen dimensiones estándar de 2 metros por 1 metro. Estas características dimensionales y de potencia ejemplifican las especificaciones comúnmente encontradas en los paneles solares disponibles en el mercado actual, reflejando la evolución tecnológica y la optimización de la eficiencia en la captación de energía solar. Las células se fabrican mediante la cristalización del silicio, por lo que se encuentran tres tipos principales (los más utilizados):

### **2.2.1.1. Monocristalino:**

Presenta una estructura cristalina muy organizada. Se fabrica a partir de silicio fundido puro que ha sido dopado con boro. Se distingue por su monocromía metálica y azul oscuro, como en la Figura 3.

### **Figura 3.**

Panel solar de silicio monocristalino



### **2.2.1.2. Policristalino:**

Presenta una estructura organizada en áreas distintas. Las zonas irregulares reducen el rendimiento. Se produce con menos fases de cristalización (combinación de átomos) que el monocristalino. Se distingue por la aparición de varios tonos de azul y gris metálico en su superficie.

#### **Figura 4**

Panel solar de silicio policristalino



*Nota:* La figura muestra un panel solar policristalino. Tomado del catálogo de Autosolar Perú.

Es importante tener en cuenta que el mantenimiento de los Sistemas Fotovoltaicos Autónomos (SFVA) es esencial para garantizar el desempeño y la durabilidad de los SFVA (Tabla 1). Las tareas específicas, como la reposición o la solución de roturas, deben llevarse a cabo por personal calificado.

**Tabla 1**

Ciclo de vida de los principales elementos del SFVA

<b>Elementos del SFA</b>		<b>Ciclo de vida (años)</b>
<b>Panel fotovoltaico</b>		25 - 30
<b>inversor</b>		5 – 15
<b>Baterías</b>	Plomo - acido	3 – 5
	Ion - Litio	8 – 10
<b>Controlador de carga</b>		10 – 15

Nota: la tabla muestra el ciclo de vida de los elementos del SFVA. Tomado y adaptado de Energías Renovables: Experiencia y Perspectivas en la ruta del Perú hacia la transición energética (p. 72) por GPAE – Osinergmin, 2019, grafica biblos S.A.

### 2.2.2. Características eléctricas

Según, Parejo (2015), la realización de los cálculos asociados a los paneles fotovoltaicos demanda la consideración de sus características eléctricas. Para este propósito, es imperativo referirse a la denominada curva V-I, la cual encapsula la relación entre la tensión y la corriente proporcionada por el panel bajo determinados niveles de irradiación. Alternativamente, se proporcionan parámetros que permiten definir dicha curva.

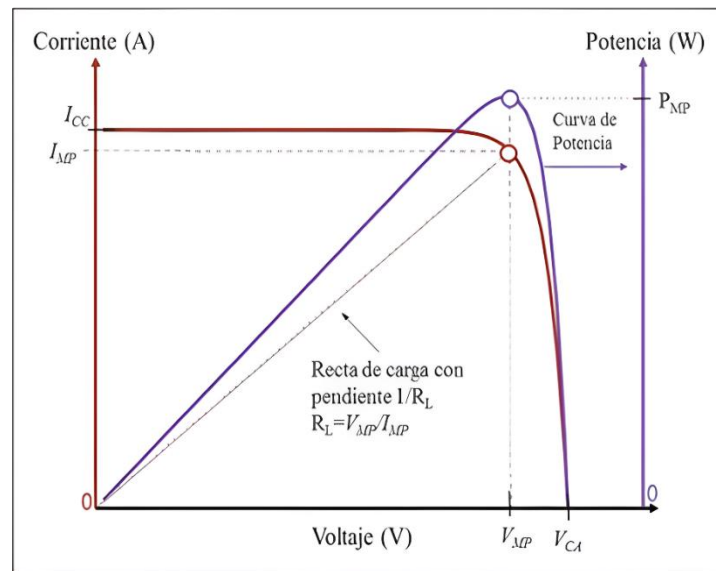
Entre los parámetros determinantes se encuentran:

- Corriente de cortocircuito ( $I_{SC}$ ): Representa la máxima intensidad alcanzable en un panel o módulo fotovoltaico. Su cálculo se lleva a cabo midiendo la corriente entre los bornes del panel en condiciones de cortocircuito (tensión de salida igual a cero voltios).
- Voltaje en corto circuito ( $V_{OC}$ ): Corresponde al valor máximo de voltaje medible en un panel o módulo cuando no hay paso de corriente entre sus bornes (intensidad igual a cero amperios).
- Voltaje nominal ( $V_n$ ): Es el valor de diseño al cual opera el panel o módulo fotovoltaico, expresado comúnmente en voltios, como, por ejemplo: 12, 24 o 48 voltios.
- Potencia máxima ( $P_M$ ): Representa el valor máximo de potencia obtenido multiplicando la corriente por la tensión de salida del panel o módulo fotovoltaico. Este parámetro, también denominado potencia de pico del panel, constituye el máximo rendimiento alcanzable por el dispositivo y es ampliamente empleado en los cálculos de instalaciones conectadas a la red.

- Voltaje máximo ( $V_{mp}$ ): Corresponde al valor de tensión asociado a la potencia máxima, aproximadamente el 80% de la tensión en circuito abierto.
- Corriente máxima ( $I_{mp}$ ): Representa el valor de corriente asociado a la potencia máxima del panel o módulo.

### Figura 5

Curva característica V-I de un panel solar



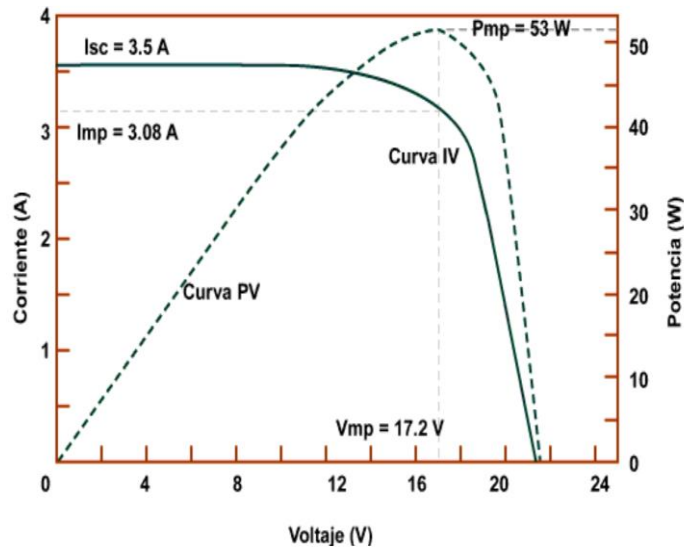
*Nota:* La figura muestra la curva I-V y P-V típico de un panel solar fotovoltaico. Tomado de *Aplicaciones Fotovoltaicas de la Energía Solar en los Sectores Residencial, Servicio e Industrial* (p. 155) por A. Sánchez; D. Martínez; J. Ortega y P. Sánchez, 2017, Tonda Mazón (Ed.).

Las representaciones de los parámetros previamente descritos sobre la curva V-I se exhiben en la Figura 6. De manera congruente, los valores correspondientes a estos parámetros se presentan en la sección derecha de la figura. De esta manera, se evidencian datos relevantes en la documentación asociada a un panel solar.



**Figura 6**

Curva V-I de un panel fotovoltaico

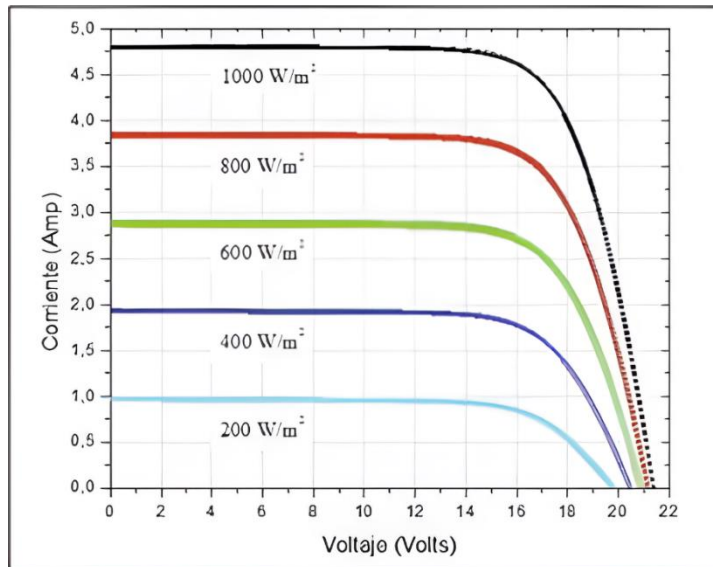


*Nota:* La imagen muestra la curva I-V de un panel fotovoltaico con valores estandarizados. Tomado de *Energía solar fotovoltaica* (p. 12), por M. Pareja, 2015, Marcombo.

La representación gráfica consignada en la Figura 6 se ha concebido en base a valores estandarizados; en consecuencia, es fundamental reconocer que dichos valores pueden variar conforme a la irradiación solar. Esta variabilidad se debe a la relación directa existente entre la corriente generada y la intensidad de la irradiación solar, como se ilustra detalladamente en la Figura 7.

## Figura 7

Curva de V-I con variación de irradiación

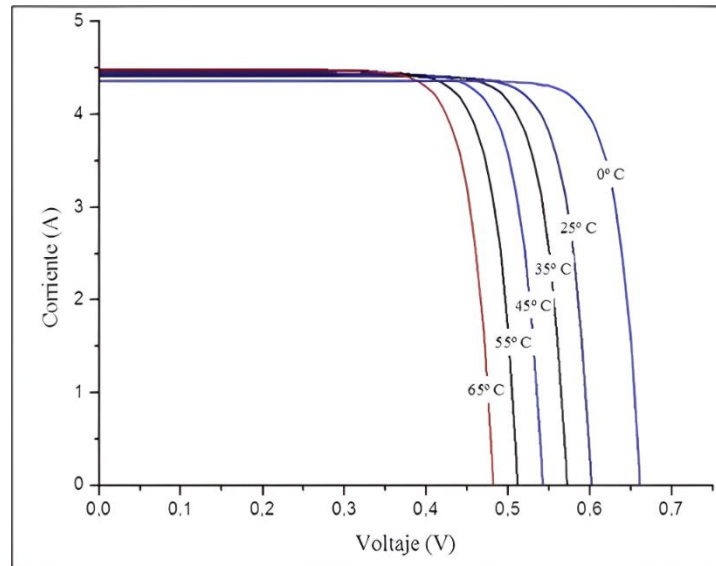


*Nota:* La figura muestra la curva I-V de un módulo con diferentes valores de irradiancia. Tomado de *Aplicaciones Fotovoltaicas de la Energía Solar en los Sectores Residencial, Servicio e Industrial* (p. 161) por A. Sánchez; D. Martínez; J. Ortega y P. Sánchez, 2017, Tonda Mazón (Ed.).

De manera análoga, las variaciones de temperatura ejercen una notable influencia, particularmente en el punto de potencia máxima (PM), la tensión máxima (VM) y la tensión en circuito abierto (VOC). Estos parámetros exhiben una tendencia a la disminución en respuesta al incremento de la temperatura, como se evidencia de manera detallada en la Figura 8.

## Figura 8

Curva de V-I con variación de temperatura



*Nota:* La figura muestra el efecto de la temperatura sobre los parámetros eléctricos de una celda fotovoltaica en la curva I-V Tomado de *Aplicaciones Fotovoltaicas de la Energía Solar en los Sectores Residencial, Servicio e Industrial* (p. 162) por A. Sánchez; D. Martínez; J. Ortega y P. Sánchez, 2017, Tonda Mazón (Ed.).

Los valores presentes en la curva V-I se adquieren mediante la exposición del panel a condiciones específicas, conocidas como Condiciones Estándar de Medida (CEM). Dichas condiciones están definidas por parámetros específicos que incluyen:

- Irradiación: 1000 W/m<sup>2</sup>
- Temperatura: 25 °C.
- Incidencia normal.
- Espectro radiante o masa de aire: AM 1,5.

Estas condiciones estandarizadas proporcionan un marco de referencia consistente para evaluar y comparar las características eléctricas de los paneles solares, asegurando una base uniforme en la obtención de datos.

### 2.2.3. Eficiencia de un módulo fotovoltaico

Según, Perpiñán (2020), la eficiencia se define como el cociente entre la potencia eléctrica generada por el módulo y la irradiación incidente sobre el mismo. En otras palabras, constituye

la ratio entre la potencia máxima (PM) de la celda y la potencia luminosa (PL) recibida por la célula, expresado mediante la siguiente ecuación (1):

$$n = \frac{P_M}{P_L} = \frac{V_M \times I_M}{P_L} \quad (1)$$

### **2.3. INVERSOR**

Un inversor solar es un dispositivo esencial en un sistema de energía solar fotovoltaica que convierte la corriente continua (CC) generada por los paneles solares en corriente alterna (CA), que es la forma de electricidad utilizada en la mayoría de los hogares y negocios. La energía solar se genera en forma de corriente continua debido a la naturaleza de la conversión de la luz solar en electricidad a través de las celdas solares.

Los inversores solares desempeñan un papel crucial al garantizar que la electricidad generada por los paneles solares sea compatible con la red eléctrica convencional y pueda ser utilizada para alimentar electrodomésticos, luces y otros dispositivos en el hogar o la empresa. Además de convertir la corriente continua en alterna, algunos inversores solares también ofrecen funciones adicionales, como monitoreo de la producción de energía y optimización del rendimiento del sistema.

Existen diferentes tipos de inversores solares, como inversores de cadena, inversores centrales e inversores de microinversores, cada uno con sus propias características y aplicaciones específicas. El tipo de inversor utilizado en un sistema solar dependerá de varios factores, como el tamaño del sistema, el diseño de la instalación y las necesidades específicas del usuario (Aminy, 2012).

### **2.4. BATERIA DE GEL**

Una batería de gel, también conocida como "células de gel", constituye una variante que presenta un electrolito gelificado. En este caso, el ácido sulfúrico se amalgama con el humo de sílice, originando una masa en estado de gel. A diferencia de las baterías tradicionales de plomo-ácido húmedo, estas baterías no requieren mantenerse en posición vertical. Además, sobresalen por su capacidad para eliminar prácticamente el electrólito mediante evaporación, evitando así los derrames y la consiguiente corrosión que son inherentes a las baterías húmedas

convencionales. Estas baterías exhiben una mayor resistencia a temperaturas extremas, impactos y vibraciones.

Aunque coloquialmente se les denomina a menudo como baterías selladas de plomo-ácido (SLA), esta designación se debe a la ausencia de fugas en sus contenedores. No obstante, es pertinente señalar que estas baterías no son completamente selladas, ya que incorporan una válvula de regulación que permite la expulsión de gas (Rodríguez, 2011).

## **2.5. TIPOS DE CALENTADORES DE AGUA**

Según, Rheem (2023) los tipos de calentadores de agua son:

### **2.5.1. Calentadores de Agua de Depósito**

También conocidos como calentadores de almacenamiento. Estos calentadores tienen un tanque donde se almacena el agua caliente hasta que se use. Son una buena opción porque tienen una reserva constante de agua caliente. Sin embargo, la restricción es que pueden agotarse si se usan grandes cantidades de agua caliente al mismo tiempo.

### **2.5.2. Calentadores de Agua Instantáneos**

Para aquellos que necesitan agua caliente de inmediato, los calentadores de agua instantáneos, son la solución perfecta. El agua se calienta a medida que fluye a través del sistema, lo que elimina la necesidad de un tanque de almacenamiento. Son ideales para hogares pequeños porque tienen un suministro continuo de agua caliente.

### **2.5.3. Calentadores de Agua Solares**

Debido a su enfoque en la sostenibilidad, los calentadores de agua solares están ganando popularidad. Estos sistemas calientan el agua utilizando energía solar, lo que reduce el uso de energía tradicional. Son ideales para áreas con mucha luz solar y pueden ahorrar dinero en el futuro. Sin embargo, puede ser menos efectivo en lugares con menos insolación.

### **2.5.4. Calentadores de Agua por Bomba de Calor**

Los calentadores de agua por bomba de calor obtienen calor del aire alrededor y luego lo transfieren al agua. Son muy eficientes en términos de energía y pueden ahorrar dinero en la calefacción. Aunque son ideales para climas moderados, pueden ser menos eficaces en climas extremadamente fríos.

### **2.5.5. Calentadores de Agua a Gas**

Los calentadores de agua a gas calientan el agua utilizando gas natural o propano. Incluso en momentos de alta demanda, son eficientes y brindan un suministro constante de agua caliente. Sin embargo, es importante tener en cuenta el costo del gas y la ventilación adecuada.

## **2.6. COCINA DE INDUCCION**

Una cocina de inducción es un tipo de electrodoméstico de cocina que utiliza la tecnología de inducción electromagnética para calentar los utensilios de cocina directamente, a diferencia de las cocinas tradicionales que utilizan resistencias eléctricas o quemadores de gas para generar calor, las cocinas de inducción no generan calor de forma directa. En cambio, crean un campo electromagnético alrededor de la base del utensilio de cocina compatible (como una sartén o una olla), y este campo genera calor directamente en el utensilio. Es importante destacar que los utensilios de cocina utilizados en una cocina de inducción deben ser compatibles y estar hechos de materiales ferromagnéticos, como hierro o acero inoxidable magnético, para que la inducción funcione adecuadamente (Franco, 2013).

### **2.6.1. Ventajas de la cocina de inducción**

Las cocinas de inducción ofrecen diversas ventajas, que se resumen a continuación (Cordero, 2016):

- Eficiencia energética: En la actualidad, las cocinas de inducción destacan como las más eficientes desde el punto de vista energético, aprovechando una mayor proporción del calor generado para el proceso de cocción de alimentos.
- Rápido calentamiento y distribución uniforme del calor: La velocidad de calentamiento en las cocinas de inducción es notablemente superior, y la distribución del calor se realiza de manera más uniforme en comparación con otras tecnologías.
- Ausencia de llamas abiertas: A diferencia de las cocinas de GLP, leña y las eléctricas convencionales, las cocinas de inducción no generan llamas abiertas; únicamente los aros de inducción se calientan cuando hay una olla presente.

- Control y ajuste personalizado del calor: Los fabricantes de cocinas de inducción han implementado sistemas que permiten el control y ajuste personalizado del calor producido, adaptándose a las preferencias y conveniencias del usuario.
- Impacto ambiental reducido: La ausencia de combustibles fósiles en el proceso de calentamiento implica un menor impacto ambiental, contribuyendo así a la sostenibilidad ambiental.
- Instalación, uso y mantenimiento sencillos

**Tabla 2**

Comparación de Consumo de Artefactos eléctricos y Cocina de Inducción

Artefactos Eléctricos	Potencia Eléctrica	Cantidad de Artefactos	Horas de Consumo Diario	Días de Consumo en 1 mes	Consumo Mensual en kWh
<b>Cocina de Inducción</b>	<b>1.1 kW</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>30</b>	<b>33</b>
Foco de 50 W	0.05 kW	1	2	30	3
Foco de 75 W	0.075 kW	1	5	30	11.25
Foco de 100 W	0.1 kW	1	5	30	15
TV de 14"	0.08 kW	1	8	30	19.2
Radiograbadora	0.03 kW	1	5	30	4.5
Plancha eléctrica	0.01 kW	1	1	4	4
Ducha Eléctrica	3.5 kW	1	0.5	30	52.5
Licuada	0.3 kW	1	0.2	30	1.8
Computadora	0.3 kW	1	2	30	18
Lavadora	0.5 kW	1	1	12	6
Horno Microondas	1.1 kW	1	0.25	30	8.25
<b>Cocina Eléctrica</b>	<b>7 kW</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>30</b>	<b>420</b>

Nota: La tabla muestra potencias de artefactos eléctricos y cocina de Inducción. Tomado de Cocinas de Inducción, una alternativa de Cocción Limpia (p. 10), por Cordero, V, 2016.

### 2.6.2. Calentamiento por inducción electromagnética

El calentamiento por inducción electromagnética es un proceso en el cual un material conductor (como un metal) se calienta mediante la generación de corrientes eléctricas

inducidas por un campo electromagnético variable. Este método de calentamiento es eficiente y preciso, y se utiliza en diversas aplicaciones industriales y domésticas.

El proceso de calentamiento por inducción electromagnética implica los siguientes pasos:

- Generación del campo electromagnético: Se utiliza una bobina de inducción conectada a una fuente de energía de alta frecuencia para generar un campo electromagnético.
- Inducción de corrientes eléctricas: Cuando un material conductor (como un metal) se coloca dentro del campo electromagnético, se generan corrientes eléctricas inducidas en el interior del material. Estas corrientes circulan en el material en bucles cerrados.
- Resistencia eléctrica y generación de calor: Debido a la resistencia eléctrica del material, las corrientes inducidas encuentran resistencia y generan calor por efecto Joule (o calentamiento Joule). Este calor se produce directamente en el interior del material, calentándolo de manera eficiente.

La circulación de una corriente  $i$  por un elemento inductor de  $N$  espiras y longitud, induce en su interior una intensidad de campo magnético  $H$ , cuya descripción se formula mediante la ecuación 6.

$$Ni = \oint \vec{H} d\vec{l} \cong Hl \quad (2)$$

En el escenario en el que se ubica un material conductor, asumido con fines de simplificación del modelo como un cilindro de radio  $r$ , longitud  $l$ , resistividad  $\rho$ , y permeabilidad magnética  $\mu$ , en el interior del solenoide, se genera una fuerza electromotriz ( $Fem$ ). La inducción de esta fuerza electromotriz se expresa mediante la ecuación 7, donde  $\phi$  representa el flujo magnético que atraviesa la pieza.

$$\varepsilon = -N \frac{d\phi}{dt} \quad (3)$$

La fuerza electromotriz ( $Fem$ ) genera corrientes ( $iF$ ), conocidas como corrientes de Foucault, las cuales son responsables del incremento de temperatura en la pieza. Este aumento de temperatura se atribuye a la disipación de potencia, que en ciertos casos puede alcanzar



niveles suficientes para inducir la fundición del material. La ecuación 8, que modela el efecto Joule, cuantifica la potencia disipada y se compone del producto de la magnitud al cuadrado de las corrientes inducidas ( $i_F$ ) y la resistencia equivalente ( $R_{eq}$ ) vista desde los terminales del solenoide (Acevedo y cols., 2007).

$$P = i_F^2 R_{eq} \quad (4)$$

#### **2.6.2.1. Corrientes de Eddy**

En un circuito, la presencia de un flujo magnético variable induce una fuerza electromotriz (fem) y una corriente. Del mismo modo, en piezas voluminosas de metal que se desplazan a través de un campo magnético, se generan corrientes circulantes conocidas como corrientes de Eddy (Serway, R. y Jewett, J. 2009). En el contexto de una estufa de inducción, las corrientes de Eddy mencionadas no ocasionan pérdidas significativas de energía, ya que se requiere que el campo magnético introduzca electrones en el recipiente ferromagnético para generar corrientes de Foucault y así producir calor en el mismo (Franco, 2013).

#### **2.6.2.2. Efecto Joule**

El fenómeno de liberación de energía térmica debido al flujo de corriente eléctrica se define mediante la Ley de Joule, formulada de la siguiente manera: "La cantidad de calor generada en un conductor en un intervalo de tiempo ( $t$ ), por el cual circula una corriente eléctrica constante, es directamente proporcional al cuadrado de la intensidad ( $I$ ) y al valor de la resistencia ( $R$ ) del mencionado conductor". En esta expresión, el valor de la cantidad de calor ( $Q$ ) se encuentra expresado en Joules (Ortiz, J. 2016)

$$Q = RI^2t \quad (5)$$

#### **2.6.2.3. Perdida por histéresis**

Las pérdidas por histéresis son una forma de pérdida de energía en materiales ferromagnéticos que experimentan ciclos repetitivos de magnetización y desmagnetización. Estos ciclos son comunes en transformadores, motores eléctricos y

otros dispositivos electromagnéticos (Franco, 2013). Para minimizar estas pérdidas en aplicaciones prácticas, se seleccionan materiales ferromagnéticos con bajas pérdidas por histéresis, y también se pueden diseñar núcleos magnéticos de transformadores y motores de manera que reduzcan al mínimo los ciclos de histéresis.

#### **2.6.2.4. Ferromagnetismo**

El ferromagnetismo constituye un fenómeno magnético en el cual determinados materiales manifiestan una marcada atracción hacia un campo magnético externo, conservando su magnetización aún después de la eliminación del mencionado campo. Estos materiales ferromagnéticos están compuestos principalmente por átomos o iones que poseen espines magnéticos alineados en una dirección coincidente.

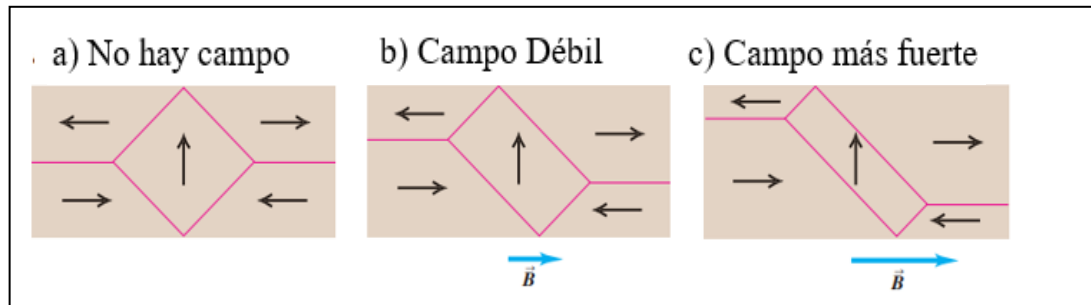
En el contexto de un material ferromagnético, los momentos magnéticos de átomos o iones individuales tienden a orientarse en dominios magnéticos, los cuales representan regiones magnéticas pequeñas con todos los momentos magnéticos alineados en una dirección específica. No obstante, en un estado no magnetizado, los diversos dominios magnéticos pueden presentar orientaciones aleatorias, lo que lleva a una cancelación significativa de los efectos magnéticos entre sí.

Al aplicarse un campo magnético externo, los dominios magnéticos tienden a alinearse con dicho campo, resultando en una magnetización neta del material. La capacidad del material para conservar esta magnetización tras la retirada del campo magnético externo distingue al ferromagnetismo de otros fenómenos magnéticos.

Ejemplares de materiales ferromagnéticos incluyen el hierro, el cobalto y el níquel. Estos materiales desempeñan un papel fundamental en la manufactura de imanes permanentes y presentan diversas aplicaciones en sectores industriales, electrónicos y tecnológicos (Sears y Zemansky, 2018).

**Figura 9**

Estructura de Dominio Magnético



*Nota:* La figura muestra el dominio magnético cuando no hay campo, para un campo débil y un campo más fuerte. Adaptado de *Física universitaria con física moderna*. (Tomo 2) Pearson, (p. 980), por Sears y Zemansky, 2018.

### 2.6.2.5. Ley de Curie

La Ley de Curie, formulada por el físico francés Pierre Curie, explica la correlación entre la temperatura y la magnetización en un material ferromagnético. Esta ley postula que, por encima de una temperatura crítica designada como la temperatura de Curie (o punto de Curie), un material ferromagnético experimenta la pérdida de su magnetización, comportándose en consecuencia como un material paramagnético.

La temperatura de Curie es característica de cada material y señala el punto en el cual la orientación ordenada de los momentos magnéticos en el material se desorganiza térmicamente. A temperaturas superiores a la temperatura de Curie, los átomos o iones en el material ferromagnético poseen energía térmica suficiente para vencer las interacciones magnéticas que buscan alinear sus espines magnéticos.

Esta ley es esencial para comprender el comportamiento magnético de los materiales ferromagnéticos en relación con la temperatura, y ha desempeñado un papel clave en el desarrollo de la teoría magnética y la comprensión de los fenómenos magnéticos. En muchos casos es inversamente proporcional a la temperatura absoluta  $T$  y la magnetización  $M$  se puede expresar como

$$M = C \times \frac{B}{T} \quad (6)$$

En la tabla 3 se muestra la temperatura de Curie para algunos materiales ferromagnéticos (Sears y Zemansky, 2018).

**Tabla 3**

Temperatura de Curie para algunos materiales ferromagnéticos

<b>Material</b>	<b>TC (°K)</b>
<b>Hierro</b>	1043
<b>Cobalto</b>	1394
<b>Níquel</b>	631
<b>Gadolinio</b>	317
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	893

*Nota:* La tabla muestra la temperatura de Curie para algunos materiales ferromagnéticos. Adaptado de *Física universitaria con física moderna. (Tomo 2) Pearson*, (p. 979), por Sears y Zemansky (2018).

## 2.7. PRIMERA LEY DE LA TERMODINAMICA

La Primera Ley de la Termodinámica, conocida también como el principio de conservación de la energía aplicado a procesos termodinámicos, postula que la energía total de un sistema aislado permanece constante. En términos más precisos, la cantidad global de energía en un sistema cerrado puede experimentar cambios de una forma a otra, pero su magnitud total no puede ser creada ni aniquilada. La formulación matemática de esta ley indica que la variación de la energía interna de un sistema es equivalente a la suma algebraica del calor agregado al sistema y del trabajo realizado por el sistema. La Primera Ley constituye un marco teórico esencial para la comprensión de los principios de conservación de la energía en procesos termodinámicos, y se revela como una herramienta fundamental en el análisis termodinámico y en el ámbito más amplio de la física. (Cengel & Ghajar, 2020).

Dado que la transferencia de energía puede ocurrir hacia un sistema o desde éste mediante los mecanismos de calor, trabajo y flujo de masa, y considerando que la energía total de un sistema

simple compresible incluye las energías internas, cinética y potencial, el balance de energía para cualquier sistema que experimenta cualquier proceso puede ser expresado como:

$$E_{entra} - E_{sale} = \Delta E_{sistema} \quad (7)$$

### **2.7.1. Balance de energía para sistemas cerrados**

Una masa constante constituye un sistema cerrado. La energía interna  $U$  representa la fuente primaria de la energía total  $E$  para la mayoría de los sistemas que se encuentran en la práctica. Esta circunstancia resulta especialmente pertinente para sistemas estacionarios, los cuales no se ven afectados por alteraciones en la velocidad o elevación durante el proceso. La formulación del balance de energía en este escenario se simplifica a:

$$E_{entra} - E_{sale} = \Delta E_{sistema} = mc_p \Delta T \quad (8)$$

## **2.8. TRANSFERENCIA DE CALOR**

La transferencia de calor se define como el proceso mediante el cual la energía térmica se desplaza desde un cuerpo o sistema hacia otro debido a una disparidad de temperaturas. Esta transmisión puede manifestarse a través de tres modalidades principales: conducción, convección y radiación (Cengel & Ghajar, 2020).

La conducción, primera modalidad, se caracteriza por la transferencia de calor a través de un material sin un desplazamiento apreciable de sus partículas. En este proceso, las partículas con mayor energía ceden su energía a partículas adyacentes menos energéticas, generando un flujo neto de energía térmica.

La convección, segunda modalidad, implica el transporte de calor mediante el movimiento de un fluido, ya sea líquido o gas. Aquí, el calor se transfiere mediante las corrientes de fluido que transportan la energía térmica de una región a otra. Este fenómeno es típico en líquidos y gases.

La radiación, tercera modalidad, constituye la transferencia de calor en forma de ondas electromagnéticas, como la luz o las microondas. A diferencia de la conducción y la convección, la radiación no requiere un medio material para propagarse y puede ocurrir incluso a través del vacío, como se observa en el calor proveniente del sol.

### **2.8.1. Calor específico o capacidad calorífica**

El calor específico se define como una propiedad física inherente a una sustancia que cuantifica la cantidad de calor requerida para incrementar la temperatura de una unidad de

masa de dicha sustancia en una unidad de temperatura. Esta magnitud constituye una medida de la capacidad térmica intrínseca del material, indicando cuánto calor puede ser almacenado por unidad de masa. Es pertinente destacar que cada sustancia posee un valor singular de calor específico (Cengel & Ghajar, 2020).

### 2.8.2. Ecuación matemática de la transferencia de calor

La energía calorífica depende de 3 variables; las cuales son: la masa, la variación de temperatura y su calor específico.

La ecuación de la transferencia de calor es:

$$Q = (m)(c)(\Delta T) \quad (9)$$

Donde:

$m$  = masa de la sustancia, en unidades de kg.

$c$  = capacidad calorífica o calor específico, en unidades de J/kgK.

$T$  = La variación de temperatura, en unidades de °C.

Para una estufa de inducción se tiene en cuenta la masa de agua como de la olla y el calor específico de las dos constantes.

$$Q = [(m_1)(c_1) + (m_2)(c_2)](\Delta T) \quad (10)$$

Donde:

$m_1$  = masa de la olla, en unidades de kg.

$c_1$  = calor específico de la olla, en unidades de J/kgK.

$m_2$  = masa del agua, en unidades de kg.

$c_2$  = calor específico del agua, en unidades de J/kgK.

$\Delta T$  = variación de temperatura, en unidades de °C.

## 2.9. TRANSFERENCIA DE CALOR POR CONVECCION

Existen dos clasificaciones de convección: convección natural (o libre) y convección forzada, las cuales difieren en la iniciación del movimiento del fluido. En la convección forzada, se induce el flujo del fluido a lo largo de una superficie o en un conducto mediante la aplicación de fuerzas externas, como una bomba o un ventilador. En contraste, la convección natural implica que cualquier movimiento del fluido se origina por fuerzas naturales, como el efecto de flotación, que se manifiesta a través del ascenso del fluido caliente y el descenso del fluido frío.

Considerando ambos mecanismos, la potencia calorífica transferida mediante convección se correlaciona directamente con el área de contacto entre el sólido y el fluido, así como con la disparidad de temperaturas entre la superficie ( $T_s$ ) y la temperatura del fluido en un punto distante de dicha superficie ( $T_\infty$ ).

$$Q = hA_s(T_s - T_\infty) \quad (11)$$

Considerando  $h$  como el coeficiente de convección, representante de la constante de proporcionalidad, se abordará posteriormente la convección natural como un caso particular en el análisis de las pérdidas de calor (Cengel & Ghajar , 2020).

### 2.9.1. Convección natural

La convección natural, o convección libre, representa un proceso de transferencia de calor en un fluido (líquido o gas) que se origina a partir de las disparidades de densidad presentes en el fluido, principalmente generadas por cambios de temperatura. En contraste con la convección forzada, que emplea medios externos como bombas o ventiladores para inducir el movimiento del fluido, la convección natural se manifiesta de manera espontánea, guiada por fuerzas naturales. (Cengel & Ghajar , 2020).

$$\beta_{gas\ ideal} = \frac{1}{T_f} \quad (12)$$

Donde:

$T_f$ : Temperatura de la película.

Todas las propiedades del fluido deben evaluarse a la temperatura de la película donde:

$$T_f = \frac{T_s + T_\infty}{2} \quad (13)$$

El principio fundamental de la convección natural se basa en el cambio de densidad del fluido debido al calentamiento o enfriamiento. Cuando una región del fluido se calienta, se vuelve menos densa y tiende a ascender, mientras que una región enfriada se vuelve más densa y tiende a descender. Este movimiento ascendente y descendente crea corrientes de fluido que facilitan la transferencia de calor.

Un ejemplo común de convección natural es la corriente de aire que se forma cerca de un radiador caliente. El aire caliente junto al radiador se eleva, creando una corriente ascendente, mientras que el aire más frío desciende para reemplazarlo. Este proceso continúa, estableciendo un ciclo de convección natural.

En la convección natural también se emplea un número adimensional, llamado número de Grashof,  $Gr$ , el cual nos permite determinar el coeficiente de conectividad en convección natural.

$$Gr = \frac{g \cdot \beta \cdot (T_s - T_\infty) \cdot L^3}{\nu^2} \quad (14)$$

Donde:

$Gr$  = número de Grashof

$g$  = aceleración gravitacional, en unidades de  $m/s^2$

$\beta$  = coeficiente de expansión volumétrica, en unidades de  $1/^\circ K$

$T_s$  = temperatura de la superficie, en unidades de  $^\circ C$

$T_\infty$  = temperatura del fluido suficientemente lejos de la superficie, en unidades de  $^\circ C$

$L$  = longitud característica de la configuración geométrica, en unidades de  $m$

$\nu$  = viscosidad cinemática del fluido, en unidades de  $m^2/s$

En el contexto de la convección natural, la evaluación del número promedio de Nusselt implica inicialmente el cálculo del número de Rayleigh, que es el resultado de multiplicar los números de Grashof y Prandtl. La determinación del número de Prandtl se logra consultando tablas específicas, empleando la temperatura de la película como dato de entrada.



$$R_a = G_r P_r \quad (15)$$

Donde:

Ra: Numero de Rayleigh.

Pr: Número de Prandtl.

La superficie exterior de un cilindro vertical puede considerarse análoga a una placa vertical cuando el diámetro del cilindro es lo suficientemente amplio para que los efectos de la curvatura resulten insignificantes. Este criterio se cumple cuando:

$$D \geq \frac{35 \times L}{G_r^{1/4}} \quad (16)$$

Donde:

D: Diámetro del recipiente, en unidades de m.

L: Altura del agua, en unidades de m.

Gr: Número de Grashof.

La correlación empírica de Churchill & Chu para el número promedio de Nusselt se establece a través de la siguiente expresión:

$$N_u = \left\{ 0.825 + \frac{0.387 \times (R_a)^{1/6}}{\left[ 1 + \left( \frac{0.492}{P_r} \right)^{9/16} \right]^{8/27}} \right\}^2 \quad (17)$$

Donde:

$N_u$  = Número de Nusselt

$R_a$  = Número de Rayleigh

$P_r$  = Número de Prandtl

Una vez que se ha obtenido el valor del número de Nusselt mediante los números de Rayleigh y Prandtl, se procede a despejar la variable h de la fórmula original de Nusselt:

$$N_u = \frac{h \times L}{K} \quad (18)$$

$$h = \frac{N_u \times K}{L} \quad (19)$$

Donde:

Nu: Número de Nusselt.

h: Coeficiente promedio de convección, en unidades de W/m<sup>2</sup>K.

K: Conductividad térmica, en unidades de W/mK

Una vez determinado el número promedio de Nusselt y, por ende, el coeficiente promedio de convección, la velocidad de transferencia de calor por convección natural desde una superficie sólida que se encuentra a una temperatura uniforme  $T_s$  hacia el fluido circundante se expresa de la siguiente manera:

$$Q_{aire} = h \times A \times (T_p - T_{amb}) \quad (20)$$

Donde:

$Q_{aire}$  = Transferencia de calor por convección, en unidades de W

$h$  = Coeficiente de convección, en unidades de W/m<sup>2</sup>K

$A$  = en unidades de m<sup>2</sup>

$T_p$  = Temperatura de pared en unidades de °C

$T_{amb}$  = Temperatura de pared en unidades de °C

## 2.10. TRANSFERENCIA DE CALOR POR RADIACION

Todos los cuerpos con una temperatura  $T > 0$  °K emiten radiación térmica, la cual se propaga mediante ondas electromagnéticas caracterizadas por diversas frecuencias ( $f$ ) o longitudes de onda ( $\lambda$ ). Concurrentemente, estos cuerpos absorben radiación térmica proveniente de su entorno o de otros cuerpos que se encuentran a temperaturas diferentes ( $T' \neq T$ ). La interacción entre estos dos fenómenos constituye el proceso de transferencia de calor por radiación, el único mecanismo que prescinde de un medio físico para su ocurrencia. La radiación, al ser un fenómeno volumétrico, implica que sólidos, líquidos y gases emiten, absorben o transmiten radiación en diversas

magnitudes. Sin embargo, al tratar con sólidos opacos a la radiación térmica, como metales, madera y rocas, se acostumbra a considerar la radiación como un fenómeno superficial. Esto se debe a que las radiaciones emitidas desde las regiones interiores de tales materiales raramente alcanzan la superficie, y la radiación incidente sobre estos cuerpos tiende a absorberse en unos pocos micrómetros hacia el interior de los sólidos (Cengel & Ghajar, 2020).

La transferencia de calor por radiación desde una superficie a la temperatura  $T_s$ , rodeada por otras superficies a una temperatura  $T_{alred}$  (ambas expresadas en la unidad de temperatura absoluta °K), se calcula mediante:

$$Q_{rad} = \varepsilon_p \times A \times \sigma \times (T_s^4 - T_{alred}^4) \quad (21)$$

Donde:

$Q_{rad}$  = Pérdidas por radiación, en unidades de W

$\varepsilon_p$  = factor de emisividad

$\sigma$  = constante adimensional (Stefan Boltzmann)

$T_s$  = Temperatura de pared, en unidades de grados Kelvin

$T_{alred}$  = Temperatura ambiente, en unidades de grados Kelvin

## 2.11. Agua Sanitaria

Tanto si se utiliza para beber, uso doméstico, producción de alimentos o uso recreativo, es fundamental para la salud pública tener agua salubre y accesible. (Organización mundial de la salud, 2023)

Según la Organización mundial de la salud, una persona necesita 100 litros de agua al día para cubrir sus necesidades de consumo e higiene.

Servical Euskadi (2017) recomienda que el agua caliente sanitaria debe estar situada entre los 40 y 50 grados centígrados.

# CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

## 3.1. Lugar de ejecución

Laboratorio de Energías Renovables de la Facultad de ingeniería – Universidad Nacional del Santa.

## 3.2. Equipos y materiales

### 3.2.1. Equipos

- Instrumento de registro de datos multifunción portátil (Datalogger)

Marca: Delta OHM

Modelo: DO 9847

Función: Mostrar y registrar datos de medición de temperatura.

### Figura 10

Datalogger multifuncional



- Sensor de Temperatura

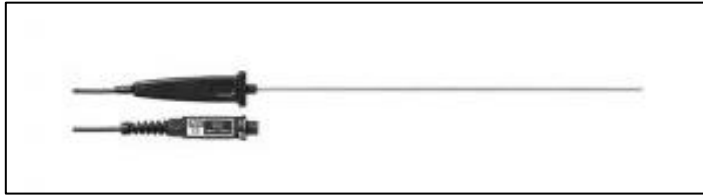
Marca: Delta OHM

Modelo: TP472

Función: Medir temperatura.

**Figura 11**

Sensor de temperatura



– Multímetro.

Marca: UNI-T

Tensión Máxima CC: 600V

Función: Medir el voltaje en los equipos del SPACS

**Figura 12**

Multímetro



– Pinza amperimétrica

Marca: Fluke

Rango: hasta 600A AC/DC

Función: Medir corriente en los equipos del SPACS

### Figura 13

Pinza amperimétrica



Nota: Imagen tomada de la página virtual de fluke

– Placa de Hierro

Material: Hierro galvanizado (verificar si es fundido o galvanizado)

Diámetro: 34 cm

Espesor: 1.5cm

Función: Transferir el calor por inducción electromagnética entre la cocina de inducción y el agua.

### Figura 14

Placa de hierro



- Cámara termográfica  
Marca: Fluke  
Modelo: TiS55+  
Rango: Hasta 550 °C  
Función: Medir temperatura del agua

**Figura 15**



Nota: Imagen sacada del catálogo virtual de Fluke.

- Inversor solar 3000VA.  
Marca: Growatt  
Modelo: SPF3000TLHVM24.  
Función: Transformar la energía que generan los paneles fotovoltaicos de DC a AC.

**Figura 16**

Inversor solar



- Datalogger de monitorización Shine Wi-Fi.

Marca: Growatt.

Modelo: Wifi F.

Función: Registrar datos de potencia de entrada y salida del inversor solar.

**Figura 17**

Datalogger de monitorización Growatt



- Batería solar

Marca: Tensite

Modelo: GEL 12 -100

Función: Almacenar energía.

**Figura 18**

Batería GEL 12 V 100 Ah



*Nota:* La figura muestra una batería de gel de 12V y 100 Ah. Fotografía perteneciente al catálogo de venta de Autosolar



- Cocina de inducción  
Marca: Rena Ware  
Modelo: IC-350 (1501)  
dispone de 4 niveles de potencia.  
Función: Clentar el agua.

**Figura 19**

Cocina de inducción 1 hornilla 1800 W



- Panel solar 550W 24V Monocristalino  
Marca: Ecogreen  
Modelo: M10  
Función: Convertir la luz solar en Energía eléctrica.

**Figura 20**

Panel solar 550 W 24V Monocristalino Ecogreen



### 3.2.2. Materiales

#### Ensamblaje del SPACS

- Tanque de plástico de 70 Litros.
- Estructura de hierro para tanque de plástico de 70 Litros.
- Cable unifilar 6 mm<sup>2</sup> solar PV ZZ-F.
- Llave termomagnética de 10 A monofásico ABB.
- Base de metal para instalación de inversor.
- Fusible de 10 A 10x38.
- Terminal de compresión cable de 6 mm.
- Porta fusible 10 A 10x38.

#### Fluido de trabajo

- Agua

### 3.3. Método

#### 3.3.1. Método de la investigación

Para el marco teórico se utilizó el método por índices donde recurrimos a la revisión bibliográfica, también optamos por el método exploratorio, porque el calentamiento de agua por inducción no es muy utilizado en el Perú, y en el objetivo final se utilizó el método correlacional, donde el rendimiento de la cocina

Método Exploratorio: Se emplean cuando el objetivo consiste en examinar un tema poco estudiado o novedoso, en este caso la tecnología de calentamiento por inducción en el Perú.

Método Correlacional: en la parte del objetivo de la curva de influencia.

#### 3.3.2. Diseño de la investigación

Según Hernández Sampieri et al., (2014) nuestra investigación tuvo un diseño del tipo experimental, porque se observó la tendencia de la eficiencia del sistema de calentamiento de agua por inducción en función de la variación de los niveles de potencia de la cocina de inducción.



Donde:

X: Variación de los niveles de potencia de la cocina de inducción.

Y: Comportamiento de la eficiencia del Sistema de producción de agua caliente sanitaria.

### **3.3.3. Población y muestra**

Unidad de análisis: SPACS.

Nuestro proyecto de investigación tiene como población y muestra única a todo el sistema de producción de agua caliente sanitaria para 40 litros de agua, usando una estufa de inducción accionada por energía fotovoltaica en el laboratorio de energías renovables.

### **3.3.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos**

#### **Técnicas:**

En el presente trabajo de investigación las técnicas a utilizar son:

- Medición: Se recolectaron los datos necesarios en el laboratorio de energías renovables para cumplir con los objetivos trazados en la investigación.
- Observación: Con esta técnica se recolectó características climatológicas del ambiente de estudio en donde se observó la temperatura de ambiente, la temperatura del agua, potencia de los equipos y radiación solar.

#### **Instrumentos:**

Los instrumentos que se utilizaran son:

- Hoja de datos: Instrumento que se utilizó para recopilar los parámetros de los equipos del sistema de producción de agua caliente sanitaria.
- Ficha de observación: Instrumento que se usó para depositar las mediciones de temperatura y potencias de los equipos del sistema de producción de agua caliente sanitaria.

### **3.3.5. Técnicas e instrumentos de procesamiento y análisis de resultados**

#### **Técnica:**

- Procesamiento: Con la ayuda de esta técnica, los datos obtenidos durante la etapa de medición se manipularon para ordenarlos de acuerdo a los objetivos de la investigación.

**Instrumentos:**

- Hojas de cálculo de Microsoft Excel: Mediante este instrumento se calcularon matemáticamente las fórmulas especificadas en las bases teóricas de la presente investigación.
- Documento de Microsoft Word: Por medio de este instrumento se describió, analizó y plasmó mediante un documento escrito esta investigación para la presentación del informe final.

**3.3.6. PROCEDIMIENTO****– Montaje del SPACS**

1. Se construyó una estructura de hierro que soportará el tanque de plástico de 70 litros, en la parte inferior de la estructura se construyó una base y un sistema para graduar la altura ideal de la cocina de inducción.
2. Se cortó una circunferencia de 34cm de diámetro hecha de hierro galvanizado que servirá como resistencia para calentar el agua mediante la cocina de inducción.
3. Se instaló un sensor de nivel en el tanque de plástico, usando un codo de  $\frac{3}{4}$ " y una unión roscada donde se sujetó a presión una manguera que indicará el nivel del agua en unidad de Litros.
4. El inversor solar se empotró a un soporte de aluminio donde también se instaló el tablero adosable donde se colocó el interruptor termomagnético de 10A y el sistema de protección con el fusible de 10 A y el portafusible respectivo.
5. Se hicieron las conexiones de los equipos del sistema fotovoltaico, se conectó en serie el panel de 550 W y posteriormente se conectó al inversor solar, a éste también se conectaron en serie las dos baterías de gel de 100Ah, a la salida del inversor se conectó un tomacorriente donde se energizará la cocina de inducción.
6. Se encajó el tanque de plástico en la estructura de hierro, después se colocó la plancha circular de hierro galvanizado en la base del interior del mismo, posteriormente se ubicó la cocina de inducción en el sistema de graduación de altura en la parte inferior de la estructura y se ajustó a una altura de 1cm de la base del tanque, luego se vertieron 40 litros de agua y se conectó la cocina de inducción a la salida del tomacorriente del inversor solar.

– **Instalación de sensores de medición:**

1. Se instalaron 3 sensores de medición de temperatura que se acoplaron al datalogger, el primero se ubicó en la parte superior del agua, el segundo en la parte media, y el tercero tuvo contacto con la placa circular de hierro.
2. Se colocó una pinza amperimétrica en el panel fotovoltaico y la batería para realizar las mediciones de corriente en DC.
3. Se colocó un multímetro en el panel fotovoltaico y la batería para realizar las mediciones de voltaje en DC.
4. Se colocó un energy logger de voltaje y corriente al tomacorriente donde se energizará la cocina de inducción para obtener mediciones de potencia.
5. Se colocó un piranómetro en la azotea del laboratorio de energía renovable.
6. Se utilizó una cámara termográfica a 1.5 metros de distancia del tanque para tener otra referencia de temperaturas.

– **Toma de datos y análisis de datos:**

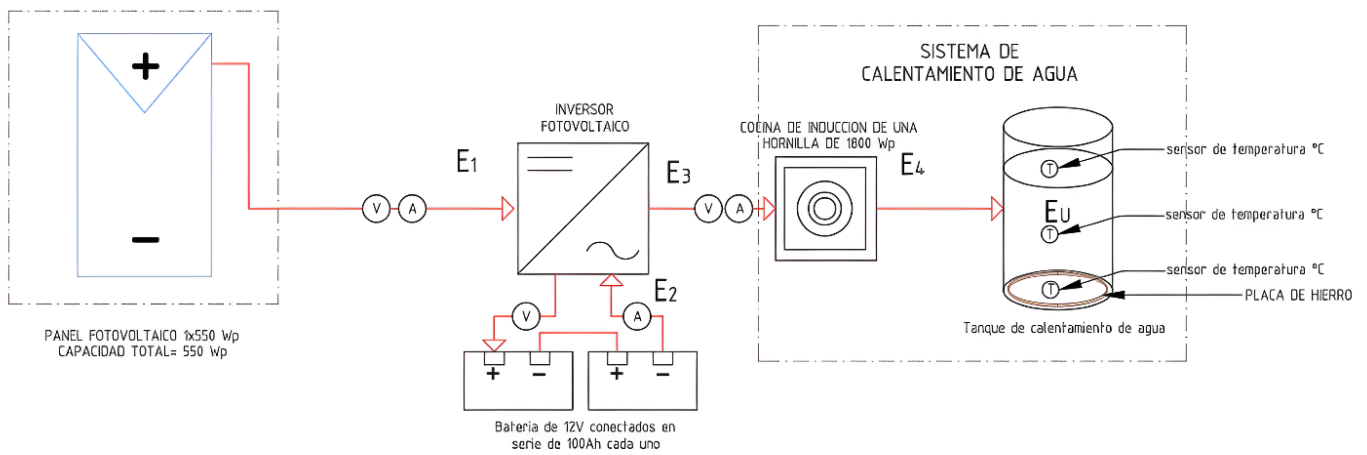
1. Se inició verificando que las baterías (sistema de respaldo independiente) se encuentren totalmente cargadas con energía de la red.
2. La cocina de inducción se utilizará en sus 4 niveles de potencia, partiendo del nivel de potencia 1, con una temperatura inicial de 26°C y se medirá la temperatura final en un tiempo de 45 minutos.
3. Una vez instalados los 3 sensores de medición de temperatura se registraron mediciones cada 2 minutos, de igual manera con la cámara termográfica se registraron fotografías durante el mismo intervalo de tiempo.
4. Se midieron valores de voltaje y corriente en un intervalo de 2 minutos.
5. Se realizaron 4 mediciones para cada nivel.
6. Se tomaron mediciones de radiación natural en simultaneo con el funcionamiento del SPACS.
7. Finalmente teniendo todos los datos necesarios se procedió con el análisis respectivo.

# CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES

## 4.1. Balance de energía en todo el sistema

Se realizó el balance de energía en cada equipo y un balance general en todo el sistema, la figura 21 muestra el diagrama unifilar de cada equipo que conforma el SPACS.

**Figura 21**  
Diagrama unifilar del SPACS



SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
$\text{V}$	VOLTIMETRO	$E_2$	ENERGIA QUE ENTREGA LA BATERIA
$\text{A}$	AMPERIMETRO	$E_3$	ENERGIA QUE ENTREGA EL INVERSOR
$\text{T}$	SENSOR DE TEMPERATURA	$E_4$	ENERGIA QUE ENTREGA LA COCINA DE INDUCCION
$E_1$	ENERGIA QUE ENTREGA EL PANEL FOTOVOLTAICO	$E_U$	ENERGIA UTIL

#### 4.1.1. Parámetros del sistema fotovoltaico

Se muestra los valores de la energía total de entrada tomados con el Wattmetro el día 8 de enero del 2024 desde las 12:00 pm. a 12:45 pm.

**Tabla 4**

Mediciones de corrientes y voltajes para un día de medición

PANEL FOTOVOLTAICO		BATERIA		COCINA	
Corriente I (A)	Voltaje V (V)	Corriente I (A)	Voltaje V (V)	CORRIENTE (A)	Voltaje (V)
14.5	36.1	20.5	24.32	4.29	218.8
14.4	35.7	21.2	24.24	4.30	218.6
14.3	36.3	21.2	24.25	4.30	218.9
14.4	36.0	20.7	24.30	4.28	218.8
14.6	35.9	20.8	24.29	4.29	218.7
14.3	36.0	20.9	24.31	4.28	218.8
14.3	36.6	20.4	24.32	4.28	218.8
14.4	35.5	21.5	24.25	4.29	218.6
14.6	36.1	20.6	24.28	4.29	218.7
14.5	36.1	21.0	24.28	4.29	218.7
14.6	35.6	21.2	24.31	4.30	218.8
14.2	36.3	20.9	24.29	4.30	218.7
14.5	36.7	20.4	24.23	4.29	218.6
14.6	35.7	21.1	24.24	4.28	218.7
14.2	36.4	21.1	24.24	4.30	218.7
14.4	35.7	21.6	24.29	4.30	218.8
14.6	36.8	20.2	24.27	4.29	218.6
14.2	36.5	21.1	24.27	4.28	218.9
14.5	35.3	21.4	24.28	4.29	218.7
14.4	36.4	20.9	24.27	4.30	218.8
14.3	36.7	20.2	24.25	4.29	218.6
14.6	36.6	20.2	24.26	4.30	218.8
14.5	36.8	20.3	24.23	4.30	218.6

**Tabla 5**

Promedio de los datos del panel fotovoltaico y batería

Corriente de panel fotovoltaico	$I_{pv} = 14.43 A$
Voltaje del panel fotovoltaico	$V_{pv} = 36.16 V$
Corriente de la batería	$I_B = 20.84 A$
Voltaje de la batería	$V_B = 24.27 V$

Potencia que genera el panel fotovoltaico  $P_{pv}$ :

$$P_{pv} = I_{pv} \times V_{pv}$$

$$P_{pv} = 14.43 \times 36.16$$

$$P_{pv} = 521.87 \text{ W}$$

Energía que proporciona el panel fotovoltaico  $E_1$ :

Multiplicamos la potencia por el tiempo  $t = 2700 \text{ s}$

$$E_1 = P_{pv} \times t$$

$$E_1 = 521.87 \times 2700$$

$$E_1 = 1409049 \text{ J}$$

$$\mathbf{E_1 = 1409.05 \text{ KJ}}$$

Potencia que genera batería  $P_B$ :

$$P_B = I_B \times V_B$$

$$P_B = 20.84 \times 24.27$$

$$P_B = 505.93 \text{ W}$$

Energía que proporciona la batería  $E_2$ :

Multiplicamos la potencia por el tiempo  $t = 2700 \text{ s}$

$$E_2 = P_B \times t$$

$$E_2 = 505.93 \times 2700$$

$$E_2 = 1366011 \text{ J}$$

$$\mathbf{E_2 = 1366.05 \text{ KJ}}$$

**Tabla 6**

Valores del panel fotovoltaico y batería tomados con multímetro y amperímetro.

Niveles de potencia	$E_1$ (J)	$E_2$ (J)	$E_T$ (J)
1	1409049	1366011	2775060
2	1405971	1385262	2791233
3	1393929	1907037	3300966
4	1408779	1994733	3403512

**Nota.** La tabla 6 muestra la energía total de entrada para cada nivel de la cocina de inducción.



#### 4.1.2. Energía que entrega el inversor E<sub>3</sub>:

En la siguiente tabla se muestra los datos de la potencia tomados con el wattímetro durante 45 minutos.

**Tabla 7**

Mediciones de potencia con el Wattímetro a la salida del Inversor

Nivel	Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Tiempo (seg)	E <sub>3</sub> (J)
1	218.74	4.29	938.39	2700	2533665.42
2	218.72	4.34	949.24	2700	2562960.96
3	218.73	5.13	1122.08	2700	3029629.23
4	218.78	5.24	1146.41	2700	3095299.44

**Nota.** La tabla 7 muestra los valores de la energía total en cada nivel de la cocina de inducción durante los 45 minutos.

La energía que ingresa a la cocina de inducción para nivel de potencia 1 es:

$$E_3 = 2533665.42 J$$

$$E_3 = 2533.66 KJ$$

#### 4.1.3. Parámetros del sistema de calentamiento

Los siguientes datos se obtuvieron al realizar las mediciones en laboratorio, la temperatura es para el nivel de potencia 1 de la cocina de inducción, se recalca que el tanque de calentamiento tiene una forma cilíndrica:

- $T_{final} = 36.9^{\circ}\text{C}$  (Temperatura final)
- $L = 0.417\text{m}$  (Altura del nivel del agua en el tanque)
- $r = 0.1805\text{ m}$  (Radio del tanque)
- $A = 0.678\text{ m}^2$  (Área de tanque)
- $T_{inicial} = 26^{\circ}\text{C}$  (Temperatura inicial del agua)
- $\Delta T = T_{final} - T_{inicial}$
- $T_p = 35.9^{\circ}\text{C}$  (temperatura de la pared del cilindro)
- $T_{amb} = 26^{\circ}\text{C}$  (temperatura ambiente)
- $t = 45\text{ min} = 2700\text{ seg}$  (Tiempo de calentamiento del agua)

- $m_{tanque} = 2.25 \text{ Kg}$  (Masa del tanque)
- $c_{ptanque} = 1900 \text{ J/Kg. }^\circ\text{C}$  (Calor específico del plástico, ver anexo 2)
- $m_{agua} = 40 \text{ Kg}$  (Masa del agua)
- $c_{pagua} = 4200 \text{ J/Kg. }^\circ\text{C}$  (Calor específico del agua)
- $m_{hierro} = 5 \text{ Kg}$  (Masa de la placa de hierro)
- $c_{phierro} = 473 \text{ J/Kg. }^\circ\text{C}$  (Calor específico del hierro, ver anexo 3)

#### 4.1.4. Transferencia de energía útil que se da en el Tanque $E_U$ :

Para determinar la transferencia de energía útil para el nivel de potencia 1 de la cocina de inducción se utiliza la ecuación 14:

$$E_U = [(2.25)(1900) + (40)(4200) + (5)(473)](37.2 - 26)$$

$$E_U = 1956080 \text{ J}$$

#### 4.1.5. Pérdidas de energía por convección entre la pared del tanque y el ambiente

Para encontrar las pérdidas de energía que se generan utilizamos las propiedades físicas del aire la cual se va a evaluar a la temperatura de la capa límite, ecuación 17:

$$T_f = \frac{35.9 + 26}{2}$$

$$T_f = 30.95 \text{ }^\circ\text{C}$$

Utilizamos la tabla de propiedades físicas del aire a **30.95 °C** (Ver anexo 3.)

Interpolando obtenemos los siguientes valores:

$$P_r = 0.7279 \quad K = 0.026877 \text{ W/m.K} \quad \rho = 1.160308 \text{ Kg/m}^3$$

$$\beta = 0.03231 \text{ K}^{-1} \quad \nu = 16.2734 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \quad g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

Para calcular el número de Rayleigh reemplazamos en la ecuación 19:

$$R_a = \frac{9.81 \times 0.03231(35.9 - 26) \times 0.417^3 \times 0.7279}{(16.1693 \times 10^{-6})^2}$$

$$R_a = 6.335 \times 10^8$$

Para el Número de Grashof, se utilizó la ecuación 18:

$$G_r = \frac{9.81 \times 0.03231(35.9 - 26) \times 0.417^3}{(16.1693 \times 10^{-6})^2}$$

$$G_r = 8.7 \times 10^8$$

Número de Nusselt, se usa comprobará la ecuación 16, si se cumple la condición, el tanque de calentamiento (cilindro) se podrá tratar como una placa vertical:

$$D \geq \frac{35 \times L}{G_r^{1/4}}$$

$$2 * 0.1805 \geq \frac{35 \times 0.417}{(8.7 \times 10^8)^{1/4}}$$

$$0.361 \geq 0.0853$$

Se cumple la condición utilizaremos el Nusselt para placa vertical, ecuación 21:

$$N_u = \left\{ 0.825 + \frac{0.387 \times (6.335 \times 10^8)^{1/6}}{\left[ 1 + \left( \frac{0.492}{0.7279} \right)^{9/16} \right]^{8/27}} \right\}^2$$

$$N_u = 107.12$$

Para calcular el coeficiente convectivo “h” se utiliza la ecuación 23:

$$h = \frac{105.26 \times 0.026877}{0.417}$$

$$h = 6.9 \text{ W/m.K}$$

Por lo tanto, la transferencia de calor por convección se calcula con la ecuación 24:

$$Q_{aire} = 6.9 \times 0.678 \times (35.9 - 26)$$

$$Q_{aire} = 46.34 \text{ W}$$

$$Q_{aire} = 125130.56 \text{ J}$$

#### 4.1.6. Pérdidas de energía por radiación que se da entre la pared del tanque y el ambiente

Para calcular las pérdidas por radiación se utiliza la ecuación 25, también se usaron el factor de emisividad y la constante de Boltzmann.

$$\varepsilon_p = 0.95$$

$$\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$$

Donde:

- $\varepsilon_p$  = factor de emisividad del plástico (Ver Anexo 4.)
- $\sigma$  = constante adimensional de Boltzmann

$$Q_{rad} = 0.95 \times 0.678 \times 5.67 \times 10^{-8} \times (308.9^4 - 299^4)$$

$$Q_{rad} = 39.9 \text{ W}$$

$$Q_{rad} = 107742.9 \text{ J}$$

#### 4.1.7. Energía que entrega la cocina E<sub>4</sub>:

$$E_4 = 1956080 \text{ J} + 125130.56 \text{ J} + 107742.9 \text{ J}$$

$$E_4 = 2188953.57 \text{ J}$$

**Tabla 8**

Energía según niveles de potencia de la cocina de inducción

NIVEL	1	2	3	4
<b>E<sub>U</sub> (J)</b>	1956080.00	1982277.50	2375240.00	2462565.00
<b>Q Aire (J)</b>	125130.57	124084.46	157214.33	168201.49
<b>Q Radiación (J)</b>	107743.00	110029.32	134305.03	138985.05
<b>E<sub>4</sub> (J)</b>	2188953.57	2216391.29	2666759.36	2769751.54

**Nota.** La tabla 8 muestra la energía total en cada nivel de la cocina de inducción.

#### 4.1.8. Pérdida que se genera en la cocina de inducción P<sub>c</sub>:

$$P_c = 2533665.42 \text{ J} - 2188953.57 \text{ J}$$

$$P_c = 344711.85 \text{ J}$$

**Tabla 9**

Pérdidas para cada nivel de potencia de la cocina de inducción

<b>NIVELES DE POTENCIA</b>	<b>PERDIDAS (J)</b>	<b>PERDIDAS (%)</b>
<b>1</b>	344711.85	13.61%
<b>2</b>	346569.67	13.52%
<b>3</b>	362869.87	11.98%
<b>4</b>	325547.90	10.52%

**Nota.** La tabla 9 muestra las pérdidas, tanto en valores como en porcentajes para cada nivel de la cocina de inducción.

**4.1.9. Eficiencia de la cocina de inducción  $\eta_c$ :**

Eficiencia para el nivel 1

$$\eta_c = \frac{1956080.00}{2533665.42}$$

$$\eta_c = 77.20\%$$

La siguiente tabla 9 muestra el cuadro resumen de las eficiencias de la cocina de inducción.

**Tabla 10**

Eficiencias de la cocina de inducción.

<b>NIVELES DE POTENCIA</b>	<b>Eficiencia (%)</b>
<b>1</b>	77.20%
<b>2</b>	79.05%
<b>3</b>	78.40%
<b>4</b>	79.56%

**Nota.** En la tabla 10 se observan las eficiencias para cada nivel de la cocina de inducción.

**4.1.10. Cálculo de la Eficiencia total del sistema de calentamiento para el nivel de potencia 1 de la cocina de inducción:**

Para calcular la eficiencia del sistema para el nivel de potencia 1 de la cocina de inducción se divide la Energía Útil entre la Energía total de entrada.

$$\eta_T = \frac{1956080 J}{2775060 J}$$

$$\eta_T = 70.48 \%$$

Para el nivel de potencia 1 de la cocina de inducción se calculó una eficiencia total del sistema de 70.48 %.

**Tabla 11**  
Eficiencia total del SPACS

Nivel	$E_T(J)$	$E_1(J)$	$E_2(J)$	$E_3(J)$	$E_4(J)$	$E_U(J)$	Eficiencia Total
1	2775060	1409049	1366011	2533665	2186775	1956080	70.48 %
2	2791233	1405971	1385262	2562961	2261964	1982277.5	71.02 %
3	3300966	1393929	1907037	3029629	2669103	2375240	71.96 %
4	3403512	1408779	1994733	3095299	2767476	2462565	72.35 %

**Nota.** La tabla 11 muestra la eficiencia total del SPACS para los 4 niveles de potencia de la cocina de inducción, es un cálculo representativo únicamente para 1 día por cada nivel de potencia.

E3 es la energía que entrega el inversor y fue medida con un wattímetro, E4 es la energía que entrega la cocina de inducción y EU es la energía útil que calienta el agua.

Cada día se realizaron mediciones para cada nivel de potencia de la cocina de inducción durante las 12 pm hasta las 12:45 pm. Por lo que, se hicieron 4 mediciones para cada nivel de la cocina de inducción.

#### 4.1.11. Eficiencias para cada equipo del SPACS

En la tabla 12 se muestra los valores promedios de todas las mediciones realizadas durante el proyecto para cada nivel de potencia de la cocina de inducción.

**Tabla 12**  
Valores promedios para cada nivel de potencia de la cocina de inducción

NIVEL	$E_T(J)$	$E_1(J)$	$E_2(J)$	$E_3(J)$	$E_4(J)$	Q aire (J)	Q rad. (J)	EU (J)
1	2774331	1406828	1367503	2533868	2192908	121199	106459	1965249
2	2797274	1402326	1394948	2561806	2257849	126897	110688	2020264
3	3300237	1348765	1951472	3036803	2656410	160049	134656	2361705
4	3378618	1372646	2005972	3095299	2765660	167159	139865	2458635

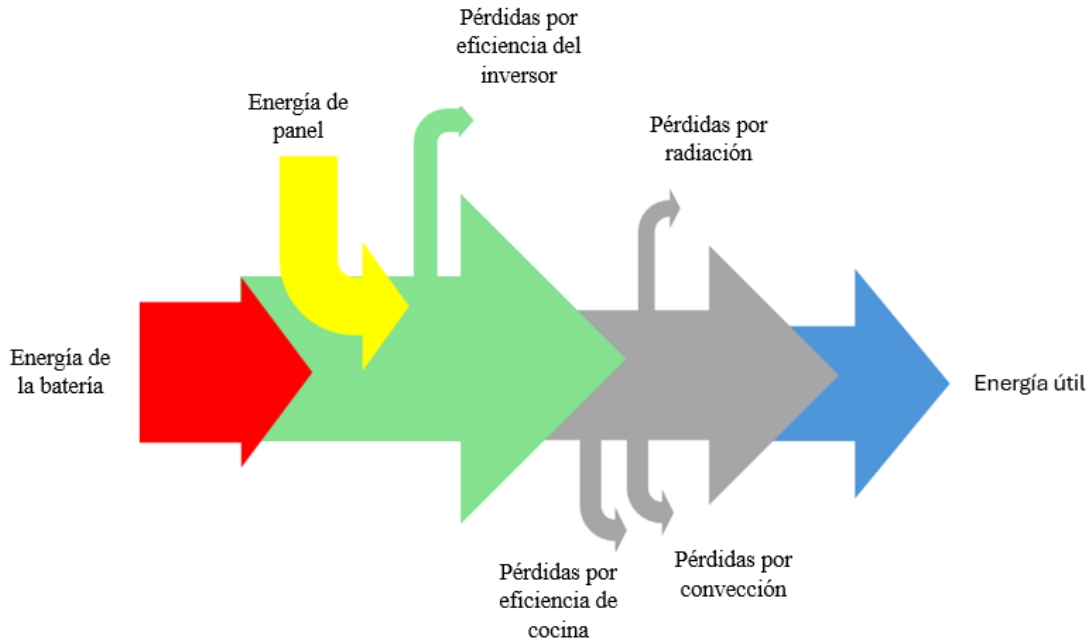
**Nota.** La tabla 12 muestra los valores promedios de energía del SPACS para los 4 niveles de potencia de la cocina de inducción.

En la siguiente tabla 13 se observa el balance de eficiencias para cada equipo del sistema de producción de agua caliente sanitaria.

La figura 22 muestra el diagrama de Sankey de la representación grafica de los componentes del SPACS

**Figura 12**

Diagrama de Sankey



**Tabla 13**

Eficiencias para cada equipo del SPACS

Nivel	Panel	Inversor	Cocina	Perd. Conv.	Perd. Rad.	Energía útil
1	25.09%	91.33%	77.56%	5.53%	4.85%	89.62%
2	25.01%	91.58%	78.86%	5.62%	4.90%	89.48%
3	24.68%	92.02%	77.77%	6.03%	5.07%	88.91%
4	24.89%	91.61%	79.43%	6.04%	5.06%	88.90%

**Nota:** la tabla 13 muestra las eficiencias del balance de energía que se hicieron en cada equipo, estos valores representan el promedio de todas las mediciones para cada nivel de potencia de la cocina de inducción.

### 5.1.12. Eficiencias totales del SPACS

En el siguiente cuadro se muestra las eficiencias totales del sistema de producción de agua caliente sanitaria.

**Tabla 14**

Eficiencias totales del SPACS.

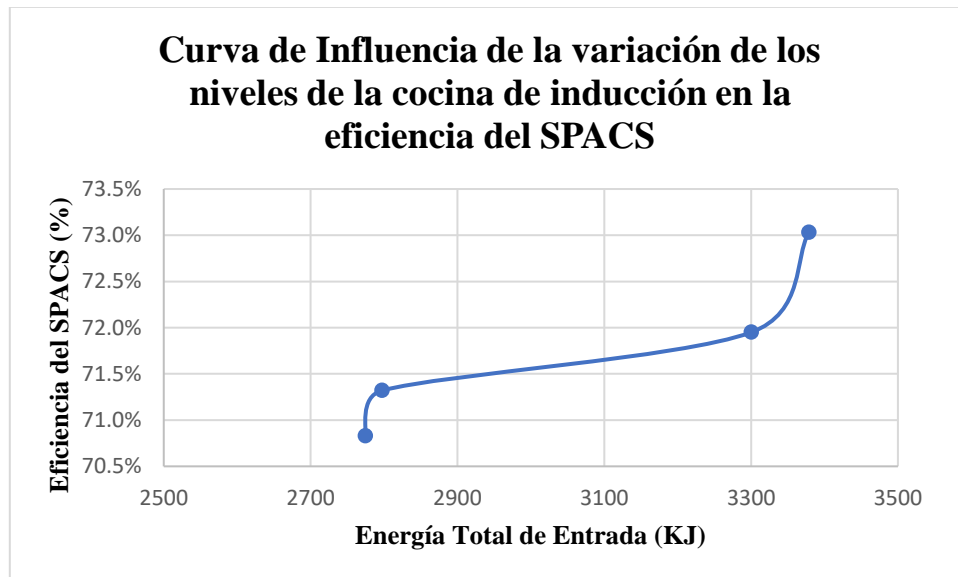
NIVEL	ET (J)	EU (J)	EFICIENCIA TOTAL
1	2774331	1965249	70.83%
2	2797274	2020264	71.32%
3	3300237	2361705	71.95%
4	3378618	2458635	73.03%

**Nota:** la tabla 14 muestra las eficiencias totales del SPACS que viene dada por la energía útil entre la energía total de entrada, estos valores representan el promedio de todas las mediciones para cada nivel de potencia de la cocina de inducción.

En la figura 23 se muestra la grafica de la eficiencia de todo el SPACS para los 4 niveles de potencia de la cocina de inducción en función de la energía.

**Figura 23**

Grafica de la influencia de la eficiencia del SPACS en función de la energía total de entrada



El gráfico muestra la eficiencia para cada nivel de potencia de la cocina de inducción, notándose que en el nivel de potencia 1 de la cocina de inducción es donde se produce la menor eficiencia en el SPACS con un valor de 70.83%, aumenta en el nivel 2 hasta 71.32% y en el nivel 3 con un valor de 71.95% para aumentar finalmente en el nivel 4 que es donde se produce la mayor eficiencia con un valor de 73.03%.



## 4.2. DISCUSIONES

- ✓ Luego de haber realizado las mediciones y los cálculos correspondientes en la cocina de inducción, obtuvimos las eficiencias para cada nivel de la cocina de inducción, siendo los siguientes: 77.56%, 78.86%, 77.77%, 79.43% para los niveles 1, 2, 3 y 4 respectivamente; estos valores se asemejan a otras investigaciones de tesis como Amay P. & Riofrío C. (2015).
- ✓ En la parte de la cocina - tanque del sistema de calentamiento de agua se determinó las pérdidas por convección utilizando las tablas de propiedades del aire y los números adimensionales como: Prandtl, Reyleigh, Grashof y Nusselt, las cuales fueron 125.13KJ, 124.08KJ, 157.21KJ, 168.20KJ siendo un equivalente en porcentajes a 5.53 %, 5.62 %, 6.03 % y 6.04 %; y para las pérdidas por radiación utilizamos el factor de emisividad del plástico  $\epsilon_p$  y la constante adimensional de Boltzmann los cuales fueron 107.74KJ, 110.03KJ, 134.31KJ y 138.99KJ, siendo equivalente en porcentajes a 4.85 %, 4.90 %, 5.07 % y 5.06 %, para los niveles de la cocina de inducción 1, 2, 3 y 4 respectivamente.
- ✓ En la zona del tanque del sistema de calentamiento mediante un balance de energía para un sistema cerrado, se calculó una energía útil de 1965.2 KJ, 2020.3 KJ, 2361.7 KJ y 2458.6 KJ, en el respectivo orden para los niveles 1, 2, 3 y 4 de la cocina de inducción.
- ✓ Para los cálculos de las eficiencias totales del SPACS utilizamos los valores de la energía total de entrada y la energía útil. De las cuales se obtuvieron eficiencias totales del 70.83%, 71.32%, 71.95% y 73.03% para los niveles de potencia respectivos 1, 2, 3 y 4 de la cocina de inducción. Donde se observa claramente que la mayor eficiencia de da en el nivel 4 de potencia. Por lo tanto, mientras más nos acercamos a la potencia nominal la eficiencia es mayor.
- ✓ Aunque la eficiencia nominal de un panel fotovoltaico monocristalino se encuentra en el rango del 17% y 23%, se observó que el panel fotovoltaico llegó a tener una eficiencia entre 24.68% y 25.09% esto se debe a la ubicación geográfica de la zona donde se llevó a cabo el proyecto y a qué las mediciones de los datos se realizaron en días y horas de mayor radiación.

# **CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **5.1. CONCLUSIONES**

- Se realizó el balance de energía para cada equipo del sistema de producción de agua caliente sanitaria, obteniéndose en el panel fotovoltaico una eficiencia máxima 25.09 % y una mínima de 24.68 %. Para el inversor una eficiencia máxima de 92.02 % y una mínima de 91.33 %. Así mismo, para la cocina una eficiencia máxima de 79.43% y una mínima de 77.56%.
- Se realizó el balance de energía en estado estacionario para un recipiente cerrado en el SPACS obteniéndose para los niveles 1, 2, 3 y 4 eficiencias de 70.83 %, 71.32 %, 71.95 % y 73.03% respectivamente. Donde la eficiencia máxima le corresponde al nivel de potencia 4 y la mínima al nivel de potencia 1.
- Se elaboró la curva de la energía total de entrada en función de la eficiencia del SPACS, notándose una tendencia positiva entre ambas y evidenciando que a mayor nivel de potencia la eficiencia fue mayor.
- La eficiencia máxima del SPACS se produjo en el nivel 4 con un valor de 73.03 % superando al valor máximo de 20 % planteado inicialmente en la hipótesis.
- Se observó que, aunque la cocina de inducción tiene una potencia nominal de 1800 W, solo se midió una potencia máxima de 1146 W. esto se debió a la distancia de 1 cm entre la superficie de la cocina y la placa ferromagnética.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda utilizar paneles que cubran la totalidad de la demanda energética del sistema de producción de agua caliente sanitaria.
- Tener a disposición amperímetros de alta capacidad para una mejor precisión.
- Se recomienda aislar el tanque de calentamiento para reducir al máximo las pérdidas de energía.
- Se recomienda hacer pruebas utilizando un tanque de otro material con mayor conductividad térmica para comprobar si se reduce el tiempo de calentamiento.

## **CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Abad Mariños, P. S., & Flores Mendo, E. A. (2016). DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO PARA REDUCIR EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN LA PLATAFORMA DE DESCARGA DE LA PESQUERA EXALMAR - CHIMBOTE PERU [UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA].
- Portilla Castillo, Jorge; Gustin Pantoja, J. (2020). DISEÑO DE UNA COCINA DE INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA ENERGIZADA POR UN SISTEMA FOTOVOLTAICO ORIENTADO A LA PROCUCIÓN DE PAJA TOQUILLA EN EL MUNICIPIO DE LINARES (NARIÑO) [Corporación Universitaria Autónoma de Nariño].
- Maldonado Espinosa, Gianella (2016). DEMANDA DE LAS COCINAS DE INDUCCIÓN APLICADO A LA PARROQUIA RURAL EL VALLE, CANTÓN CUENCA, ANÁLISIS COMPARATIVO 2014-2015 [Universidad de Cuenca]
- Vélez Ortuño, R. D. (2015). DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA PARA UNA COCINA DE INDUCCIÓN MAGNÉTICA [Universidad De Las Fuerzas Armadas - ESPE]. <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/10837>
- José, O. (2016). PROGRAMACIÓN DEL CONTROL DE UN CALENTADOR DE INDUCCIÓN MAGNÉTICO PARA ALUMINIO” [Tesis de Maestría, Instituto Tecnológico de Apizaco, División de Estudios de Posgrado e Investigación, México]
- Garay, D. R. (2021). Propuesta de implementación de cocinas de inducción para electrificación de la matriz energética peruana [Universidad Continental].
- Aranda, Barrio y García León. Sistemas de gestión de la energía ISO 50001. Universidad de Zaragoza. España. 2014. 144 p. ISBN 9788416272419
- Riofrio, Augusto (2015). MODELIZACIÓN DE UNA MICRO RED FOTOVOLTAICA APLICADA A EQUIPOS DE COCCIÓN POR INDUCCIÓN PARA EL REEMPLAZO DE GLP [Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito]

- Duffie, J., & Beckman, W. (2013). *Ingeniería Solar de Procesos Térmicos* (J. Wiley (ed.); 4ta. Edici). WILEY.
- Amay, P. y Riofrío, C. (2015). ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO TÉRMICO DE UNA COCINA DE INDUCCIÓN DE 3500W DE POTENCIA [Universidad Politécnica Salesiana-Sede Quito]
- Parejo Aparicio, M. (2015). Energía solar fotovoltaica. In *NUEVAS ENERGÍAS* (3ra. Edici, Issue Cálculo de una instalación aislada). Marcombo.
- Acero, K. (2023). Estudio del potencial de aplicación de un sistema de aire acondicionado alimentado por energía solar fotovoltaica en la Escuela de Educación Superior Pedagógica Pública Chimbote [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Santa].
- Aminy, M., Barhemmati, N., Hadadian, A., y Vali, F. (2012). Design of a photovoltaic system for a rural house. 2012 2nd Iranian Conference on Renewable Energy and Distributed Generation, ICREDG 2012, June 2016,
- Pérez Borja. (2020). *Todo lo que necesitas saber sobre la energía fotovoltaica* (3ra. Edici). @BySolarEnergy Academy.
- Perpiñan Lamigueiro, O. (2020). *Energía Solar Fotovoltaica* (9na. Edici). creative commons.
- Sánchez Juárez, Aarón; Martínez Escobar, Dalia; Ortega Cruz, José; Sánchez Pérez, P. (2017). Aplicaciones Fotovoltaicas de la Energía Solar en los Sectores Residencial, Servicio e Industrial. In J. Tonda Mazón (Ed.), *Aplicaciones Fotovoltaicas de la Energía Solar en los Sectores Residencial, Servicio e Industrial* (1ra. Edici). IER “Instituto de Energías Renovables.”
- Wagner, A. (2015). *Photovoltaik Engineering Handbuch für Planung, Entwicklung und Anwendung* [Manual de ingeniería fotovoltaica para planificación, desarrollo y aplicación]. Springer Vieweg Verlag.
- SEARS y SEMANZKY. (2018). *Física universitaria con física moderna. (Tomo 2)* Pearson.
- Serway, R. y Jewett, J. (2009). *Física para ciencias e ingeniería con Física Moderna* (7ma ed). Cengage Learning

- Franco, A. T. (2013). *Cocina de inducción versus cocina a gas (glp)*. [http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/25742/Cocina/de/Inducci/%20C3/%20B3n/versus/Cocina/a/Gas/\(GLP\).pdf?sequence=1](http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/25742/Cocina/de/Inducci/%20C3/%20B3n/versus/Cocina/a/Gas/(GLP).pdf?sequence=1)
- Cordero, V. (2016). *Cocinas de Inducción, una alternativa de Cocción Limpia*. [Proyecto Energía, Desarrollo y Vida – EnDev Perú]. <https://docplayer.es/60584851-Cocinas-de-induccion-una-alternativa-de-coccion-limpia.html>
- Schmerler, Daniel; Velarde, José Carlos; Rodríguez, Abel y Solís, Ben (Editores) (2019). *Energías renovables: experiencia y perspectivas en la ruta del Perú hacia la transición energética*. Osinergmin. Lima-Perú.
- Rheem México, (08 de abril 2024) *Tipos de Calentadores de Agua*. Recuperado de <https://www.rheem.com.mx/cuantos-tipos-de-calentadores-existen/>

## CAPÍTULO VIII: ANEXOS

### Anexo 1. Presupuesto del proyecto

CÓDIGO	DENOMINACIÓN	MONTO (S./.)	
		PARCIAL	TOTAL
<b>A.1</b>	<b>BIENES</b>		<b>5,041.45</b>
A.1.1	Panel Solar Atlas Ecogreen Energy 24V 550W Monoperc	650.00	650.00
A.1.2	Batería GEL Felicity solar 12V 100 Ah	565.00	1,130.00
A.1.3	Cocina de Inducción 1 hornilla 2000 W	239.00	239.00
A.1.4	Inversor Cargador 3000 W 24V MPTT 50 A Growatt	1476.18	1,476.18
A.1.5	Shine Wifi Growatt	190.72	190.72
A.1.6	Estructura de hierro para tanque de plastico de 70 litros	130.00	130.00
A.1.7	Tanque de plastico de 70 litros	39.00	39.00
A.1.8	Multimetro digital UNI T	400.00	400.00
A.1.9	Cable unifilar 6mm2	13.00	260.00
A.1.10	Llave termomagnética 10 A monofasico ABB	70.00	70.00
A.1.11	Base de metal para instalación del inversor solar	250.00	250.00
A.1.12	Fusible 10 A 10*38	10.00	20.00
A.1.13	Terminal estañado tipo ojal para cable de 6mm	4.10	8.19
A.1.14	Cable 25mm2-4AWG para conexión serie Batería	15.34	15.34
A.1.15	Cable 25mm2-4AWG para cnexión Controlador-Batería	74.00	74.00
A.1.16	Porta fusible 10 A 10*38	42.00	42.00
A.1.17	Conector panel solar MC4	7.01	14.02
A.1.18	Tablero adosable 4 polos	25.00	25.00

A.1.19	Toma corriente visible	4.00	8.00
<b>A.2</b>	<b>SERVICIOS</b>		<b>1,401.79</b>
A.2.1	Impresiones, fotocopias	125.79	125.79
A.2.2	Empastados	60.00	180.00
A.2.3	Anillados	45.00	45.00
A.2.4	Transporte de equipos	61.00	61.00
A.2.5	Movilidad Local	477.00	954.00
A.2.6	Alimentación Local	36.00	36.00
	<b>TOTAL</b>		<b>6,443.24</b>

**Anexo 2.** propiedades térmicas del Polietileno de alta densidad

<b>Principales propiedades térmicas del Polietileno de alta densidad</b>		
<b>PROPIEDADES</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>VALOR</b>
<b>Calor Específico</b>	(Kj/Kg.K)	1.9
<b>Conductividad Térmica</b>	a 23°C (W/mK)	0.45-0.52
<b>Dilatación Térmica</b>	10-6 /°C	100-200
<b>Temperatura máxima de utilización</b>	°C	55-120
<b>Temperatura de Deflexión en caliente - 0.45MPa</b>	°C	75

**Nota.** Tomado de Roca, I. (2005) ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES Y APLICACIONES INDUSTRIALES DELPOLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD)



**Anexo 3.** Tabla de calores para diferentes materiales

Tabla de Calor

Material	Específico (C <sub>e</sub> )		Fusión (I <sub>f</sub> )	Vaporización (I <sub>v</sub> )
	Kcal/kg. °C	kJ/kg.K	kJ/kg	kJ/kg
Aceite de Oliva	0,400	1,675	-	-
Acero	0,110	0,460	205	-
Agua	1,000	4,183	335	2250
Alcohol	0,600	2,513	-	880
Alpaca	0,095	0,398	-	-
Aluminio	0,217	0,909	377	-
Antimonio	0,050	0,210	164	-
Azufre	0,179	0,750	38	-
Bronce	0,086	0,360	-	-
Cadmio	0,056	0,234	46	-
Carbón Mineral	0,310	1,300	-	-
Carbón Vegetal	0,201	0,840	-	-
Cinc	0,093	0,389	117	-
Cobalto	0,104	0,435	243	-
Cobre	0,093	0,389	172	-
Cromo	0,108	0,452	59	-
Estaño	0,060	0,250	113	-
Eter etílico	0,540	2,261	113	-
Fenol	-	-	109	-
Glicerina	0,580	2,430	176	-
Hierro	0,113	0,473	-	-
Ladrillo	0,210	0,880	-	-
Refractario	0,094	0,394	168	-
Latón	0,110	0,460	155	-
Manganeso	0,033	0,138	11,7	281
Mercurio	0,210	0,880	-	-
Mica	-	-	151	-
Naftalina	0,110	0,461	234	-
Níquel	0,031	0,130	67	-
Oro	0,778	3,260	147	-
Parafina	0,056	0,235	109	-
Plata	0,031	0,130	113	-
Platino	0,031	0,130	23	-
Plomo	0,019	0,080	59	-
Potasio	0,380	1,590	-	365
Tolueno	0,200	0,838	-	-
Vidrio	0,180	0,753	-	-

**Nota:** Adaptado de S. Casas-Cordero E.

### Anexo 3. Propiedades termofísicas del aire a 1 Atm

$T$	$\rho$	$c_p$	$h$	$\mu \times 10^6$	$\nu \times 10^6$	$k$	$\alpha \times 10^6$	Pr
°C	kg/m <sup>3</sup>	kJ/kg·K	kJ/kg	Pa·s	m <sup>2</sup> /s	W/m·K	m <sup>2</sup> /s	—
-150	2.8664	1.026	247.8	8.76	3.06	0.0118	4.02	0.760
-125	2.3827	1.018	273.2	10.44	4.38	0.0142	5.87	0.747
-100	2.0386	1.013	298.4	11.99	5.88	0.0165	7.99	0.737
-75	1.7814	1.008	323.7	13.45	7.55	0.0186	10.37	0.728
-50	1.5819	1.006	348.8	14.83	9.37	0.0207	13.00	0.721
-40	1.5140	1.005	358.9	15.36	10.14	0.0215	14.12	0.718
-30	1.4517	1.004	369.0	15.88	10.94	0.0223	15.27	0.716
-20	1.3944	1.004	379.0	16.39	11.75	0.0230	16.46	0.714
-10	1.3414	1.004	389.1	16.89	12.59	0.0238	17.68	0.712
0	1.2923	1.003	399.1	17.39	13.45	0.0246	18.94	0.710
10	1.2467	1.004	409.2	17.87	14.34	0.0253	20.23	0.709
20	1.2041	1.004	419.3	18.35	15.24	0.0260	21.55	0.707
30	1.1644	1.004	429.3	18.83	16.17	0.0268	22.90	0.706
40	1.1272	1.005	439.4	19.29	17.11	0.0275	24.28	0.705
50	1.0923	1.005	449.5	19.75	18.08	0.0282	25.68	0.704
60	1.0596	1.006	459.6	20.20	19.07	0.0289	27.12	0.703
70	1.0287	1.007	469.7	20.65	20.07	0.0296	28.59	0.702
80	0.9996	1.008	479.8	21.09	21.10	0.0303	30.08	0.701
90	0.9720	1.009	489.9	21.53	22.15	0.0310	31.60	0.701
100	0.9460	1.010	500.0	21.96	23.21	0.0317	33.15	0.700
110	0.9213	1.011	510.1	22.39	24.30	0.0323	34.72	0.700
120	0.8979	1.013	520.3	22.81	25.40	0.0330	36.31	0.700
130	0.8756	1.014	530.4	23.22	26.52	0.0337	37.93	0.699
140	0.8544	1.016	540.6	23.64	27.66	0.0343	39.57	0.699
150	0.8342	1.017	550.8	24.04	28.82	0.0350	41.24	0.699
160	0.8149	1.019	561.0	24.45	30.00	0.0356	42.93	0.699
170	0.7966	1.020	571.2	24.85	31.19	0.0363	44.64	0.699
180	0.7790	1.022	581.4	25.24	32.41	0.0369	46.37	0.699
190	0.7622	1.024	591.7	25.64	33.64	0.0376	48.12	0.699
200	0.7460	1.026	601.9	26.03	34.89	0.0382	49.90	0.699
225	0.7086	1.031	627.6	26.98	38.08	0.0398	54.42	0.700
250	0.6747	1.036	653.5	27.92	41.38	0.0413	59.07	0.701
275	0.6440	1.041	679.4	28.84	44.79	0.0428	63.83	0.702
300	0.6159	1.047	705.5	29.74	48.29	0.0443	68.72	0.703
350	0.5665	1.058	758.1	31.50	55.61	0.0472	78.81	0.706

**Nota.** Adaptado de Incropera y Dewitt (2006)

#### Anexo 4. Valores de emisividad

	1.0 $\mu\text{m}$	5.0 $\mu\text{m}$	7.9 $\mu\text{m}$	8-14 $\mu\text{m}$
Agua	n.r.		0.93	0.93
Arcilla	n.r.	0.85-0.95	0.95	0.95
Arena	n.r.	0.9	0.9	0.9
Asbesto	0.9	0.9	0.95	0.95
Asfalto	n.r.	0.9	0.95	0.95
Basalto	n.r.	0.7	0.7	0.7
Carbón				
No oxidado	0.8-0.95	0.8-0.9	0.8-0.9	0.8-0.9
Carburo de Silicio	n.r.	0.9	0.9	0.9
Cerámica	0.4	0.85-0.95	0.95	0.95
Concreto	0.85	0.9	0.95	0.95
Grafito	0.8-0.9	0.7-0.9	0.7-0.8	0.7-0.8
Grava	n.r.	0.95	0.95	0.95
Hielo	n.r.		0.98	0.98
Hule	n.r.	0.9	0.95	0.95
Madera (natural)	n.r.	0.9-0.95	0.9-0.95	0.9-0.95
Nieve	n.r.		0.9	0.9
Papel (cualquier color)	n.r.	0.95	0.95	0.95
Piedra caliza	n.r.	0.4-0.98	0.98	0.98
Pintura (no-alum)		0.9-0.95	0.9-0.95	
Papel (cualquier color)	n.r.	0.95	0.95	0.95
Plásticos				
Opaco	n.r.	0.95	0.95	0.95
Mayor a 20 milésimas	n.r.			
Tela	n.r.	0.95	0.95	0.95
Tierra	n.r.		0.9-0.98	0.9-0.98
Vidrio				
Laminado	n.r.	0.98	0.85	0.85
Gota	n.r.	0.9	n.r.	n.r.
Yeso	n.r.	0.4-0.97	0.8-0.95	0.8-0.95

**Nota.** Tomado de la página web de Fluke Process Instruments

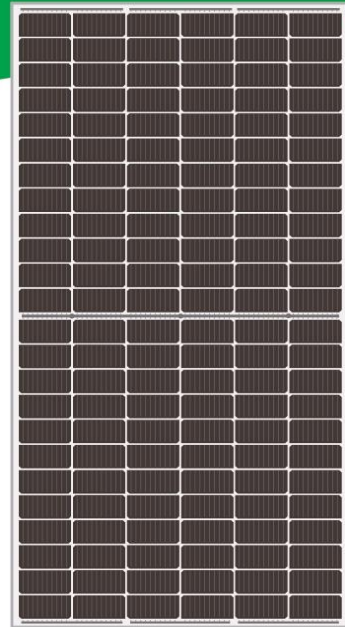
## Anexo 5. Especificaciones técnicas del panel Fotovoltaico 550W ECO Green



# ATLAS by Eco Green Energy 530-550W

M10 / 182 mm Cell - 144 Half-cell

Founded in 2008, Eco Green Energy is a french brand solar PV manufacturer and distributing now its PV module in more than 60 countries over the world. Atlas series solar modules are made only with grade A cells for highest power generation, lowest LCOE, and ensured more than 25 years lifespan.



### KEY FEATURES



Gallium-doped Technology



Lower LCOE and BOS



Anti PID/ Low LID protection



Less Hot Spot Shading effects



Lower temperature coefficient

### 144-Cell

MONOCRYSTALLINE MODULE

### 21.28%

MAXIMUM EFFICIENCY

### 0~+5W

POSITIVE POWER TOLERANCE

### GRADE A

CELLS GUARANTEED

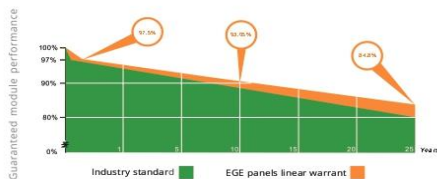


French Quality Module



### LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

12-Year Product Warranty · 25-Year Linear Power Warranty



Eco Green Energy Group Ltd. 2018. All rights reserved.  
Add: 299 Xing Cheng Road, Chong Chuan District, Nantong, Jiangsu, China  
Tel: +86 513 66690088 / E-mail: info@eco-greenenergy.com

### COMPREHENSIVE CERTIFICATES

IEC 61215/ IEC 61730 / IEC 61701 / IEC 62716  
ISO 9001 : Quality Management Systems



Facebook: [www.facebook.com/EGE.Nantong](https://www.facebook.com/EGE.Nantong)  
LinkedIn: [www.linkedin.com/company/eco-green-energy/](https://www.linkedin.com/company/eco-green-energy/)  
Website: [www.eco-greenenergy.com](http://www.eco-greenenergy.com)



**Nota.** Tomado del catálogo de Autosolar

**ELECTRICAL DATA AT STC\***

Power output (Pmax)	530 W	535 W	540 W	545 W	550 W
Power tolerance	0~+5 W	0~+5 W	0~+5 W	0~+5 W	0~+5 W
Module efficiency	20.51 %	20.70 %	20.89 %	21.09 %	21.28 %
Maximum power voltage (Vmp)	40.58 V	40.68 V	40.79 V	40.89 V	40.98 V
Maximum power current (Imp)	13.06 A	13.15 A	13.24 A	13.33 A	13.42 A
Open circuit voltage (Voc)	49.29 V	49.39 V	49.49 V	49.59 V	49.68 V
Short circuit current (Isc)	13.64 A	13.73 A	13.83 A	13.92 A	14.01 A

\*Standard Test Conditions: Irradiance: 1 000 W / m<sup>2</sup> • Cell temperature: 25°C • AM: 1.5

**ELECTRICAL DATA AT NMOT\***

Power output (Pmax)	395.18 W	398.91 W	402.64 W	406.37 W	410.10 W
Maximum power voltage (Vmp)	38.05 V	38.14 V	38.24 V	38.33 V	38.42 V
Maximum power current (Imp)	10.37 A	10.44 A	10.52 A	10.59 A	10.66 A
Open circuit voltage (Voc)	45.71 V	45.80 V	45.90 V	45.99 V	46.07 V
Short circuit current (Isc)	11.09 A	11.16 A	11.24 A	11.32 A	11.39 A

\*Nominal Operating Cell Temperature: Irradiance: 800 W / m<sup>2</sup> • Ambient temperature: 20°C  
• AM: 1.5 • Wind speed: 1 m/s

**MECHANICAL CHARACTERISTICS**

Cell type	Monocrystalline (182x91 mm)
Number of cells	144
Dimensions	2279x1134x35mm (1.5mm Cell Gap)
Weight	29 kg
Glass	3.2 mm tempered glass, High transmission (>94%), Anti-Reflective Coating
Frame	Anodized aluminium alloy
Junction box	IP68 rated (3 by pass diodes)
Cable	4.0mm <sup>2</sup> ; 300mm(+) / 300mm(-) ; Length can be customized
Connector	MC4 or MC4 compatible
Max front load (e.g.: snow)	5400 Pa
Max back load (e.g.: wind)	2400 Pa

**TEMPERATURE CHARACTERISTICS**

NOCT	45°C ±2 °C
Temperature coefficient of Pmax	-0.35%/°C
Temperature coefficient of Voc	-0.28%/°C
Temperature coefficient of Isc	+0.048%/°C

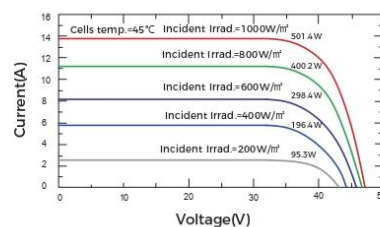
**MAXIMUM RATINGS**

Operating temperature range	-40 °C ~+85 °C
Maximum system voltage	1500 DC (IEC)
Max series fuse rating	25 A

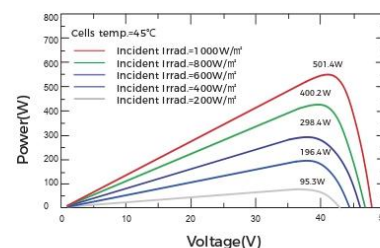
**PACKAGING (2279x1134x35mm)**

Type	Pcs	Weight
Per Pallet	31 pcs	940 kg
40ft HQ Container	620 pcs (20 pallets)	18.80 t

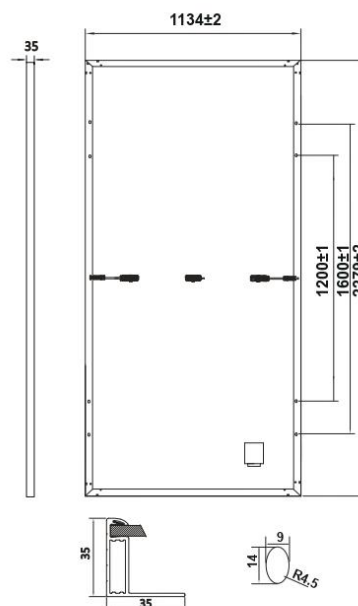
**PV MODULE : EGE-540W-144M(M10)**



**PV MODULE : EGE-540W-144M(M10)**



**Dimension of PV Module (mm)**



## Anexo 6. Especificaciones técnicas del Inversor Growatt 3000W

Datasheet	SPF 2000TL HVM-24	SPF 3000TL HVM-24	SPF 2000TL HVM-48	SPF 3000TL HVM-48	SPF 5000TL HVM/HVM-P
Battery Voltage	24VDC		48VDC		
Battery Type	Lithium/Lead-acid				
<b>INVERTER OUTPUT</b>					
Rated Power	2000VA/ 2000W	3000VA/ 3000W	2000VA/ 2000W	3000VA/ 3000W	5000VA/ 5000W
Parallel Capability	No				No/ Yes, 6 units maximum
AC Voltage Regulation (Battery Mode)	230VAC ± 5% @ 50/60Hz				
Surge Power	4000VA	6000VA	4000VA	6000VA	10000VA
Efficiency (Peak)	93%				
Waveform	Pure sine wave				
Transfer Time	10ms typical, 20ms Max				
<b>SOLAR CHARGER</b>					
Maximum PV Array Power	1500W		1800W		4500W
MPPT Range @ Operating Voltage	30VDC ~ 80VDC		60VDC ~ 115VDC		
Maximum PV Array Open Circuit Voltage	102VDC		145VDC		
Number of Independent MPP Trackers/ Strings Per MPP Tracker	1/1				
Maximum Solar Charge Current	50A		30A		80A
Maximum Efficiency	98%				
<b>AC CHARGER</b>					
Charge Current	30A		15A		60A
AC Input Voltage	230 VAC				
Selectable Voltage Range	170-280 VAC (For Personal Computers) ; 90-280 VAC (For Home Appliances)				
Frequency Range	50Hz/60Hz (Auto sensing)				
<b>PHYSICAL</b>					
Protection Degree	IP20				
Dimension (W/H/D)	315/400/130mm				350/455/130mm
Net Weight (kgs)	8	8.5	8	8.5	11.5
<b>OPERATING ENVIRONMENT</b>					
Humidity	5% to 95% Relative Humidity(Non-condensing)				
Altitude	<2000m				
Operating Temperature	0°C - 55°C				
Storage Temperature	-15°C - 60°C				

**Nota.** Tomado del catálogo de Autosolar

## Anexo 7. Especificaciones técnicas de la batería

# BATERÍA DE GEL

## 12V 100 AH

### BATERÍA SERIE GEL

Las baterías de la serie GEL están fabricadas con separadores especiales y gel de sílice que mantiene los electrolitos dentro de la batería. La tecnología de gel sílice ayuda a que las baterías duren más tiempo y funcionen mejor en diferentes temperaturas. La vida útil del ciclo de descarga puede durar un 50% más en comparación con las baterías normal.



### APLICACIÓN

- Sistema de energía de emergencia
- Equipos de comunicación
- Sistemas de telecomunicaciones
- Fuente de energía ininterrumpida
- Herramientas eléctricas
- Equipo marino
- Equipo médico
- Sistema de energía solar y eólica

### CARACTERÍSTICAS GENERALES

- Sellado de seguridad
- Tecnología antiderrames
- Alta densidad de potencia
- Excelente recuperación de descarga profunda
- Placas gruesas y materiales altamente activos
- Mayor vida útil y diseño de baja autodescarga

### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

MODELO DE BATERÍA	Voltaje nominal		12V	
	Capacidad nominal (100 Horas)		100Ah	
DIMENSIONES	Células por batería			
	Longitud	Ancho	Altura	Altura total
PESO APROXIMADO	329 mm	172 mm	218 mm	225 mm
CAPACIDAD @ 25°C	26.2 kg ± 3%			
	10 Horas (9.1A)	5 Horas (15.1A)	3 Horas (23.8A)	2 Horas (33.8A)
CORRIENTE DE DESCARGA MÁX.	91 Ah	75.5 Ah	71.4 Ah	67.6 Ah
RESISTENCIA INTERNA	900 A (5 seg.)			
INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA EN LA CAPACIDAD(10 HR)	Cargado por completo Vat 25°C: Aprox. 4.4mΩ			
	40°C	25°C	0°C	
MÉTODO DE CARGA @25 °C	102%		85%	
	Rango de voltaje de carga (Bulk)		Rango de voltaje de flotación (Float)	
	14.1-14.4V (Corriente de carga inicial inferior a 27A)		13.50-13.80V	

**Nota.** Tomado del catálogo de venta de Autosolar

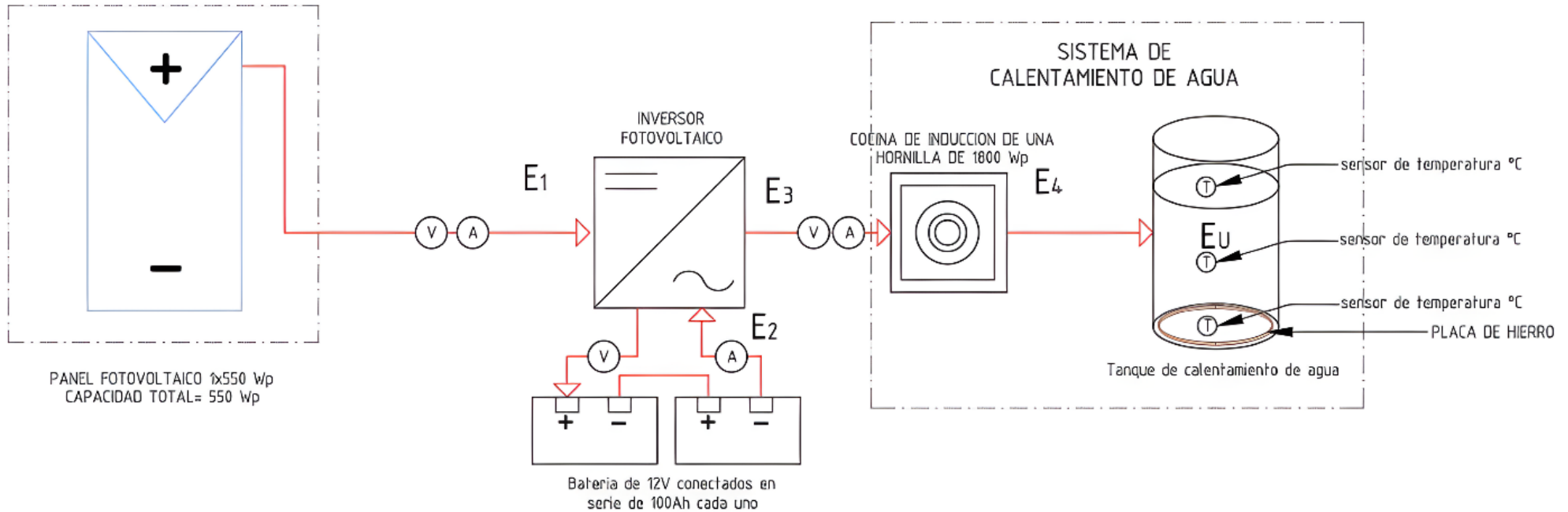
## Anexo 8. Especificaciones técnicas de la cocina de inducción

### Cocina de Inducción Renaware 1800 W

Modelo	IC-350
Rango de Potencia	1800W
Rango de Voltaje	220V-240V
Frecuencia	50/60 Hz
Niveles de potencia	5

**Nota.** Elaboración Propia

## Anexo 9 Diagrama unifilar del SPACS



SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
Ⓥ	VOLTIMETRO	E <sub>2</sub>	ENERGIA QUE ENTREGA LA BATERIA
Ⓐ	AMPERIMETRO	E <sub>3</sub>	ENERGIA QUE ENTREGA EL INVERSOR
Ⓣ	SENSOR DE TEMPERATURA	E <sub>4</sub>	ENERGIA QUE ENTREGA LA COCINA DE INDUCCION
E <sub>1</sub>	ENERGIA QUE ENTREGA EL PANEL FOTOVOLTAICO	E <sub>U</sub>	ENERGIA UTIL



## Anexo 10. Especificaciones técnicas del datalogger Shine

Datasheet	Shine WiFi-F
<b>General Data</b>	
Dimensions(Length/Width/Height)	135/79/29
Weight	63g
Manual language	English, Chinese
<b>Wireless Parameters</b>	
Wireless type	WiFi
Wireless standard	802.11 b/g/n
Transmit power	802.11b: +20dBm(Max); 802.11g: +18dBm(Max); 802.11n: +15dBm(Max)
Receiver sensitivity	802.11b: -89dBm(Max); 802.11g: -81dBm(Max); 802.11n: -71dBm(Max)
<b>Hardware Parameters</b>	
Data Interface	UART: 9600bps; Ethernet: 100Mbps
Operating Voltage	5V (+/-15%)
Operating Current	1A
Operating Temperature	-20°C—+65°C
Storage Temperature	-40°C—+70°C
Network Type	AP (Access Point); station mode (with soft AP)
Security Mechanisms	WEP / WPA-PSK / WPA2-PSK
Encryption	WEP64 / WEP128 / TKIP / AES
<b>Application on Parameters</b>	
Supported servers	ShineServer
Inverter communication	USB A-type
Sever Communication	WiFi via router (Modbus TCP protocol)
Supported Routers	Wireless router (Include 3G router)
User Configuration Interface	Wireless web server (Internet Browser)
Max. Communication Range	100m
Data Transfer Interval	5 minutes
Default Server URL	server-cn.growatt.com

**Nota.** Elaboración propia

### Anexo 11. MEDICIONES EN LOS EQUIPOS

NIVEL 1 Día 1 (08/01/2024)							
IRRADIANCIA		PANEL FOTOVOLTAICO		BATERIA		COCINA	
mV	W/m2	Corriente I1 (A)	Voltaje V1 (V)	Corriente I2 (A)	Voltaje (V)	CORRIENTE (A)	Voltaje (V)
11.759	969.41	14.5	36.1	20.5	24.32	4.29	218.8
11.780	971.15	14.4	35.7	21.2	24.24	4.30	218.6
11.804	973.12	14.3	36.3	21.2	24.25	4.30	218.9
11.793	972.22	14.4	36.0	20.7	24.30	4.28	218.8
11.769	970.24	14.6	35.9	20.8	24.29	4.29	218.7
11.752	968.84	14.3	36.0	20.9	24.31	4.28	218.8
11.818	974.28	14.3	36.6	20.4	24.32	4.28	218.8
11.759	969.41	14.4	35.5	21.5	24.25	4.29	218.6
11.797	972.55	14.6	36.1	20.6	24.28	4.29	218.7
11.785	971.56	14.5	36.1	21.0	24.28	4.29	218.7
11.749	968.59	14.6	35.6	21.2	24.31	4.30	218.8
11.765	969.91	14.2	36.3	20.9	24.29	4.30	218.7
11.811	973.70	14.5	36.7	20.4	24.23	4.29	218.6
11.757	969.25	14.6	35.7	21.1	24.24	4.28	218.7
11.786	971.64	14.2	36.4	21.1	24.24	4.30	218.7
11.816	974.11	14.4	35.7	21.6	24.29	4.30	218.8
11.793	972.22	14.6	36.8	20.2	24.27	4.29	218.6
11.778	970.98	14.2	36.5	21.1	24.27	4.28	218.9
11.776	970.82	14.5	35.3	21.4	24.28	4.29	218.7
11.791	972.05	14.4	36.4	20.9	24.27	4.30	218.8
11.781	971.23	14.3	36.7	20.2	24.25	4.29	218.6
11.799	972.71	14.6	36.6	20.2	24.26	4.30	218.8
11.818	974.28	14.5	36.8	20.3	24.23	4.30	218.6

**NIVEL 1 Día 2 (09/01/2024)**

<b>IRRADIANCIA</b>		<b>PANEL FOTOVOLTAICO</b>		<b>BATERIA</b>		<b>COCINA</b>	
<b>mV</b>	<b>W/m2</b>	<b>Corriente I1 (A)</b>	<b>Voltaje V1 (V)</b>	<b>Corriente I2 (A)</b>	<b>Voltaje (V)</b>	<b>CORRIENTE (A)</b>	<b>Voltaje (V)</b>
11.742	968.01	14.4	35.3	21.0	24.24	4.29	218.6
11.809	973.54	14.4	36.6	20.7	24.24	4.29	218.6
11.749	968.59	14.6	36.4	20.6	24.25	4.29	218.9
11.815	974.03	14.4	35.8	21.1	24.31	4.29	218.8
11.807	973.37	14.5	36.0	20.4	24.27	4.29	218.8
11.743	968.10	14.4	36.6	20.7	24.28	4.30	218.7
11.769	970.24	14.3	36.0	20.9	24.27	4.30	218.8
11.754	969.00	14.6	36.1	20.5	24.28	4.28	218.6
11.805	973.21	14.6	36.7	20.3	24.32	4.28	218.8
11.761	969.58	14.6	36.3	20.5	24.26	4.29	218.8
11.821	974.53	14.6	35.8	20.6	24.30	4.29	218.8
11.795	972.38	14.3	35.7	21.2	24.25	4.28	218.8
11.753	968.92	14.4	36.5	21.0	24.31	4.29	218.8
11.796	972.46	14.2	35.7	21.1	24.29	4.28	218.7
11.739	967.77	14.4	36.2	20.8	24.29	4.28	218.9
11.830	975.27	14.4	35.4	21.6	24.28	4.29	218.6
11.812	973.78	14.6	36.2	20.6	24.32	4.28	218.8
11.801	972.88	14.4	36.5	20.6	24.32	4.29	218.7
11.758	969.33	14.5	36.0	20.7	24.22	4.28	218.8
11.759	969.41	14.3	36.1	21.4	24.25	4.30	218.9
11.782	971.31	14.3	35.4	21.5	24.25	4.30	218.7
11.775	970.73	14.6	35.5	20.9	24.29	4.29	218.7
11.804	973.12	14.6	36.3	20.9	24.24	4.29	218.8

**NIVEL 1 Día 3 (10/01/2024)**

<b>IRRADIANCIA</b>		<b>PANEL FOTOVOLTAICO</b>		<b>BATERIA</b>		<b>COCINA</b>	
<b>mV</b>	<b>W/m2</b>	<b>Corriente I1 (A)</b>	<b>Voltaje V1 (V)</b>	<b>Corriente I2 (A)</b>	<b>Voltaje (V)</b>	<b>CORRIENTE (A)</b>	<b>Voltaje (V)</b>
11.759	969.41	14.4	35.6	21.0	24.23	4.29	218.8
11.786	971.64	14.5	36.9	20.3	24.25	4.29	218.7
11.787	971.72	14.5	36.3	20.6	24.30	4.29	218.9
11.774	970.65	14.5	36.0	20.6	24.29	4.28	218.6
11.825	974.86	14.2	36.4	21.2	24.30	4.29	218.6
11.741	967.93	14.6	36.7	20.2	24.23	4.29	218.9
11.809	973.54	14.2	35.3	21.8	24.29	4.29	218.6
11.747	968.43	14.5	35.6	21.2	24.23	4.29	218.6
11.768	970.16	14.5	36.5	20.6	24.25	4.30	218.8
11.813	973.87	14.6	36.0	20.6	24.29	4.29	218.8
11.812	973.78	14.6	35.9	20.8	24.25	4.29	218.7
11.774	970.65	14.3	36.0	21.0	24.32	4.29	218.8
11.824	974.77	14.4	36.8	20.8	24.28	4.30	218.9
11.755	969.08	14.6	36.8	20.1	24.27	4.28	218.7
11.830	975.27	14.3	36.6	20.9	24.23	4.29	218.7
11.742	968.01	14.2	36.2	21.4	24.27	4.29	218.7
11.813	973.87	14.3	35.5	21.3	24.28	4.29	218.7
11.753	968.92	14.5	35.8	21.1	24.31	4.29	218.6
11.784	971.48	14.5	35.6	21.0	24.31	4.30	218.7
11.825	974.86	14.6	36.9	20.5	24.24	4.29	218.8
11.812	973.78	14.4	35.3	21.2	24.28	4.29	218.6
11.816	974.11	14.4	36.7	20.6	24.28	4.29	218.8
11.768	970.16	14.3	35.5	21.2	24.26	4.29	218.6

**NIVEL 1 Día 4 (11/01/2024)**

<b>IRRADIANCIA</b>		<b>PANEL FOTOVOLTAICO</b>		<b>BATERIA</b>		<b>COCINA</b>	
<b>mV</b>	<b>W/m2</b>	<b>Corriente I1 (A)</b>	<b>Voltaje V1 (V)</b>	<b>Corriente I2 (A)</b>	<b>Voltaje (V)</b>	<b>CORRIENTE (A)</b>	<b>Voltaje (V)</b>
11.815	974.03	14.3	36.0	20.9	24.25	4.29	218.7
11.775	970.73	14.3	35.4	21.5	24.28	4.29	218.9
11.794	972.30	14.2	36.6	21.0	24.24	4.30	218.8
11.799	972.71	14.4	36.0	21.0	24.24	4.29	218.6
11.789	971.89	14.5	36.7	20.6	24.26	4.28	218.8
11.784	971.48	14.5	36.6	20.3	24.26	4.29	218.7
11.755	969.08	14.3	36.4	20.9	24.27	4.30	218.9
11.834	975.60	14.3	36.5	20.8	24.28	4.29	218.9
11.779	971.06	14.4	36.1	20.9	24.29	4.29	218.7
11.757	969.25	14.3	35.8	20.9	24.25	4.28	218.8
11.817	974.20	14.5	35.6	20.9	24.26	4.28	218.8
11.753	968.92	14.6	36.1	20.8	24.31	4.28	218.9
11.798	972.63	14.4	36.8	20.7	24.24	4.29	218.9
11.826	974.94	14.6	35.4	21.1	24.32	4.29	218.6
11.753	968.92	14.5	35.4	21.1	24.29	4.29	218.7
11.781	971.23	14.2	36.9	20.7	24.29	4.30	218.8
11.832	975.43	14.4	35.7	20.7	24.24	4.29	218.6
11.769	970.24	14.5	35.6	20.7	24.30	4.28	218.8
11.826	974.94	14.3	36.7	20.6	24.30	4.30	218.7
11.754	969.00	14.6	35.7	21.0	24.23	4.29	218.8
11.784	971.48	14.6	36.1	20.8	24.26	4.29	218.8
11.765	969.91	14.3	36.0	21.2	24.26	4.29	218.9
11.824	974.77	14.6	35.7	21.2	24.23	4.29	218.9

**NIVEL 2 Día 1 (12/01/2024)**

<b>IRRADIANCIA</b>		<b>PANEL FOTOVOLTAICO</b>		<b>BATERIA</b>		<b>COCINA</b>	
<b>mV</b>	<b>W/m2</b>	<b>Corriente I1 (A)</b>	<b>Voltaje V1 (V)</b>	<b>Corriente I2 (A)</b>	<b>Voltaje (V)</b>	<b>CORRIENTE (A)</b>	<b>Voltaje (V)</b>
11.801	972.88	14.3	35.7	21.6	24.29	4.34	218.6
11.828	975.10	14.5	35.4	21.5	24.28	4.33	218.6
11.801	972.88	14.4	35.6	21.6	24.24	4.35	218.8
11.803	973.04	14.5	36.3	21.1	24.28	4.35	218.8
11.810	973.62	14.3	35.2	21.8	24.27	4.33	218.7
11.739	967.77	14.4	36.6	21.2	24.24	4.37	218.8
11.762	969.66	14.4	36.8	21.1	24.26	4.32	218.7
11.795	972.38	14.6	36.4	20.9	24.31	4.36	218.7
11.746	968.34	14.3	36.2	21.2	24.25	4.31	218.7
11.763	969.74	14.5	36.6	21.3	24.25	4.35	218.8
11.831	975.35	14.2	35.7	21.9	24.24	4.33	218.8
11.743	968.10	14.5	36.9	20.8	24.32	4.35	218.8
11.791	972.05	14.3	36.7	21.1	24.23	4.34	218.6
11.801	972.88	14.6	37.0	20.7	24.32	4.35	218.8
11.789	971.89	14.5	36.5	20.8	24.22	4.32	218.8
11.782	971.31	14.4	35.8	21.6	24.28	4.34	218.8
11.834	975.60	14.3	36.8	20.9	24.31	4.33	218.6
11.791	972.05	14.4	35.5	21.8	24.26	4.34	218.7
11.755	969.08	14.2	36.7	21.6	24.25	4.36	218.7
11.755	969.08	14.3	35.5	21.6	24.31	4.31	218.8
11.766	969.99	14.6	36.9	20.6	24.31	4.33	218.8
11.762	969.66	14.3	35.4	21.9	24.23	4.35	218.6
11.808	973.45	14.2	35.7	22.0	24.26	4.33	218.7

**NIVEL 2 Día 2 (15/01/2024)**

<b>IRRADIANCIA</b>		<b>PANEL FOTOVOLTAICO</b>		<b>BATERIA</b>		<b>COCINA</b>	
<b>mV</b>	<b>W/m2</b>	<b>Corriente I1 (A)</b>	<b>Voltaje V1 (V)</b>	<b>Corriente I2 (A)</b>	<b>Voltaje (V)</b>	<b>CORRIENTE (A)</b>	<b>Voltaje (V)</b>
11.799	972.71	14.5	36.6	21.3	24.25	4.37	218.9
11.815	974.03	14.4	36.8	21.2	24.31	4.36	218.6
11.806	973.29	14.5	36.6	20.6	24.24	4.32	218.7
11.765	969.91	14.6	35.4	21.4	24.23	4.35	218.7
11.758	969.33	14.4	36.0	21.2	24.25	4.33	218.7
11.828	975.10	14.7	35.4	21.4	24.32	4.33	218.8
11.826	974.94	14.4	35.3	21.9	24.30	4.34	218.9
11.835	975.68	14.6	35.3	21.5	24.29	4.34	218.7
11.749	968.59	14.4	36.1	21.4	24.26	4.36	218.8
11.815	974.03	14.6	36.2	21.3	24.27	4.33	218.9
11.762	969.66	14.2	35.3	21.8	24.26	4.31	218.9
11.779	971.06	14.4	35.6	21.7	24.26	4.33	218.7
11.774	970.65	14.6	35.5	21.5	24.26	4.34	218.7
11.806	973.29	14.4	37.0	20.1	24.28	4.32	218.6
11.816	974.11	14.2	35.9	21.4	24.29	4.31	218.7
11.753	968.92	14.3	35.5	21.6	24.31	4.34	218.7
11.831	975.35	14.3	35.8	21.9	24.28	4.35	218.7
11.792	972.14	14.4	35.2	21.7	24.29	4.33	218.7
11.818	974.28	14.6	35.8	21.1	24.23	4.35	218.7
11.764	969.83	14.3	35.3	21.2	24.31	4.32	218.6
11.749	968.59	14.3	35.7	21.7	24.30	4.35	218.8
11.738	967.68	14.2	36.7	21.1	24.23	4.32	218.8
11.797	972.55	14.3	35.4	21.9	24.28	4.32	218.9

**NIVEL 2 Día 3 (16/01/2024)**

<b>IRRADIANCIA</b>		<b>PANEL FOTOVOLTAICO</b>		<b>BATERIA</b>		<b>COCINA</b>	
<b>mV</b>	<b>W/m2</b>	<b>Corriente I1 (A)</b>	<b>Voltaje V1 (V)</b>	<b>Corriente I2 (A)</b>	<b>Voltaje (V)</b>	<b>CORRIENTE (A)</b>	<b>Voltaje (V)</b>
11.810	973.62	14.5	36.8	20.3	24.26	4.32	218.7
11.774	970.65	14.6	36.4	20.4	24.28	4.31	218.9
11.756	969.17	14.3	35.5	21.7	24.27	4.35	218.7
11.826	974.94	14.3	35.6	21.6	24.32	4.32	218.7
11.740	967.85	14.2	35.3	21.6	24.31	4.33	218.8
11.753	968.92	14.3	36.4	21.2	24.31	4.35	218.7
11.826	974.94	14.2	35.7	21.5	24.28	4.33	218.8
11.795	972.38	14.3	37.0	20.6	24.22	4.32	218.7
11.768	970.16	14.6	35.3	21.9	24.22	4.35	218.9
11.799	972.71	14.3	36.2	22.1	24.23	4.36	218.9
11.778	970.98	14.6	36.4	20.8	24.30	4.32	218.8
11.757	969.25	14.6	35.6	20.8	24.26	4.32	218.6
11.784	971.48	14.3	35.7	22.0	24.27	4.34	218.9
11.791	972.05	14.2	35.4	22.2	24.23	4.33	218.8
11.831	975.35	14.3	36.4	21.3	24.30	4.33	218.8
11.827	975.02	14.5	36.3	21.1	24.31	4.34	218.8
11.802	972.96	14.6	36.8	20.8	24.26	4.37	218.8
11.814	973.95	14.3	35.3	21.9	24.31	4.35	218.9
11.789	971.89	14.2	36.6	21.3	24.28	4.31	218.8
11.798	972.63	14.3	35.6	21.3	24.27	4.31	218.9
11.753	968.92	14.5	36.2	21.2	24.24	4.32	218.7
11.789	971.89	14.3	37.0	20.8	24.23	4.33	218.8
11.737	967.60	14.6	36.2	21.4	24.24	4.33	218.8



**NIVEL 2 Día 4 (17/01/2024)**

<b>IRRADIANCIA</b>		<b>PANEL FOTOVOLTAICO</b>		<b>BATERIA</b>		<b>COCINA</b>	
<b>mV</b>	<b>W/m2</b>	<b>Corriente I1 (A)</b>	<b>Voltaje V1 (V)</b>	<b>Corriente I2 (A)</b>	<b>Voltaje (V)</b>	<b>CORRIENTE (A)</b>	<b>Voltaje (V)</b>
11.737	967.60	14.5	36.7	20.6	24.27	4.34	218.8
11.747	968.43	14.5	35.5	20.9	24.29	4.31	218.7
11.764	969.83	14.4	36.5	21.2	24.25	4.37	218.7
11.761	969.58	14.2	36.9	20.7	24.28	4.31	218.8
11.789	971.89	14.6	36.2	21.1	24.22	4.34	218.7
11.785	971.56	14.2	36.5	21.3	24.22	4.37	218.7
11.809	973.54	14.5	35.3	21.2	24.28	4.34	218.8
11.788	971.81	14.6	36.4	20.8	24.26	4.35	218.9
11.801	972.88	14.6	35.5	21.3	24.26	4.34	218.6
11.790	971.97	14.2	36.0	21.2	24.26	4.31	218.7
11.756	969.17	14.3	36.5	21.6	24.25	4.37	218.7
11.760	969.50	14.2	35.2	21.6	24.25	4.31	218.8
11.795	972.38	14.3	36.2	20.9	24.28	4.31	218.8
11.752	968.84	14.5	36.6	20.9	24.30	4.35	218.7
11.746	968.34	14.6	36.1	21.2	24.30	4.37	218.6
11.814	973.95	14.2	35.7	21.9	24.24	4.37	218.7
11.790	971.97	14.6	36.9	20.3	24.24	4.31	218.8
11.840	976.09	14.4	35.4	21.7	24.27	4.37	218.6
11.778	970.98	14.4	35.8	21.4	24.32	4.34	218.7
11.739	967.77	14.4	35.9	20.9	24.28	4.35	218.6
11.781	971.23	14.6	35.2	21.6	24.28	4.34	218.8
11.838	975.93	14.5	35.9	21.0	24.32	4.34	218.7
11.768	970.16	14.4	36.4	20.9	24.29	4.35	218.6

**NIVEL 3 Día 1 (18/01/2024)**

<b>IRRADIANCIA</b>		<b>PANEL FOTOVOLTAICO</b>		<b>BATERIA</b>		<b>COCINA</b>	
<b>mV</b>	<b>W/m2</b>	<b>Corriente I1 (A)</b>	<b>Voltaje V1 (V)</b>	<b>Corriente I2 (A)</b>	<b>Voltaje (V)</b>	<b>CORRIENTE (A)</b>	<b>Voltaje (V)</b>
11.83	975.19	14.4	35.7	29.6	24.29	5.16	218.7
11.85	977.08	14.4	35.5	29.9	24.25	5.19	218.7
11.85	976.92	14.5	35.0	29.8	24.25	5.17	218.6
11.83	975.02	14.3	35.3	29.9	24.18	5.17	218.8
11.77	970.32	14.4	35.6	29.4	24.27	5.13	218.7
11.80	973.04	14.3	36.1	29.3	24.26	5.14	218.7
11.82	974.03	14.3	36.2	29.2	24.26	5.13	218.8
11.79	972.05	14.3	36.3	28.6	24.26	5.08	218.9
11.78	971.15	14.4	36.4	28.7	24.25	5.11	218.6
11.80	972.63	14.4	36.3	28.8	24.24	5.10	218.8
11.83	975.27	14.3	36.2	28.9	24.24	5.09	218.7
11.85	976.92	14.4	36.2	29.1	24.24	5.13	218.7
11.82	974.77	14.2	35.7	29.2	24.23	5.09	218.8
11.74	967.60	14.3	36.4	28.9	24.25	5.12	218.7
11.75	969.00	14.3	35.7	28.9	24.18	5.08	218.7
11.81	973.54	14.4	35.8	29.6	24.27	5.17	218.8
11.84	975.76	14.4	36.5	28.9	24.26	5.15	218.9
11.78	971.39	14.3	36.3	28.8	24.26	5.12	218.6
11.80	972.38	14.3	36.2	28.9	24.26	5.11	218.8
11.80	972.38	14.4	36.3	28.4	24.25	5.09	218.7
11.77	970.24	14.3	36.4	28.9	24.24	5.13	218.8
11.79	971.89	14.3	35.8	29.2	24.24	5.12	218.7
11.76	969.83	14.4	35.7	29.1	24.24	5.11	218.7

**NIVEL 3 Día 2 (19/01/2024)**

<b>IRRADIANCIA</b>		<b>PANEL FOTOVOLTAICO</b>		<b>BATERIA</b>		<b>COCINA</b>	
<b>mV</b>	<b>W/m2</b>	<b>Corriente I1 (A)</b>	<b>Voltaje V1 (V)</b>	<b>Corriente I2 (A)</b>	<b>Voltaje (V)</b>	<b>CORRIENTE (A)</b>	<b>Voltaje (V)</b>
11.42	941.38	14.2	35.5	29.7	24.08	5.14	218.6
11.41	940.73	14.2	35.4	29.9	24.11	5.15	218.8
11.44	943.45	14.1	35.4	30.1	24.1	5.14	218.8
11.51	948.97	14.3	35.7	29.7	24.09	5.16	218.9
11.54	951.03	14.3	36.1	29.5	24.12	5.14	218.7
11.53	950.29	14.2	36.1	29.7	24.12	5.14	218.7
11.52	949.88	14.3	36.2	29.3	24.11	5.13	218.8
11.53	950.12	14.1	36.1	29.8	24.11	5.16	218.8
11.54	951.36	14.3	35.8	29.7	24.12	5.15	218.9
11.57	953.83	14.3	36.2	29.4	24.13	5.14	218.6
11.59	955.15	14.2	36.3	29.4	24.13	5.13	218.6
11.62	957.71	14.2	36.4	29.6	24.17	5.13	218.6
11.57	954.16	14.3	35.7	29.7	24.16	5.14	218.6
11.54	951.03	14.1	35.9	29.8	24.16	5.13	218.7
11.55	951.94	14.1	35.9	29.6	24.18	5.12	218.7
11.57	954.00	14.3	35.8	29.4	24.17	5.1	218.8
11.59	955.81	14.3	36.3	28.9	24.18	5.12	218.8
11.61	956.72	14.4	36.2	28.7	24.19	5.11	218.6
11.60	956.22	14.3	36.3	28.9	24.18	5.1	218.8
11.62	958.12	14.4	36.3	28.9	24.18	5.14	218.7
11.63	959.03	14.4	36.4	29.2	24.17	5.15	218.9
11.65	960.18	14.4	36.5	28.6	24.17	5.12	218.7
11.62	957.63	14.3	36.3	28.9	24.18	5.13	218.7

**NIVEL 3 Día 3 (22/01/2024)**

<b>IRRADIANCIA</b>		<b>PANEL FOTOVOLTAICO</b>		<b>BATERIA</b>		<b>COCINA</b>	
<b>mV</b>	<b>W/m2</b>	<b>Corriente I1 (A)</b>	<b>Voltaje V1 (V)</b>	<b>Corriente I2 (A)</b>	<b>Voltaje (V)</b>	<b>CORRIENTE (A)</b>	<b>Voltaje (V)</b>
11.038	909.98	13.3	35.7	31.1	24.21	5.15	218.8
10.975	904.78	13.2	35.6	31.4	24.19	5.14	218.8
10.909	899.34	13.2	36.2	30.9	24.19	5.15	218.7
10.931	901.15	13.3	36.1	31.1	24.18	5.16	218.7
10.917	900.00	13.4	36.2	30.7	24.16	5.16	218.8
10.906	899.09	13.4	36.3	30.6	24.16	5.16	218.8
11.029	909.23	13.5	36.2	30.6	24.16	5.13	218.8
11.201	923.41	13.6	36.1	30.7	24.17	5.16	218.8
11.147	918.96	13.6	36.2	30.6	24.14	5.14	218.7
11.094	914.59	13.4	35.8	30.9	24.13	5.16	218.7
11.124	917.07	13.7	36.1	30.2	24.14	5.16	217.6
11.277	929.68	13.9	36.3	29.7	24.14	5.16	218.6
11.315	932.81	14.1	36.4	29.4	24.15	5.16	218.6
11.34	934.87	14.2	36.2	29.6	24.16	5.14	218.8
11.446	943.61	14.2	36.3	29.2	24.15	5.14	218.7
11.555	952.60	14.3	36.5	28.6	24.18	5.14	218.7
11.54	951.36	14.3	36.2	28.9	24.18	5.14	218.6
11.47	945.59	14.3	36.1	28.9	24.18	5.15	218.6
11.566	953.50	14.3	36.3	28.9	24.17	5.15	218.7
11.689	963.64	14.4	36.3	29	24.19	5.15	218.7
11.777	970.90	14.4	36.3	29.2	24.19	5.15	218.8
11.818	974.28	14.4	36.4	28.8	24.2	5.14	218.7
11.895	980.63	14.4	36.4	28.9	24.21	5.14	218.7

**NIVEL 3 Día 4 (23/01/2024)**

<b>IRRADIANCIA</b>		<b>PANEL FOTOVOLTAICO</b>		<b>BATERIA</b>		<b>COCINA</b>	
<b>mV</b>	<b>W/m2</b>	<b>Corriente I1 (A)</b>	<b>Voltaje V1 (V)</b>	<b>Corriente I2 (A)</b>	<b>Voltaje (V)</b>	<b>CORRIENTE (A)</b>	<b>Voltaje (V)</b>
10.446	861.17	11.2	36.2	34.1	24.06	5.17	218.9
11.200	923.33	12.3	36.2	32.6	23.9	5.16	218.7
13.353	1100.82	14.4	36.3	30.2	24.02	5.16	218.9
12.623	1040.64	14.2	36.3	29.3	24.05	5.15	218.6
12.489	1029.60	14.1	36.2	29.9	24.09	5.18	218.6
12.925	1065.54	14.3	36.3	29.4	24.10	5.16	218.7
12.668	1044.35	14.3	36.4	29.5	24.13	5.17	218.7
12.519	1032.07	14.4	36.3	29.3	24.16	5.16	218.7
11.744	968.18	14.1	35.7	29.9	24.7	5.16	218.8
7.509	619.04	8.7	35.8	37.8	24.17	5.15	218.8
7.404	610.39	8.4	36.1	38.7	23.8	5.17	218.7
8.155	672.30	9.3	36.3	37.0	23.7	5.16	218.7
10.805	890.77	11.3	36.3	33.9	23.5	5.17	218.7
9.711	800.58	11.1	36.2	34.3	23.1	5.18	218.7
12.168	1003.13	13.7	36.2	33.6	22.9	5.18	218.9
12.143	1001.07	14.3	36.5	29.2	23.0	5.16	218.7
11.884	979.72	14.1	36.4	29.4	23.1	5.16	218.6
11.884	979.72	14.2	36.5	29.2	23.12	5.15	218.7
11.933	983.76	14.2	36.3	29.3	23.14	5.14	218.7
11.995	988.87	14.1	36.2	29.3	23.4	5.13	218.7
12.132	1000.16	14.4	36.3	28.6	23.7	5.12	218.8
9.868	813.52	10.5	36.5	35.5	23.6	5.14	218.7
12.304	1014.34	14.2	36.4	29.4	23.8	5.13	218.7

**NIVEL 4 Día 1 (24/01/2024)**

<b>IRRADIANCIA</b>		<b>PANEL FOTOVOLTAICO</b>		<b>BATERIA</b>		<b>COCINA</b>	
<b>mV</b>	<b>W/m2</b>	<b>Corriente I1 (A)</b>	<b>Voltaje V1 (V)</b>	<b>Corriente I2 (A)</b>	<b>Voltaje (V)</b>	<b>CORRIENTE (A)</b>	<b>Voltaje (V)</b>
11.78	971.15	14.4	35.2	30.8	24.22	5.27	218.7
11.816	974.11	14.4	36.1	29.8	24.32	5.22	218.7
11.833	975.52	14.7	36.2	29.4	24.31	5.2	218.6
11.819	974.36	14.6	36.3	29.3	24.31	5.17	218.8
11.78	971.15	14.8	36.3	29.8	24.31	5.26	218.9
11.753	968.92	14.6	36.2	30.6	24.3	5.26	218.7
11.729	966.94	14.5	36.1	30.6	24.29	5.27	218.7
11.731	967.11	14.5	36.4	30.6	24.3	5.26	218.9
11.736	967.52	14.5	35.9	30.7	24.29	5.27	218.9
11.792	972.14	14.5	36.1	30.4	24.31	5.27	218.8
11.801	972.88	14.5	36.2	30.6	24.28	5.26	218.7
11.815	974.03	14.5	36.3	30.5	24.27	5.26	218.6
11.846	976.59	14.5	35.9	30.1	24.28	5.18	218.7
11.784	971.48	14.4	35.8	30.8	24.28	5.19	218.9
11.731	967.11	14.3	36.2	30.1	24.27	5.17	218.9
11.752	968.84	14.3	35.9	30.7	24.26	5.2	218.9
11.806	973.29	14.4	36.1	30.8	24.26	5.27	218.8
11.844	976.42	14.5	36.2	30.4	24.26	5.26	218.8
11.818	974.28	14.4	36.1	30.7	24.25	5.27	218.8
11.79	971.97	14.3	35.8	30.9	24.24	5.27	218.8
11.789	971.89	14.3	35.9	31	24.24	5.26	218.8
11.835	975.68	14.5	35.7	30.8	24.24	5.26	218.7
11.827	975.02	14.5	36.2	30.6	24.23	5.27	218.9

**NIVEL 4 Día 2 (25/01/2024)**

<b>IRRADIANCIA</b>		<b>PANEL FOTOVOLTAICO</b>		<b>BATERIA</b>		<b>COCINA</b>	
<b>mV</b>	<b>W/m2</b>	<b>Corriente I1 (A)</b>	<b>Voltaje V1 (V)</b>	<b>Corriente I2 (A)</b>	<b>Voltaje (V)</b>	<b>CORRIENTE (A)</b>	<b>Voltaje (V)</b>
11.411	940.7	13.3	35.2	32.1	24.22	5.27	218.7
11.444	943.4	13.4	37.2	30.5	24.2	5.22	218.7
11.511	949.0	13.6	36.8	30.2	24.2	5.2	218.6
11.536	951.0	13.7	37.4	30.1	24.19	5.17	218.8
11.527	950.3	13.7	36.8	30.7	24.18	5.26	218.9
11.522	949.9	13.6	37.1	30.6	24.18	5.26	218.7
11.525	950.1	13.7	36.8	30.7	24.19	5.27	218.7
11.54	951.4	13.8	36.7	30.6	24.17	5.26	218.9
11.57	953.8	13.9	36.8	30.7	24.17	5.27	218.9
11.586	955.2	13.9	37.1	30.6	24.15	5.27	218.8
11.617	957.7	14	36.5	30.2	24.19	5.26	218.7
11.574	954.2	13.8	37.2	30.3	24.14	5.26	218.6
11.536	951.0	13.7	37.2	30.1	24.16	5.18	218.7
11.547	951.9	13.7	36.3	30.3	24.17	5.19	218.9
11.572	954.0	13.9	36.8	30.2	24.16	5.17	218.9
11.594	955.8	13.9	36.7	29.9	24.17	5.2	218.9
11.605	956.7	14	37.2	30.1	24.21	5.27	218.8
11.599	956.2	14.1	36.6	30.2	24.19	5.26	218.8
11.622	958.1	14.2	37.2	30.1	24.2	5.27	218.8
11.633	959.0	14.2	37.2	29.9	24.2	5.27	218.8
11.647	960.2	14.3	36.3	30.1	24.21	5.26	218.8
11.616	957.6	14.2	37.2	29.7	24.22	5.26	218.7
11.643	959.9	14.3	37.2	29.8	24.21	5.27	218.9

**NIVEL 4 Día 3 (26/01/2024)**

<b>IRRADIANCIA</b>		<b>PANEL FOTOVOLTAICO</b>		<b>BATERIA</b>		<b>COCINA</b>	
<b>mV</b>	<b>W/m2</b>	<b>Corriente I1 (A)</b>	<b>Voltaje V1 (V)</b>	<b>Corriente I2 (A)</b>	<b>Voltaje (V)</b>	<b>CORRIENTE (A)</b>	<b>Voltaje (V)</b>
11.635	959.2	14.2	36.3	30.5	24.21	5.26	218.7
11.684	963.2	14.3	36.4	29.8	24.22	5.21	218.7
11.731	967.1	14.5	36.6	29.4	24.21	5.22	218.6
11.72	966.2	14.4	36.3	29.4	24.2	5.18	218.8
11.735	967.4	14.4	36.5	29.9	24.19	5.25	218.9
11.724	966.5	14.3	36.6	30.1	24.19	5.26	218.7
11.755	969.1	14.5	36.3	30.1	24.19	5.26	218.7
11.82	974.4	14.6	36.7	29.8	24.18	5.26	218.9
11.809	973.5	14.5	36.5	29.7	24.17	5.24	218.9
11.821	974.5	14.5	36.4	30.1	24.16	5.26	218.8
11.766	970.0	14.4	36.6	30	24.18	5.26	218.7
11.713	965.6	14.2	36.6	30.4	24.14	5.27	218.6
11.702	964.7	14.2	36.4	29.7	24.16	5.19	218.7
11.689	963.6	14.2	36.5	29.7	24.17	5.19	218.9
11.667	961.8	14.2	36.2	29.6	24.16	5.17	218.9
11.687	963.5	14.3	36.6	29.6	24.17	5.21	218.9
11.69	963.7	14.2	36.3	30.4	24.21	5.26	218.8
11.651	960.5	14.1	36.3	30.7	24.19	5.26	218.8
11.626	958.5	14.1	36.5	30.4	24.2	5.25	218.8
11.583	954.9	13.9	36.2	30.9	24.2	5.26	218.8
11.53	950.5	13.8	36.3	31	24.2	5.26	218.8
11.523	950.0	13.7	36.5	31.2	24.21	5.27	218.7
11.537	951.1	13.8	36.2	31.3	24.2	5.27	218.9



**NIVEL 4 Día 4 (29/01/2024)**

<b>IRRADIANCIA</b>		<b>PANEL FOTOVOLTAICO</b>		<b>BATERIA</b>		<b>COCINA</b>	
<b>mV</b>	<b>W/m2</b>	<b>Corriente I1 (A)</b>	<b>Voltaje V1 (V)</b>	<b>Corriente I2 (A)</b>	<b>Voltaje (V)</b>	<b>CORRIENTE (A)</b>	<b>Voltaje (V)</b>
10.814	891.5	12.2	36.3	33.5	24.19	5.26	218.6
10.857	895.1	12.2	36.1	33.4	24.2	5.23	218.7
10.926	900.7	12.3	36.2	32.9	24.19	5.2	218.8
10.952	902.9	12.3	36.5	32.6	24.18	5.18	218.8
11.006	907.3	12.4	36.5	33.1	24.19	5.25	218.9
11.057	911.5	12.6	36.4	32.9	24.17	5.27	218.8
11.135	918.0	12.6	36.4	33.1	24.18	5.27	218.6
11.192	922.7	12.7	36.3	33.1	24.18	5.26	218.7
11.237	926.4	12.8	36.4	32.9	24.19	5.25	218.8
11.279	929.8	12.8	36.3	32.9	24.16	5.26	218.8
11.325	933.6	12.9	36.4	32.6	24.18	5.25	218.7
11.418	941.3	13.3	36.6	32.1	24.15	5.27	218.6
11.513	949.1	13.7	36.6	30.8	24.16	5.19	218.7
11.569	953.8	13.8	36.5	30.9	24.15	5.19	218.9
11.676	962.6	13.9	36.5	30.6	24.16	5.18	218.9
11.725	966.6	14.5	36.7	29.8	24.16	5.21	218.9
11.592	955.6	14.1	36.7	30.9	24.18	5.27	218.8
11.563	953.3	14.1	36.6	31	24.19	5.26	218.8
11.501	948.1	13.9	36.6	31.3	24.21	5.25	218.8
11.469	945.5	13.9	36.4	31.4	24.21	5.26	218.8
11.434	942.6	13.8	36.4	31.4	24.21	5.26	218.8
11.427	942.0	13.8	36.5	31.3	24.22	5.26	218.7
11.443	943.4	13.8	36.4	31.6	24.21	5.27	218.9

## ANEXO 12. CÁLCULOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR

NIVEL DE POTENCIA	1	2	3	4
L (m)	0.417	0.417	0.417	0.417
r (m)	0.1805	0.1805	0.1805	0.1805
Ti °C	26	26	26	26
Tf °C	37.2	37.35	39.6	40.1
dT °C	11.2	11.35	13.6	14.1
T Pared	35.9	36.1	38.2	38.6
Tamb(°C)	26	26	26	26
Tiempo (s)	2700	2700	2700	2700
mTanque (Kg)	2.25	2.25	2.25	2.25
CpTanque (J/kg°C)	1900	1900	1900	1900
mAgua(Kg)	40	40	40	40
CpAgua (J/kg°C)	4200	4200	4200	4200
mHierro (Kg)	5	5	5	5
CpHierro (J/kg°C)	475	475	475	475
Q (J)	1956080	1982277.5	2375240	2462565
P util (W)	724.47	734.18	879.72	912.06
Tpelicula (°C)	30.95	31.05	32.1	32.3
pr	0.7279	0.7279	0.7276	0.7276
K	0.026877	0.026	0.0261	0.0270415
densidad	1.160308	1.16	1.156	1.1553

B	0.032310178	0.032206119	0.031152648	0.030959752
Visc Cinematica	16.1693	16.179	16.277	16.4943
Viscosidad Cinematica	1.61693E-05	1.62E-05	1.63E-05	1.64943E-05
gravedad	9.81	9.81	9.81	9.81
Rayleigh	633491796.3	643435933.4	742464911.6	742113115.3
Grashof	870300585.7	883961991.3	1020430060	1019946558
Nusselt Numerador	11.34	11.37	11.65	11.64
Nusselt Denominador	1.191	1.191	1.191	1.191
Nusselt	107.1248003	107.6379172	112.47	112.4530175
h	6.904540185	6.711237041	7.039	7.292321997
Q Aire (W)	46.34465463	45.95720901	58.23	62.29684835
Q Aire (J)	125130.5675	124084.4643	157214.33	168201.4906
Emisividad Plastico	0.95	0.95	0.95	0.95
Const Boltzman	5.57E-08	5.57E-08	5.57E-08	5.57E-08
Q Radiacion (W)	39.90481408	40.75160065	49.74260307	51.47594595
Q Radiacion (J)	107742.998	110029.3218	134305.0	138985.0541
Q TOTAL (W)	810.72	820.89	987.69	1025.83
Q TOTAL (J)	2188953.565	2216391.286	2666759.357	2769751.545

---

**Anexo 13. Inversor en funcionamiento**



Anexo 14. temperaturas tomadas con la cámara termográfica

