

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**TESIS PARA OBTENER  
EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AMBIENTAL**

**ANÁLISIS ENERGÉTICO Y AMBIENTAL DE UN  
PROTOTIPO DE COCINA SOLAR**

**Autor: Bach. Humberto Jesus Hernandez Vilcarromero**

**Asesor: Mg. Wildor Gosgot Angeles**

Registro: .....

**CHACHAPOYAS - PERÚ**

**2024**

## **DEDICATORIA**

*A Dios Padre, por su guía y fortaleza en este significativo viaje.*

*Dedico este logro a mi entrañable abuelita, Melchora Servan Diaz, cuyo amor incondicional y consejos sabios marcaron cada paso de mi trayectoria académica.*

*Mi más profundo agradecimiento a mi amada madre, María Vilcarromero Servan, por ser mi roca, mi ejemplo y mi constante fuente de inspiración.*

*Reconozco y agradezco a mi querido tío, Alejandro López Servan, por su fe en mí y por alentarme a superar todos los obstáculos. Su sabiduría y respaldo fueron fundamentales para llevar a cabo este logro tan significativo.*

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco a Dios, fuente de sabiduría y fortaleza, por iluminar mi camino; a mi amada familia, por su apoyo incondicional, su paciencia y su constante ánimo en cada etapa de este proceso.*

*A mi respetado asesor Mg. Wildor Gosgot Angeles, cuya orientación experta, sabios consejos y dedicación han sido fundamentales en la culminación de este proyecto académico.*

*Agradezco profundamente a mis familiares y amigos que estuvieron brindándome su apoyo para conseguir el logro de esta meta.*

*Un agradecimiento al Laboratorio del Programa Nacional de Investigación Científica y Estudios Avanzados (PROCICEA) y a todo su equipo de investigadores y personal de apoyo. Su guía experta y su constante respaldo han sido cruciales para la realización de mi proyecto de tesis.*

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ  
DE MENDOZA DE AMAZONAS**

**Dr. JORGE LUIS MAICELO QUINTANA  
RECTOR**

**Dr. OSCAR ANDRÉS GAMARRA TORRES  
VICERRECTOR ACADÉMICO**

**Dra. MARÍA NELLY LUJÁN ESPINOZA  
VICERRECTORA DE INVESTIGACIÓN**

**Ph.D. RICARDO EDMUNDO CAMPOS RAMOS  
DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL**

## VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS



### ANEXO 3-L

#### VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM (X)/Profesional externo ( ), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada ANÁLISIS ENERGÉTICO Y AMBIENTAL DE UN PROTOTIPO DE LAMINA SOLAR; del egresado HUMBERTO JESUS HERNANDEZ VILCARROMERO de la Facultad de INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL Escuela Profesional de INGENIERIA AMBIENTAL de esta Casa Superior de Estudios.



El suscrito da el Visto Bueno a la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen en ActPa en conjunto, y estar presente en la sustentación.

Chachapoyas, 21 de octubre de 2024

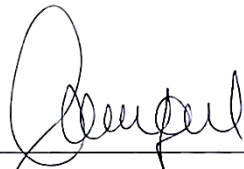
Firma y nombre completo del Asesor  
Mg. WILDOR GOSGOT ANGELES

## **JURADO EVALUADOR DE LA TESIS**



---

Dr. ERICK STEVINSONN ARELLANOS CARRIÓN  
**PRESIDENTE**



---

Dra. LIZ MARJORY CUMPA VELÁSQUEZ  
**SECRETARIA**



---

Mg. JUAN ALBERTO ROMERO MONCADA  
**VOCAL**

# CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS



## ANEXO 3-Q

### CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

Los suscritos, miembros del Jurado Evaluador de la Tesis titulada:

ANÁLISIS ENERGÉTICO Y AMBIENTAL DE UN  
PROTOTIPO DE COCINA SOLAR

presentada por el estudiante ( ) / egresado (X) HERNANDEZ VALCARRONERO, HUMBERTO JESUS  
de la Escuela Profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL

con correo electrónico institucional 17009114382@UNTRM.EDU.P

después de revisar con el software Turnitin el contenido de la citada Tesis, acordamos:

- a) La citada Tesis tiene 8 % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es menor (X) / igual ( ) al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM.
- b) La citada Tesis tiene \_\_\_\_\_ % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es mayor al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM, por lo que el aspirante debe revisar su Tesis para corregir la redacción de acuerdo al Informe Turnitin que se adjunta a la presente. Debe presentar al Presidente del Jurado Evaluador su Tesis corregida para nueva revisión con el software Turnitin.



Chachapoyas, 15 de NOVIEMBRE del 2024

  
SECRETARIO

  
VOCAL

  
PRESIDENTE

OBSERVACIONES:

.....  
.....

## REPORTE TURNITIN


### ANÁLISIS ENERGÉTICO Y AMBIENTAL DE UN PROTOTIPO DE COCINA SOLAR

#### INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>8%</b> INDICE DE SIMILITUD	<b>7%</b> FUENTES DE INTERNET	<b>3%</b> PUBLICACIONES	<b>3%</b> TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
----------------------------------	----------------------------------	----------------------------	--------------------------------------

#### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<a href="http://repositorio.untrm.edu.pe">repositorio.untrm.edu.pe</a> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>2</b>	Submitted to Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>3</b>	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<a href="http://sigrid.cenepred.gob.pe">sigrid.cenepred.gob.pe</a> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>5</b>	<a href="http://repositori.uib.es">repositori.uib.es</a> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>6</b>	<a href="http://idoc.pub">idoc.pub</a> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>7</b>	Wuilber Clemente De la Cruz, Alejandro Alcántara Boza. "Caracterización de radiación solar directa y difusa en condiciones climáticas del Valle del Mantaro", Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de	<b>&lt;1%</b>

  
Dr. Erick Stevenson  
Arellano Carrion  
Presidente - Jurado



# ACTA DE LA SUSTENTACIÓN DE LA TESIS



## ANEXO 3-S

### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

En la ciudad de Chachapoyas, el día 27 de NOVIEMBRE del año 2024, siendo las 11:00 horas, el aspirante: HERNANDEZ VILCARROHERO, HUMBERTO JESUS, asesorado por Mg. WILDOOR GOSGOT ANGELES defiende en sesión pública presencial () / a distancia ( ) la Tesis titulada: ANÁLISIS ENERGÉTICO y AMBIENTAL DE UN PROTOTIPO DE COCINA SOLAR, para obtener el Título Profesional de INGENIERO AMBIENTAL, a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas; ante el Jurado Evaluador, constituido por:

Presidente: DR. ERICK STEVINSONN ARELLANO CARRIÓN

Secretario: Dra. LIZ MARGORY STEFANNY CUMPA VELÁSQUEZ

Vocal: Mg. JUAN ALBERTO ROMERO MONCADA



Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y métodos, Resultados, Discusión y Conclusiones, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la Tesis presentada, los miembros del Jurado Evaluador pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuántas cuestiones y objeciones consideraron oportunas, las cuales fueron contestadas por el aspirante.

Tras la intervención de los miembros del Jurado Evaluador y las oportunas respuestas del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los presentes en el acto de sustentación, para que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

Seguidamente, a puerta cerrada, el Jurado Evaluador determinó la calificación global concedida a la sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional; en términos de:

Aprobado () por Unanimidad () / Mayoría ( )

Desaprobado ( )

Otorgada la calificación, el Secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en esta misma sesión pública. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las 12:17 horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional.

  
SECRETARIO

  
VOCAL

  
PRESIDENTE

OBSERVACIONES:

## ÍNDICE GENERAL

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>ii</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>iii</b>
<b>AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS .....</b>	<b>iv</b>
<b>VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS .....</b>	<b>v</b>
<b>JURADO EVALUADOR DE LA TESIS.....</b>	<b>vi</b>
<b>CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS.....</b>	<b>vii</b>
<b>REPORTE TURNITIN .....</b>	<b>viii</b>
<b>ACTA DE LA SUSTENTACIÓN DE LA TESIS .....</b>	<b>ix</b>
<b>ÍNDICE GENERAL .....</b>	<b>x</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>xii</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>xiii</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>xiv</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xv</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>16</b>
<b>II. MATERIAL Y MÉTODOS .....</b>	<b>19</b>
2.1    Unidad de estudio.....	19
2.2    Localización de la unidad de estudio .....	20
2.3    Diseño y construcción .....	20
<b>2.3.1    Diseño de colector parabólico .....</b>	<b>20</b>
<b>2.3.2    Construcción.....</b>	<b>24</b>
2.4    Comportamiento energético .....	27
<b>2.4.3    Tiempo de evaluación .....</b>	<b>27</b>
<b>2.4.4    Radiación .....</b>	<b>27</b>
<b>2.4.5    Temperatura.....</b>	<b>27</b>

2.4.6	<b>Eficiencia energética</b> .....	28
2.4.7	<b>Potencia del prototipo para la cocción</b> .....	29
2.5	Mitigación de emisiones .....	30
<b>III.</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>31</b>
3.1	Prototipo de cocina solar optimizado .....	31
3.2	Comportamiento energético del prototipo .....	32
3.2.1	<b>Comportamiento energético con los alimentos</b> .....	32
3.2.2	<b>Eficiencia Energética</b> .....	42
3.2.3	<b>Potencia de cocción</b> .....	44
3.3	Mitigación de emisiones .....	47
<b>IV.</b>	<b>DISCUSIÓN</b> .....	<b>48</b>
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>51</b>
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>52</b>
<b>VII.</b>	<b>REFENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b> .....	<b>53</b>
<b>ANEXOS</b>	.....	<b>57</b>
Anexo 1	Tablas de radiación y temperatura de los días evaluados.....	57

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1. Parámetros de diseño del CPC .....</b>	<b>22</b>
<b>Tabla 2. Calor específico de los alimentos tratados.....</b>	<b>29</b>
<b>Tabla 3. Eficiencia promedio en la cocción de maní.....</b>	<b>42</b>
<b>Tabla 4. Eficiencia promedio en la cocción del maíz blanco.....</b>	<b>42</b>
<b>Tabla 5. Eficiencia promedio en la cocción del trigo .....</b>	<b>43</b>
<b>Tabla 6. Eficiencia promedio en la cocción del maíz morocho .....</b>	<b>43</b>
<b>Tabla 7. Eficiencia promedio en la cocción de la cebada .....</b>	<b>44</b>
<b>Tabla 8. Potencia de cocción para maní .....</b>	<b>44</b>
<b>Tabla 9. Potencia de cocción para maíz blanco.....</b>	<b>45</b>
<b>Tabla 10. Potencia de cocción para trigo .....</b>	<b>45</b>
<b>Tabla 11. Potencia de cocción para maíz morocho .....</b>	<b>46</b>
<b>Tabla 12. Potencia de cocción para cebada .....</b>	<b>46</b>
<b>Tabla 13. Emisiones de CO<sub>2</sub> ahorrados en 1 día, 1 mes y 1 año en kg .....</b>	<b>47</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1. Prototipo de cocina solar .....</b>	<b>19</b>
<b>Figura 2. Mapa de localización de la unidad de estudio.....</b>	<b>20</b>
<b>Figura 3. Perfil del colector parabólico compuesto (CPC). .....</b>	<b>21</b>
<b>Figura 4. Esquema de la cavidad tipo CPC con absorbedor tubular. ....</b>	<b>22</b>
<b>Figura 5. Perfil del CPC en el plano (x, y).....</b>	<b>23</b>
<b>Figura 6. Diseño final del prototipo de cocina solar .....</b>	<b>24</b>
<b>Figura 7. Colector parabólico compuesto.....</b>	<b>25</b>
<b>Figura 8. Armazón de madera del prototipo de cocina solar .....</b>	<b>25</b>
<b>Figura 9. Adición de la placa reflectante y de los tubos al vacío .....</b>	<b>26</b>
<b>Figura 10. Adecuación de los tubos galvanizados.....</b>	<b>26</b>
<b>Figura 11. Piranómetro Digital EKO MS-02 .....</b>	<b>27</b>
<b>Figura 12. Termómetro infrarrojo Hazet 1991-1 .....</b>	<b>28</b>
<b>Figura 13. Prototipo de cocina solar .....</b>	<b>31</b>
<b>Figura 14. Radiación solar promedio de las muestras de cocción del maní.....</b>	<b>32</b>
<b>Figura 15. Muestra representativa de cocción de maní .....</b>	<b>33</b>
<b>Figura 16. Radiación solar promedio de las muestras de cocción del maíz blanco</b>	<b>34</b>
<b>Figura 17. Muestra representativa de cocción de maíz blanco.....</b>	<b>35</b>
<b>Figura 18. Radiación solar promedio de las muestras de cocción del trigo .....</b>	<b>36</b>
<b>Figura 19. Muestra representativa de cocción de trigo .....</b>	<b>37</b>
<b>Figura 20. Radiación solar promedio de las muestras de cocción del maíz morocho</b>	<b>38</b>
<b>.....</b>	
<b>Figura 21. Muestra representativa de cocción de maíz morocho.....</b>	<b>39</b>
<b>Figura 22. Radiación solar promedio de las muestras de cocción de la cebada.....</b>	<b>40</b>
<b>Figura 23. Muestra representativa de cocción de cebada .....</b>	<b>41</b>

## RESUMEN

En los países en desarrollo, aproximadamente el 28.8% de la población rural utiliza madera como su principal fuente de energía para cocinar. Esta práctica genera serios problemas de salud, contribuye a la deforestación y provoca contaminación atmosférica. La creciente demanda de energía, junto con el aumento de los precios de los combustibles fósiles, ha despertado un interés renovado en las energías alternativas, especialmente la solar, que se presenta como una opción prometedora para la cocina. Las cocinas solares, al ser tecnologías limpias y no depender de combustibles, ofrecen una alternativa ecológica y libre de contaminación. Existen principalmente tres tipos de cocinas solares: de tipo caja, parabólicas y colectores de tubos de vacío. Sin embargo, cada una de estas presenta limitaciones en términos de temperatura y eficiencia. Por ello, se propone la unificación de estos tres tipos para mejorar su rendimiento, aumentar la eficiencia, reducir la emisión de contaminantes y disminuir la dependencia de combustibles tradicionales. Los resultados de esta investigación destacan la evaluación del prototipo de cocina solar en varios aspectos: desempeño energético, eficiencia, capacidad de cocción y mitigación de emisiones. Los experimentos realizados durante 30 días entre los meses de Junio y Agosto en horario de 8:30 hasta 15:00, muestran que este prototipo alcanza temperaturas superiores a 150 °C e inferiores a 230 °C, con una eficiencia que varía entre el 19% y el 46%, lo cual es aceptable para la cocción de alimentos. La potencia de cocción se sitúa entre 12 y 27 Watts, evidenciando un rendimiento notable en comparación con otros estudios. En términos de mitigación de emisiones, se resalta que este prototipo puede reducir significativamente las emisiones de CO<sub>2</sub> hasta  $61 \frac{kg}{mes}$ , ofreciendo así una alternativa sostenible que beneficia tanto al medio ambiente como a la salud humana.

**Palabras Clave:** Cocina solar, energías renovables, mitigación de emisiones, Eficiencia energética, colectores de tubo al vacío.

## ABSTRACT

In developing countries, approximately 28.8% of the rural population uses wood as their main source of energy for cooking. This practice generates serious health problems, contributes to deforestation and causes air pollution. The growing demand for energy, coupled with rising fossil fuel prices, has sparked renewed interest in alternative energies, especially solar energy, which is emerging as a promising option for cooking. Solar stoves, being clean technologies and not relying on fuels, offer an environmentally friendly and pollution-free alternative. There are three main types of solar stoves: box-type, parabolic and evacuated tube collectors. However, each of these has limitations in terms of temperature and efficiency. Therefore, the unification of these three types is proposed to improve their performance, increase efficiency, reduce the emission of pollutants and reduce dependence on traditional fuels. The results of this research highlight the evaluation of the solar cooking prototype in several aspects: energy performance, efficiency, cooking capacity and emission mitigation. The experiments carried out during 30 days between June and August, from 8:30 am to 3:00 pm, show that this prototype reaches temperatures above 150 °C and below 230 °C, with an efficiency that varies between 19% and 46%, which is acceptable for cooking food. The cooking power is between 12 and 27 Watts, evidencing a remarkable performance compared to other studies. In terms of emissions mitigation, it is highlighted that this prototype can significantly reduce CO<sub>2</sub> emissions up to  $61 \frac{kg}{month}$ , thus offering a sustainable alternative that benefits both the environment and human health.

**Keywords:** Solar cooking, renewable energy, emission mitigation, energy efficiency, evacuated tube collectors.

## I. INTRODUCCIÓN

Uno de los principales sectores de consumo de energía para personas en el mundo es el de la cocina, mayormente en los países que están en vía de desarrollo, alrededor del 28.8% de la población rural. La madera está siendo utilizada como la principal fuente de energía en los hogares de recursos menores, en consecuencia, el uso de estos combustibles, se producen problemas de salud, tales como trastornos a la vista, quemaduras en la piel y enfermedades que atacan principalmente a los pulmones ocasionadas por inhalar el humo que emanan de estos combustibles al ser quemados (INEI, 2017; Janampa, 2020; Miravet et al., 2022)

En las zonas rurales cocinar es una tarea con mayor peso, aun con la innovación de nuevas tecnologías para cocinar, la población rural sigue usando los métodos tradicionales para cocinar. Estos métodos no solo son ineficientes, sino que también provocan deforestación, contaminación ambiental y afectan la salud de quienes los utilizan (El Moussaoui et al., 2020). A causa de la creciente demanda de energía, se evidencia que los combustibles fósiles no podrán satisfacer esta creciente demanda y sus precios aumentarán de manera brusca. Así pues, el creciente coste de estos combustibles, además de aportar con problemas medioambientales como la contaminación, el efecto invernadero, el calentamiento global, etc., han dado a las energías renovables un notable interés a nivel internacional durante los últimos años (He et al., 2016; Herez et al., 2018; Khatri et al., 2021).

Para dar solución a los problemas relacionados, una opción prometedora es la energía solar. Esta energía alternativa puede utilizarse eficazmente para satisfacer las necesidades de calefacción de las aplicaciones domésticas (Veera Kumar et al., 2021). Desde un punto ambiental la energía solar es gratuita y limpia, considerándose una de las energías renovables alternativa más prometedora (Hebbbar et al., 2021).

Las fuentes de energía renovables suministran alrededor del 14% de la demanda mundial de energía, que aumentará en el futuro. Según evaluaciones, la radiación solar llega a la superficie terrestre en un promedio de  $1000 \frac{W}{m^2}$ . La Agencia Internacional de la Energía (IEA) indicó que en aproximadamente 25 años la energía solar podrá suministrar aproximadamente el 45% de la demanda mundial de energía (He et al., 2016; Herez et al., 2018). Según una investigación realizada por Dawn et al. (2016), la "ciudad solar"



ahorrará la emisión de 178 toneladas de dióxido de carbono en treinta años. Esto equivale a ahorrar unas 79336 kilogramos de carbón quemado (Khatri et al., 2021).

Una de las aplicaciones más relevantes de la energía solar es la cocina solar, por lo que se puede concluir que la cocina solar tiene mayor potencial en el sector doméstico (Herez et al., 2018). Las cocinas solares se consideran una opción sencilla, viable y atractiva. Ofrecen la posibilidad de cocinar de forma gratuita y limpia, lo que resulta atractivo tanto para la vida urbana moderna como para la vida rural en los países que se están desarrollando y subdesarrollados que se enfrentan a una crisis energética. La mayoría de las cocinas solares que se utilizan actualmente son relativamente baratas en funcionamiento, ya que no utilizan combustible y no tienen un costo elevado. Múltiples organizaciones promueven el uso de las cocinas solares para reducir los costes de combustible, la contaminación atmosférica y frenar la deforestación causadas por la necesidad de obtención de leña para ser combustible en las cocinas tradicionales (Abd-Elhady et al., 2020; Arunachala & Kundapur, 2020).

Según datos obtenidos de Sistema de Información Geográfica Fotovoltaica (PVGIS) – Comisión Europea, 2016, Chachapoyas tiene una buena radiación solar, ya que la mayor parte de la ciudad recibe una radiación solar promedio de  $782.98 \frac{Wh}{m^2}$  lo que nos anima a utilizar la energía solar de la mejor manera posible en beneficio del medio ambiente y los habitantes rurales, utilizando la energía solar como combustible para cocinar. La cocina además de aprovecha la energía solar para cocinar los alimentos, es un dispositivo de emisión cero. Teniendo una mirada hacia el futuro las cocinas solares ayudarán a la reducción de la emisión de CO<sub>2</sub> hacia el medio ambiente y eliminará la exigencia de combustibles fósiles en el futuro. Con la reducción de los contaminantes en el aire se mitigará el calentamiento global (Hebbar et al., 2021a).

Actualmente, las cocinas solares más utilizadas son las Tipo caja (Cuce, 2018), cuya estructura consiste en paneles planos con reflectores piramidales en el interior y en el exterior para concentrar la radiación solar en la cámara de cocción aislada. Seguido se encuentra la cocina tipo parabólico (Indora & Kandpal, 2018), la cual consiste en reflectores que concentran y focalizan los rayos solares en el fondo del recipiente para aumentar la temperatura. Además, existe la cocina solar tipo colector de tubos de vacío (Veera Kumar et al., 2021), consta de tres componentes principales, el colector, los tubos de calor y la sección del horno. Sin embargo. el uso y el rendimiento de estas cocinas

antes mencionadas son muy limitadas debido a que las temperaturas de cocción no superan los 140 °C (Terres et al., 2015), además de tener una menor eficiencia térmica y un tiempo de cocción muy largo. Además, en los cambios de la intensidad de la irradiación o el paso de las nubes, la temperatura de calentamiento de la cocina sufre variaciones y disminuciones considerables (Hebbar et al., 2021; Lentswe et al., 2021).

Para superar las limitaciones presentadas en los párrafos anteriores, la investigación se centró en el diseño, construcción y validación de un prototipo de cocina solar cuyos componentes son: tubo al vacío y colector parabólico compuesto. Para ello se evaluó el comportamiento energético de prototipo de cocina solar según la meteorología del lugar de prueba, a partir de ello se estimó la mitigación de la emisión de CO<sub>2</sub> al comparar con cocinas que funcionan con fuentes no renovables.

## II. MATERIAL Y MÉTODOS

### 2.1 Unidad de estudio

La unidad de estudio de la investigación es una cocina solar cuyo diseño y construcción se realizó en base a lo propuesto por El Moussaoui et al. (2020); cuyas características han sido adaptadas a la condición meteorológica del estudio por ello se modificó el tipo de colector, lo cual se realizó en base a un colector cilindro parabólico compuesto con placa metálica reflectante con un área de  $2.09 \text{ m}^2$  ( $1.1 \text{ m} \times 1.9 \text{ m}$ ), la cual estuvo sobre una soporte a base de madera con longitud de  $1.80 \text{ m}$  y altura de  $1.06 \text{ m}$ . en la línea focal del colector se ubicaron 3 tubos al vacío de longitud  $1.80 \text{ m}$ , diámetro externo  $2 \frac{1}{8}$  pulgadas y diámetro interno  $1 \frac{3}{4}$  pulgadas, en cada tubo se colocaron recipientes donde se alojan los alimentos a procesar, cuyas dimensiones de los recipientes son  $1.75 \text{ m}$  de longitud y un diámetro de  $1 \frac{1}{4}$  pulgadas.



**Figura 1.** Prototipo de cocina solar

## 2.2 Localización de la unidad de estudio

El clima de Chachapoyas se caracteriza por tener una temperatura media anual de alrededor de 16 °C, cuyos periodos de precipitación establecen estaciones secas y húmedas, lo que conlleva una marcada fluctuación de la radiación solar y la presencia de nubes. El clima predominante en Chachapoyas es de tipo lluvioso, templado y muy húmedo durante todo el año. En promedio presenta temperaturas máximas de 25°C a 29°C y temperaturas mínimas de 11°C a 17°C. Los acumulados anuales de lluvias en esta zona puede variar desde los 1200 mm hasta los 3000 mm aproximadamente. (SENAMHI, 2021). Específicamente la unidad de estudio fue validada en la azotea del centro de investigación en climatología, energías renovables, tecnología ambiental y construcción sostenible (CINCERCOS) de la UNTRM con las siguientes coordenadas geográficas UTM (184099.16 E, 9310031.74 S)

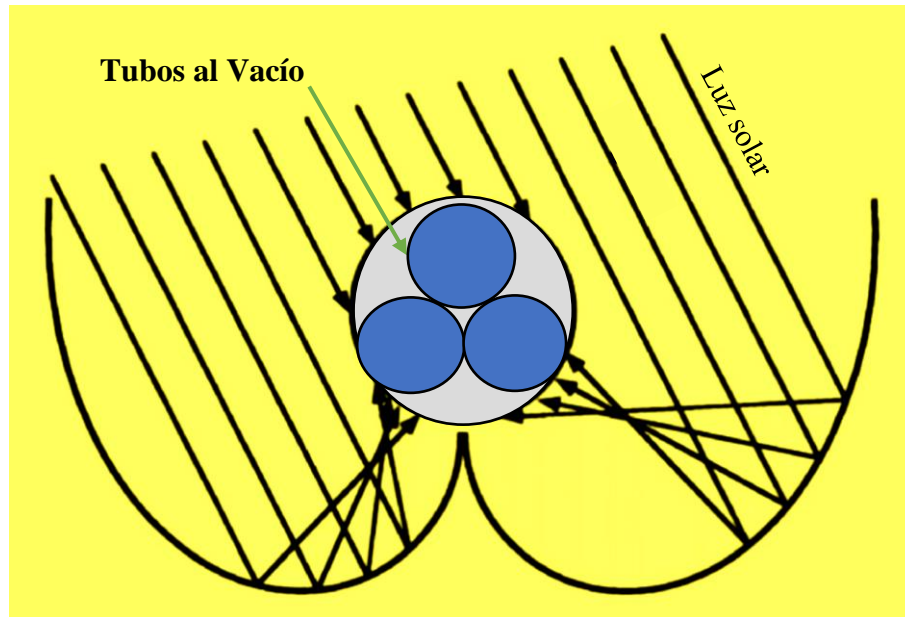


Figura 2. Mapa de localización de la unidad de estudio

## 2.3 Diseño y construcción

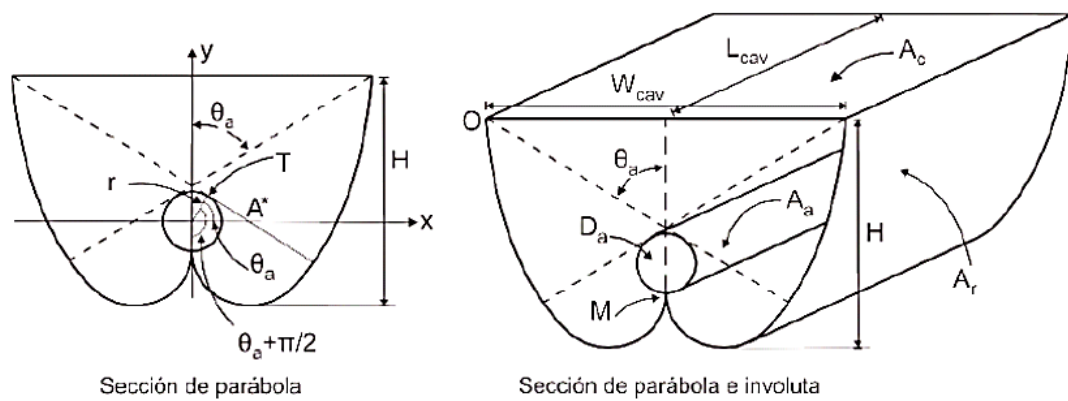
### 2.3.1 Diseño de colector parabólico

Los Colectores Parabólicos Compuestos (CPC) son un tipo de colectores de baja concentración que fusionan aspectos de los concentradores parabólicos y los sistemas planos estacionarios. Operan mediante la geometría especial de su diseño, que permite al reflector concentrar la luz solar en el tubo receptor. Esta capacidad de enfoque posibilita la captura tanto de la luz solar directa como de la difusa, maximizando la eficiencia en la conversión de energía solar en calor utilizable (Figura 3) (F. Lara et al., 2013).



**Figura 3.** Perfil del colector parabólico compuesto (CPC).

En el diseño de los Colectores Parabólicos Compuestos (CPC), se consideran factores como el factor de concentración solar, el área del reflector y el área del tubo receptor. Estos elementos se rigen por ecuaciones matemáticas, como las de una parábola, una involuta, una circunferencia, entre otras, que se describen en detalle a continuación:



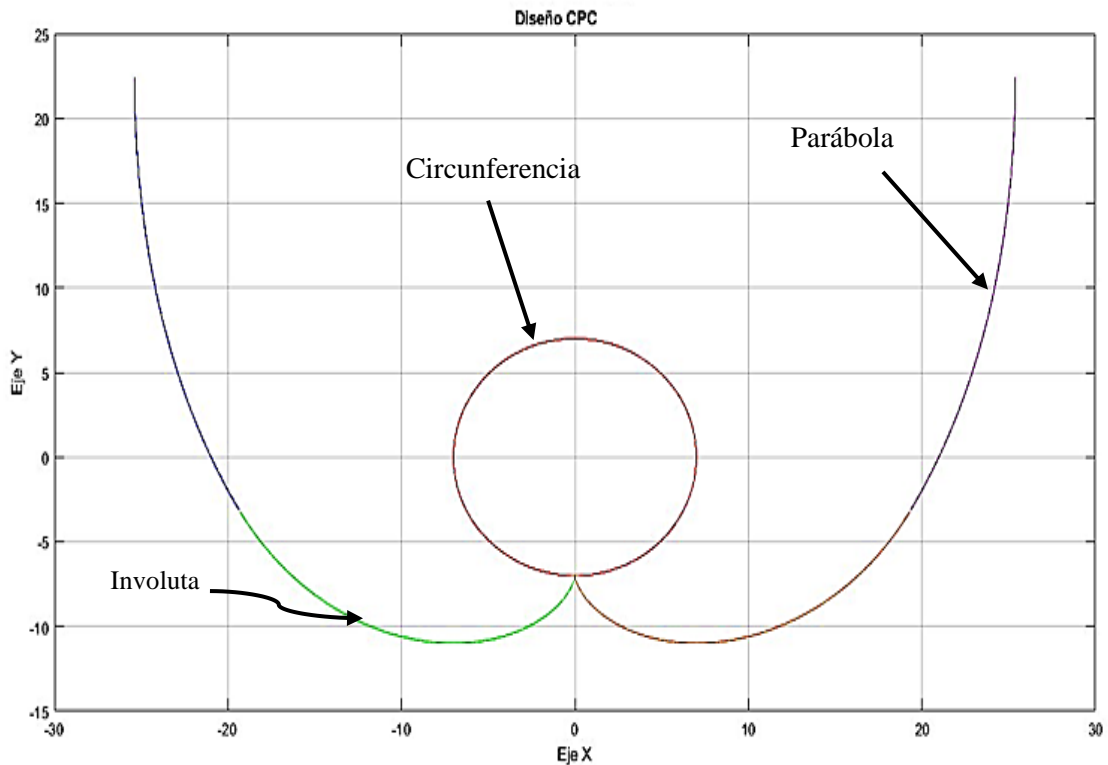
**Figura 4.** Esquema de la cavidad tipo CPC con absorbedor tubular. Fuente: (F. Lara et al., 2013)

En el presente estudio, se diseñó un colector parabólico compuesto (CPC) con un receptor de tres (3) tubos al vacío. El diámetro contando los 3 tubos al vacío es de 11.3 cm, a partir de ese dato se logró obtener un modelo matemático (Tabla 1) del CPC con las siguientes fórmulas de cada componente que se obtuvo de Lara et al. (2013) :

**Tabla 1.** Parámetros de diseño del CPC

Parámetro de diseño	Características
Parábola en el plano	$x = 5.65 \left( \text{sen } \varphi - \left( \frac{\pi + \varphi - \cos(\varphi - \pi)}{1 + \text{sen}(\varphi - \pi)} \right) \cos \varphi \right)$ $y = -5.65 \left( \left( \frac{\pi + \varphi - \cos(\varphi - \pi)}{1 + \text{sen}(\varphi - \pi)} \right) \text{sen } \varphi + \cos \varphi \right)$ <p style="text-align: center;">Donde: <math>\frac{5\pi}{6} \leq \varphi \leq \frac{7\pi}{6}</math></p>
Involuta en el plano	$x = 5.65 (\text{sen } \varphi - \varphi \cos \varphi)$ $y = -5.65 (\varphi \text{sen } \varphi + \cos \varphi)$ <p style="text-align: center;">Donde : <math>-\frac{5\pi}{6} \leq \varphi \leq \frac{5\pi}{6}</math></p>
Circunferencia	$x = r (\cos \alpha)$ $y = -r (\text{sen } \alpha)$ <p style="text-align: center;">Donde : <math>-\pi \leq \alpha \leq \pi, r = 5.65 \text{ cm}</math></p>

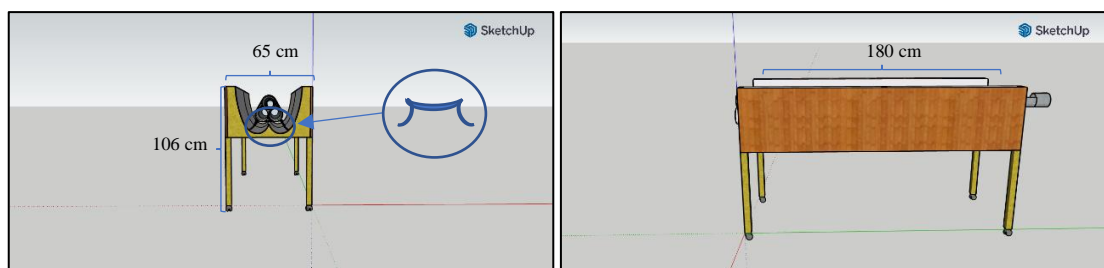
Se generó el perfil del colector en el plano (x, y) utilizando el software Matlab R2024a al introducir los códigos del modelo, lo que resultó en la representación gráfica exhibida en la Figura 5.



**Figura 5.** Perfil del CPC en el plano (x, y)

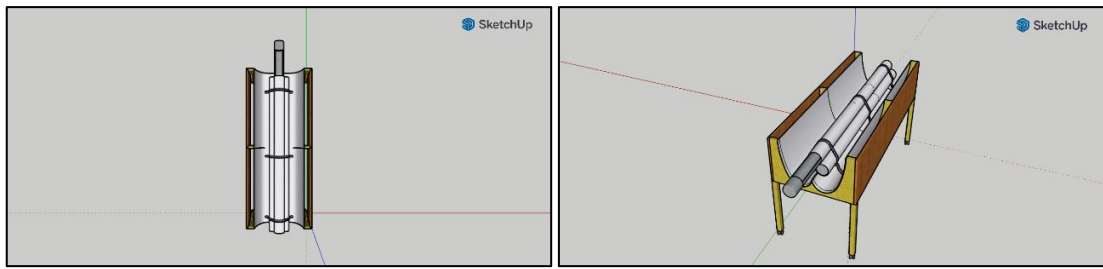
Diseño de la cocina solar:

La altura de la cocina solar es de 106 cm incluyendo las patas de madera y las llantas, el ancho es de 65 cm (A), la longitud de la caja de madera del prototipo es de 180 cm (B). Los tubos al vacío tienen una longitud de 180 cm con diámetro de 5.8 cm y espesor de 1.6 mm colocándose 2 como base y encima 1 mas (C) los cuales descansan sobre soportes de metal con 2.54 cm de ancho y 7 cm de altura. Cada tubo al vacío tiene un colector de alimentos, los cuales van dentro de estos para poder dar cocción a la comida (D). Obteniendo finalmente el diseño completo del prototipo de cocina solar (Figura 6).



(A) Vista frontal del prototipo de cocina solar

(B) Vista lateral del prototipo de cocina solar



(C) Vista de arriba del prototipo de cocina solar

(D) Vista del prototipo de cocina solar

**Figura 6.** Diseño final del prototipo de cocina solar

### 2.3.2 Construcción.

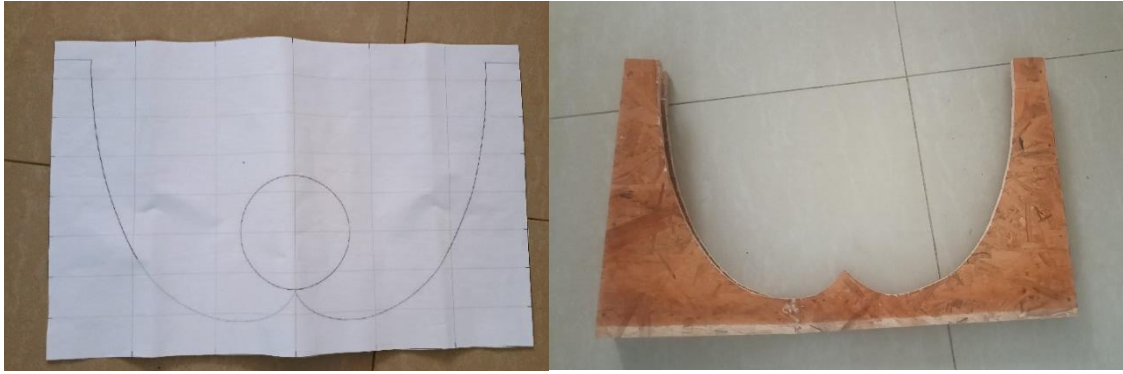
Para la construcción del CPC, se imprimió el modelo en tamaño 1:1, en hoja A1. En 3 tableros de eucalipto de 40 cm de ancho, 60 cm de largo y 2.5 cm de espesor se realizó el trazo para poder hacerle encajar con 2 tableros de triplay de 1.80 m de largo, 40 cm de ancho y 1 cm de espesor (Figura 7). Como soporte al tablero se unieron 4 patas de cedro de 4 cm x 4 cm de ancho y de espesor y 100 cm de largo (Figura 8).

Para la superficie reflectora se utilizó una plancha de acero inoxidable de 1.22 metros de ancho, 2.44 metros de largo y de 0.3 mm de espesor, fue amoldada al tamaño requerido (1.1 m x 1.9 m) posteriormente fijada al armazón con remaches de 2.54 cm, además de colocar 3 sujetadores en los extremos y al medio de la plancha para el soporte de los tubos al vacío, cuya composición son 2 abrazaderas de 0.1 metros (Figura 9).

Los tubos al vacío SUNSET modelo 58/1800 (Figura 9), se componen de dos tubos de vidrio de borosilicato extremadamente fuerte. El tubo exterior es transparente que permite a los rayos de luz para pasar a través de con un mínimo de reflexión. El tubo interior está recubierto con un recubrimiento alto contenido de borosilicato. Con dimensiones del tubo exterior 58 mm de diámetro y 1.6mm de grosor, el tubo interior cuenta con 47mm de diámetro y 1.6mm de grosor, tiene una tasa de absorción de 0.93 – 0.95, con un peso total de 2 kg y una longitud total de 1.80 metros.

Para los recipientes donde se da cocción a los alimentos se empleó tubos de acero galvanizado de 5.08 cm de diámetro y 2 metros de longitud, siendo adecuados a 3.68 cm de diámetro y 1.70 metros de longitud para que entre sin problemas dentro de los tubos al vacío (Figura 10).





**Figura 7.** Colector parabólico compuesto.



**Figura 8.** Armazón de madera del prototipo de cocina solar



**Figura 9.** Adición de la placa reflectante y de los tubos al vacío



**Figura 10.** Adecuación de los tubos galvanizados

## 2.4 Comportamiento energético

### 2.4.3 Tiempo de evaluación

La evaluación del comportamiento energético del prototipo de cocina solar se dio inicio el día 25 de junio del 2024 hasta el día de 15 de agosto del mismo año, dándose la toma de datos de lunes a viernes exceptuando los días sábados, domingos y feriados. La hora de inicio de las evaluaciones eran desde las 8:30 am hasta las 3:00 pm.

### 2.4.4 Radiación

La radiación solar fue medida cada 15 minutos en los días de evaluación, dicha información fue registrada por un piranómetro digital EKO MS-02 (Figura 11) que fue prestado de los laboratorios del Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva (INDES-CES) de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM – A).



**Figura 11.** Piranómetro Digital EKO MS-02

### 2.4.5 Temperatura

La medición de la temperatura se dio con un termómetro Digital Hazet 1991-1 (Figura 12) dando uso al coeficiente térmico 0.089 (metal) en intervalos de 15 minutos en cada día de evaluación. Para obtener datos de la temperatura ambiente, estos se solicitaron de la estación meteorológica de INDES – CES.



**Figura 12.** Termómetro infrarrojo Hazet 1991-1

#### 2.4.6 Eficiencia energética

La determinación de la eficiencia de la cocina solar viene siendo dada por la siguiente fórmula (El-Sebaï & Ibrahim, 2005)

##### Fórmula 1.

$$\eta = \frac{ma * Ce * \Delta T}{Rp * Ac * t} * 100$$

Donde:

$\eta$ : Eficiencia de la cocina solar (%)

$ma$ : Masa del alimento (kg)

$Ce$ : Calor específico del alimento ( $\frac{J}{kg.K}$ )

$\Delta T$ : Diferencia entre la máxima temperatura y la temperatura del ambiente (K)

$Rp$ : Promedio de radiación solar ( $\frac{W}{m^2}$ )

$Ac$ : Área del colector de alimento de la cocina solar ( $m^2$ )

$t$ : Tiempo necesario de cocción (s)

Usando la siguiente información del calor específico de cada alimento:

**Tabla 2.** Calor específico de los alimentos tratados.

<b>Alimento</b>	<b>Calor específico</b>
Maíz Blanco	$2270 \frac{J}{kg.K}$ (Roque Maciel et al., 2016)
Trigo	$1255 \frac{J}{kg.K}$ (Osorio et al., 2004)
Maní	$1900 \frac{J}{kg.K}$ (A. Lara, 1986)
Maíz Morocho	$1550 \frac{J}{kg.K}$ (Pineda et al., 2011)
Cebada	$1300 \frac{J}{kg.K}$ (Marquéz, 1998)

#### 2.4.7 Potencia del prototipo para la cocción

Para poder medir la potencia de cocción del prototipo se usó la siguiente ecuación (Kundapur & Sudhir, 2009):

**Fórmula 2.**

$$P = \frac{T_{max} - T_{amb}}{t} * m * C_e$$

Donde:

$P$ : Potencia de cocción (W)

$T_{max} - T_{amb}$ = Diferencia entre la temperatura máxima y la temperatura ambiente (K)

$t$ : Tiempo de cocción (s)

$m$ : Masa del alimento (kg)

$C_e$ : Calor específico del alimento ( $\frac{J}{kg.K}$ )

## 2.5 Mitigación de emisiones

Para calcular la mitigación de CO<sub>2</sub> se consideró que el sustituto inmediato a la cocina solar es una cocina encimera de inducción eléctrica S.collection SOLCO051, para fines de cálculos se considera el uso de una hornilla eléctrica de potencia de  $2.2 \frac{kW}{h}$  en un tiempo de 20 minutos para el tostado promedio de todos los alimentos probados dando un total de 0.733 kW (SOLE, 2022). Para ello se usó la siguiente Fórmula:

### Fórmula 3.

$$E = F_e * (P_{ct} - P_p) * t$$

Donde:

$E$ : Emisiones de CO<sub>2</sub> (kg CO<sub>2</sub> )

$F_e$ : Factor de emisión de CO<sub>2</sub> ( $0.4521 \frac{kg CO_2}{kWh}$ ) (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021)

$(P_{ct} - P_p)$ : Diferencia de potencia de cocción de una cocina tradicional con la del prototipo de cocina solar ( $kW$ )

$t$ : Tiempo de uso del prototipo de cocina solar (h)

### III. RESULTADOS

#### 3.1 Prototipo de cocina solar optimizado

En la Figura 13, se observa el prototipo de cocina solar completamente ensamblado en la azotea del Centro de Investigación en Climatología, Energías Renovables, Tecnología Ambiental y Construcción Sostenible (CINCERCOS) de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Para optimizar la recolección de datos, el prototipo se orientó inicialmente hacia el este para captar la radiación solar. A lo largo del día, se rotaba para obtener una mejor absorción de la energía solar.

Este prototipo mejorado cuenta con una placa reflectante que dirige la radiación solar hacia tres tubos al vacío, maximizando la generación de calor. Los tubos al vacío, contruidos con vidrio, capturan y convierten la energía solar en calor de manera eficiente y efectiva. Cada tubo alberga un recipiente para alimentos con capacidad de 250 a 500 gramos. Adicionalmente, el prototipo incorpora llantas giratorias que facilitan su traslado para conseguir la mejor exposición a la radiación solar.



**Figura 13.** Prototipo de cocina solar

### 3.2 Comportamiento energético del prototipo

#### 3.2.1 Comportamiento energético con los alimentos

##### Maní

La Figura 14 representa el comportamiento energético del prototipo de cocina solar en la cocción de maní; se observa la variación promedio de la radiación solar durante las horas de evaluación (8:30 – 15:00) de todas las muestras de cocción del Maní recolectadas. En la Figura 15 se demuestra una muestra representativa (17/07/2024) donde se dio la cocción deseada después de 135 min con una radiación promedio de 770 W/m<sup>2</sup>

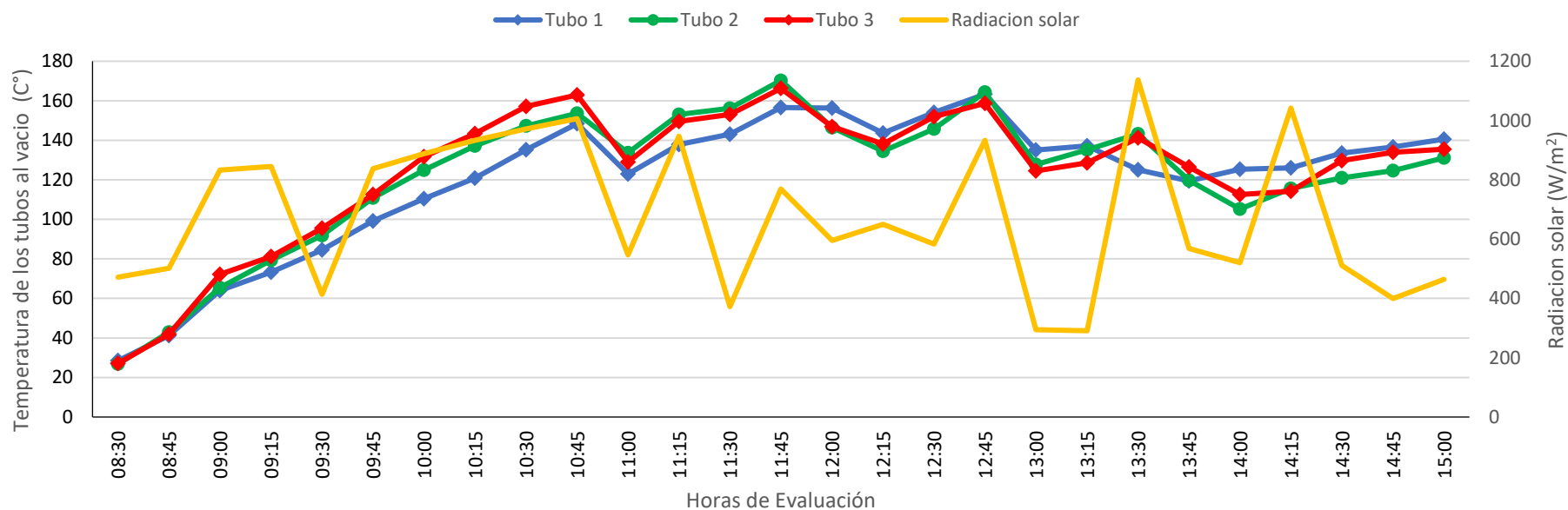
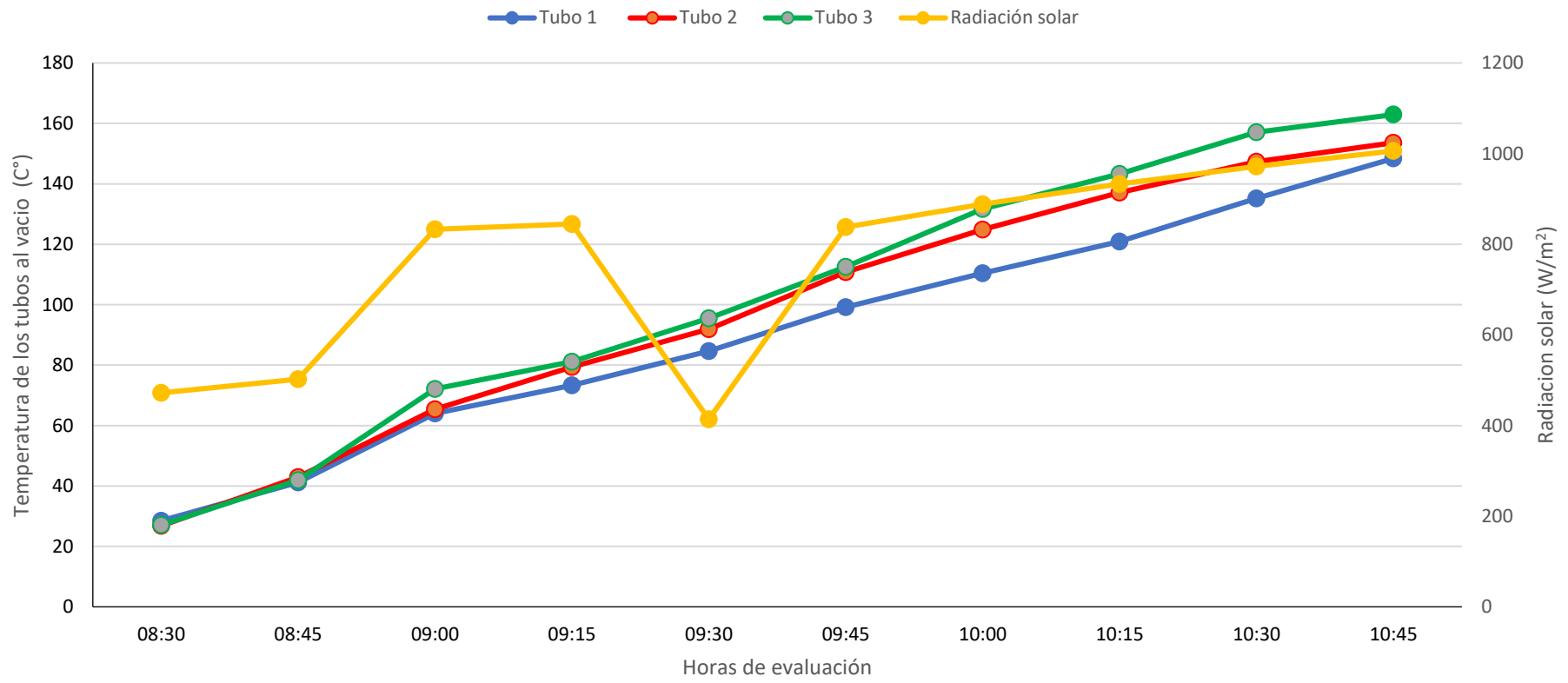


Figura 14. Radiación solar promedio de las muestras de cocción del maní

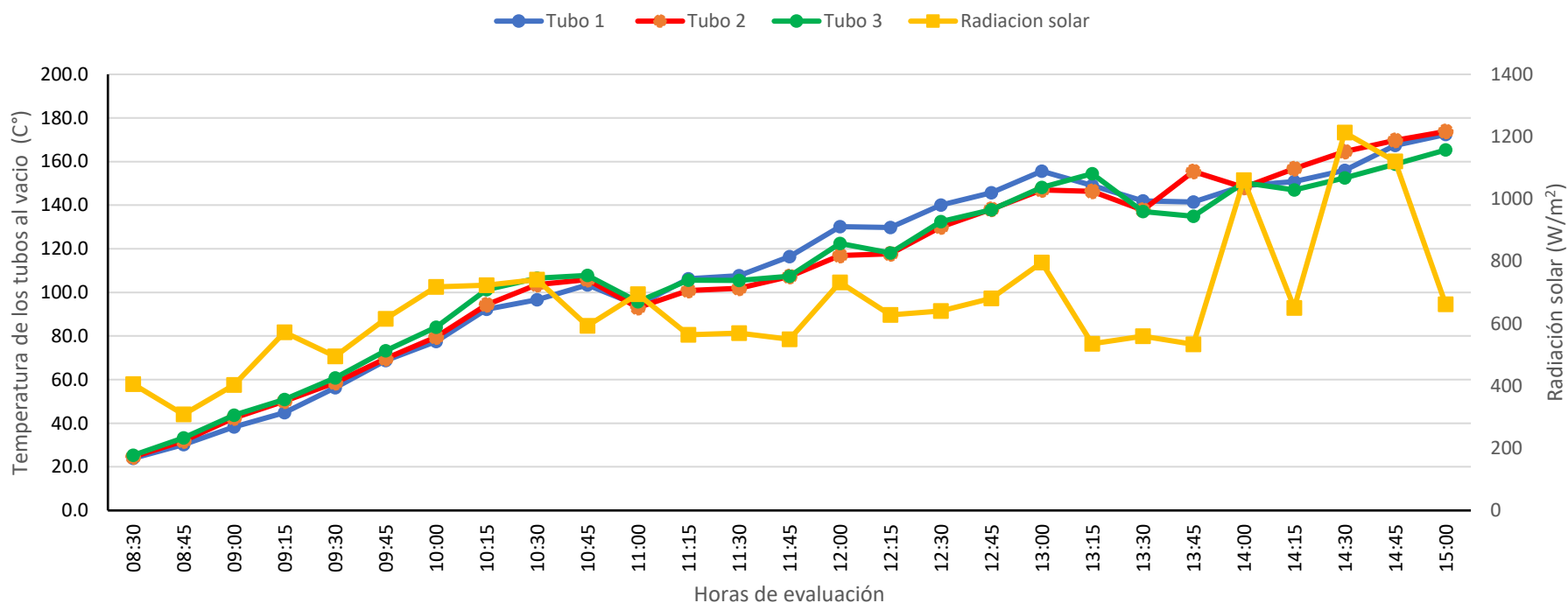




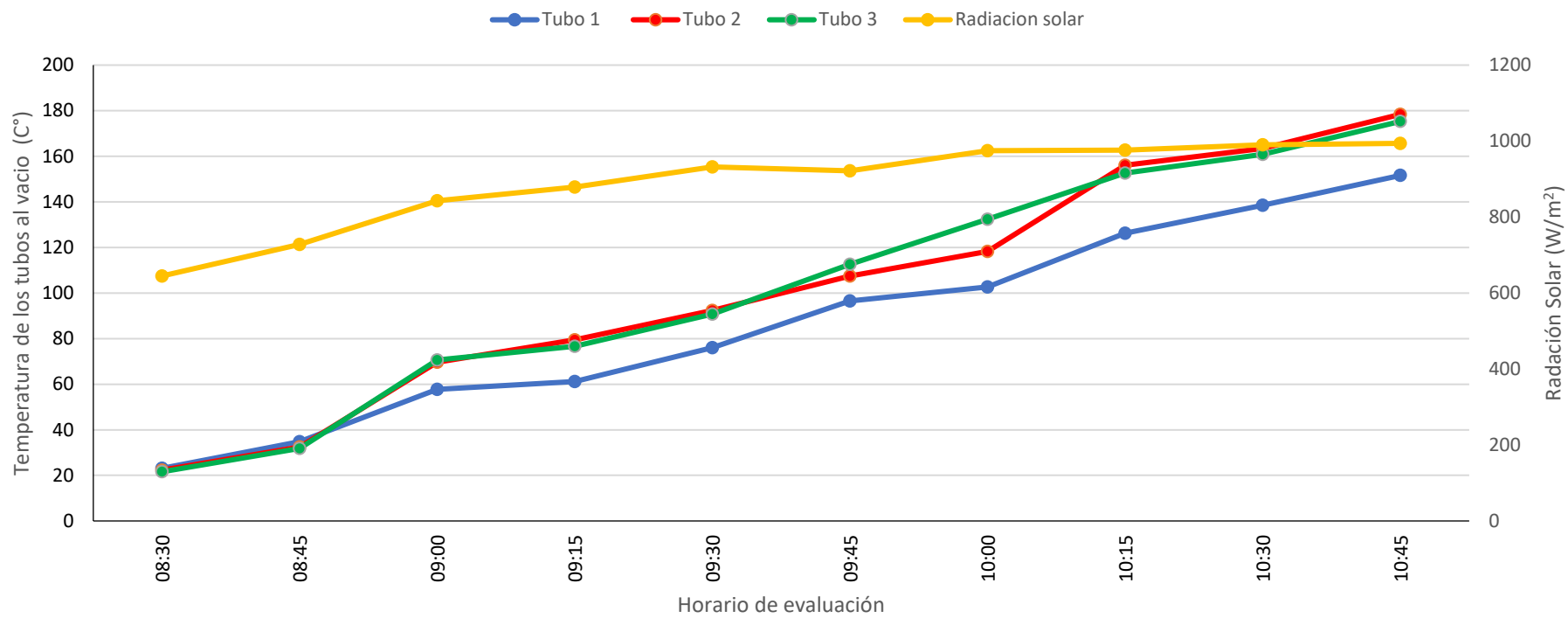
**Figura 15.** Muestra representativa de cocción de maní

## Maíz Blanco

En la Figura 16 se muestra el rendimiento del prototipo de cocina solar para maíz blanco. La Figura muestra la variación de la radiación solar media durante el periodo de evaluación (8:30-15:00) para todas las muestras de cocción de maíz blanco tomadas. La Figura 17 detalla una muestra representativa (09/08/2024), que se tras 1 hora y 45 minutos se logró la cocción deseada con una radiación media de 888 W/m<sup>2</sup>.



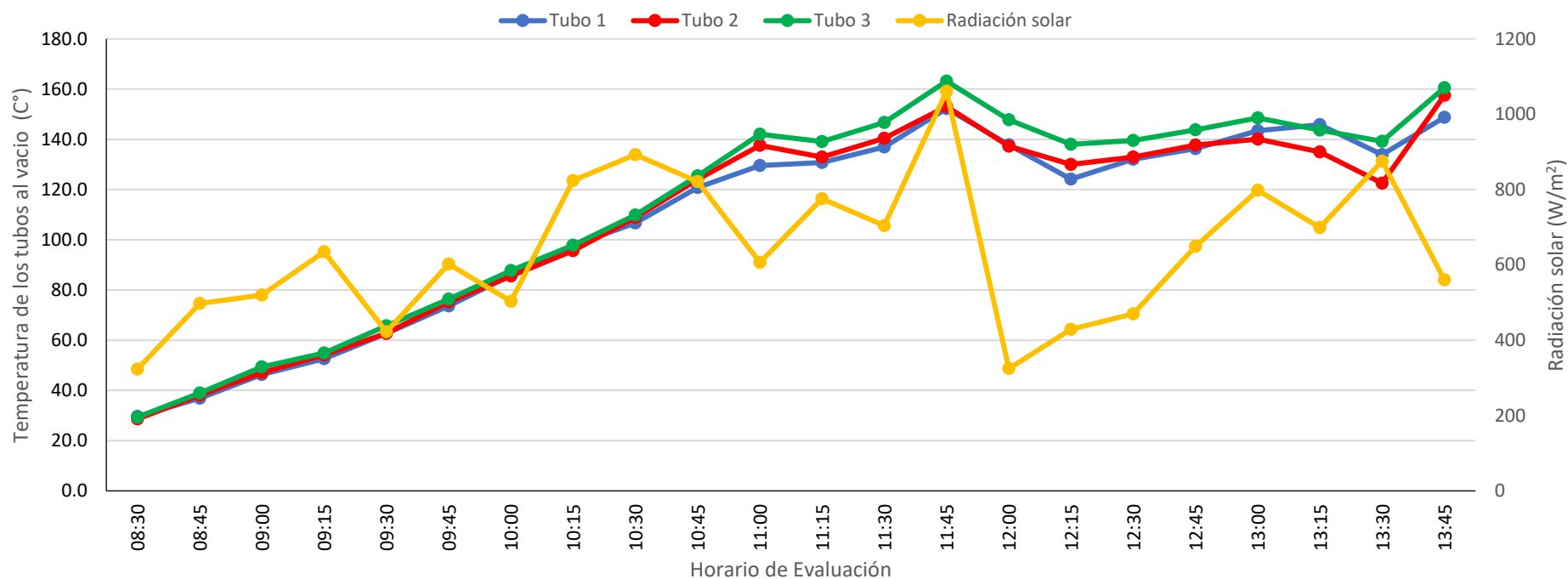
**Figura 16.** Radiación solar promedio de las muestras de cocción del maíz blanco



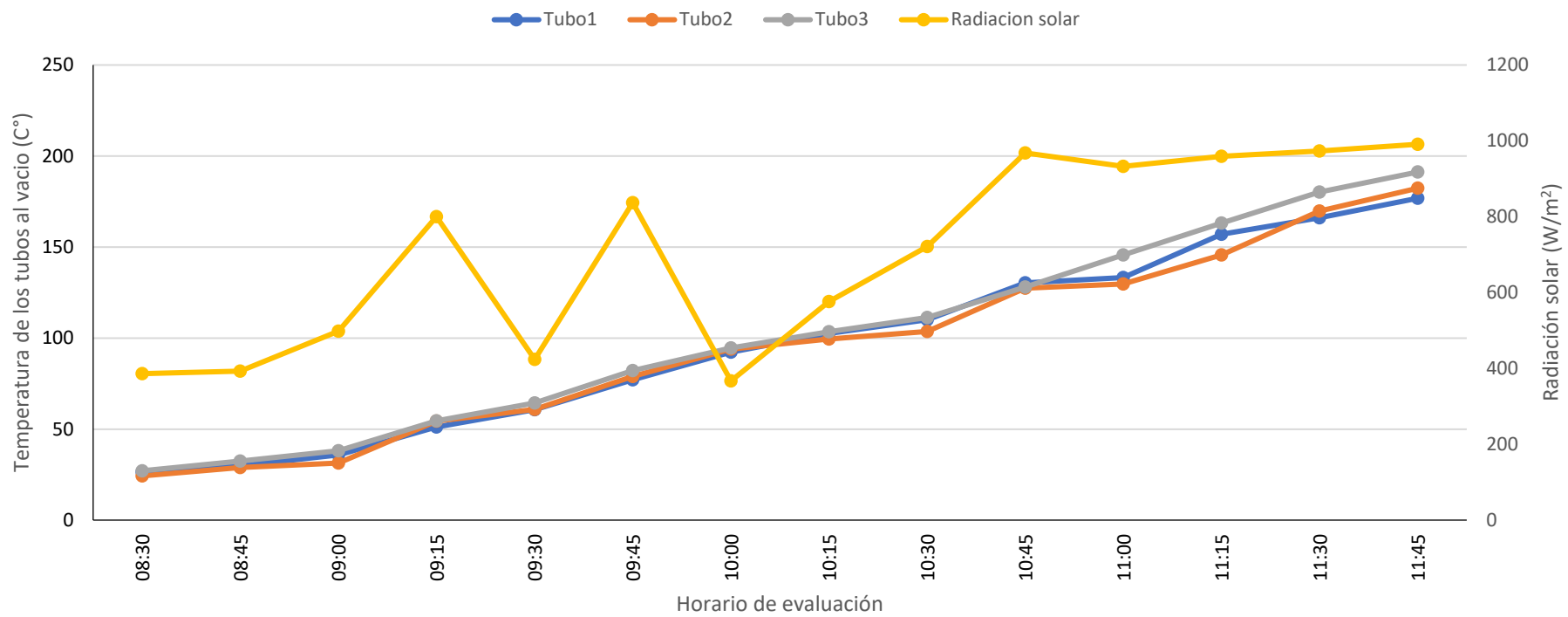
**Figura 17.** Muestra representativa de cocción de maíz blanco

## Trigo

En la Figura 18 se presenta el rendimiento del prototipo de cocina solar aplicado a la cocción de trigo. En ella se observa la variación de la radiación solar media a lo largo del periodo de evaluación (8:30-13:45) para todas las muestras de cocción de trigo recolectadas. Por su parte, la Figura 19 ilustra un caso representativo (05/07/24), en el que el trigo alcanzó el punto de cocción deseado después de 3 horas y 15 minutos, bajo una radiación solar media de 702 W/m<sup>2</sup>.



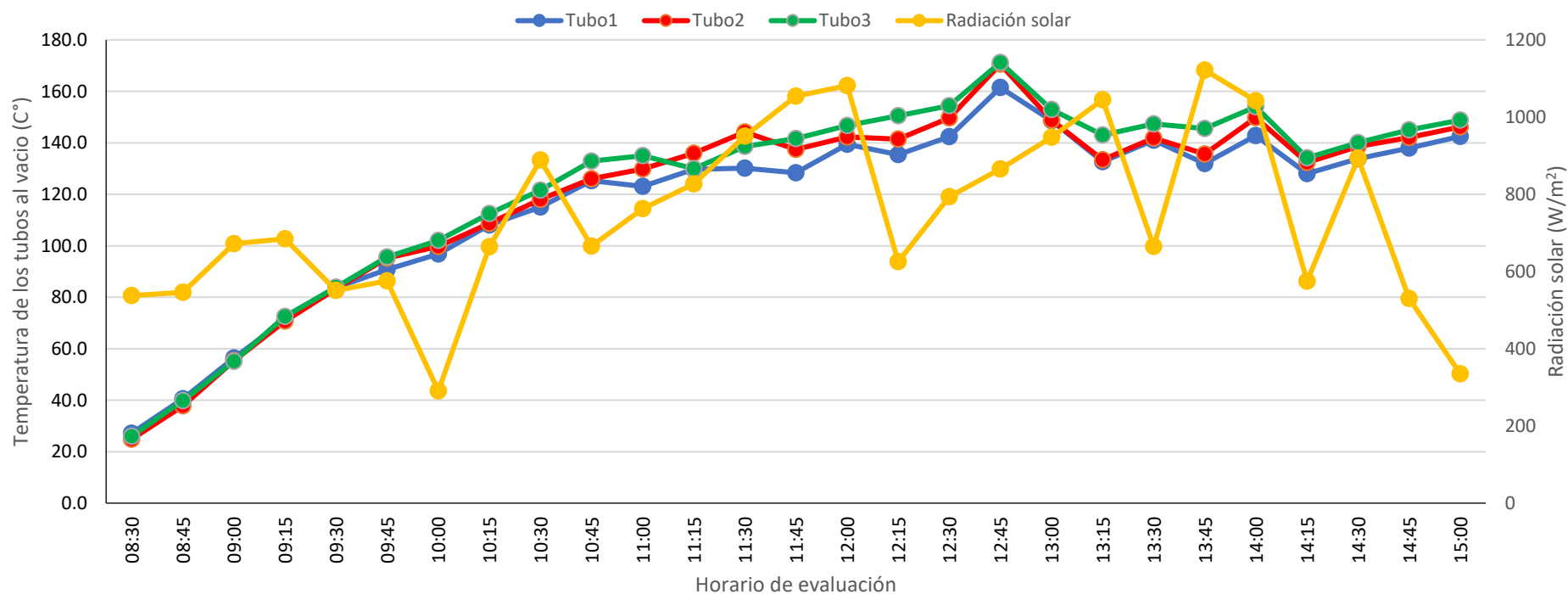
**Figura 18.** Radiación solar promedio de las muestras de cocción del trigo



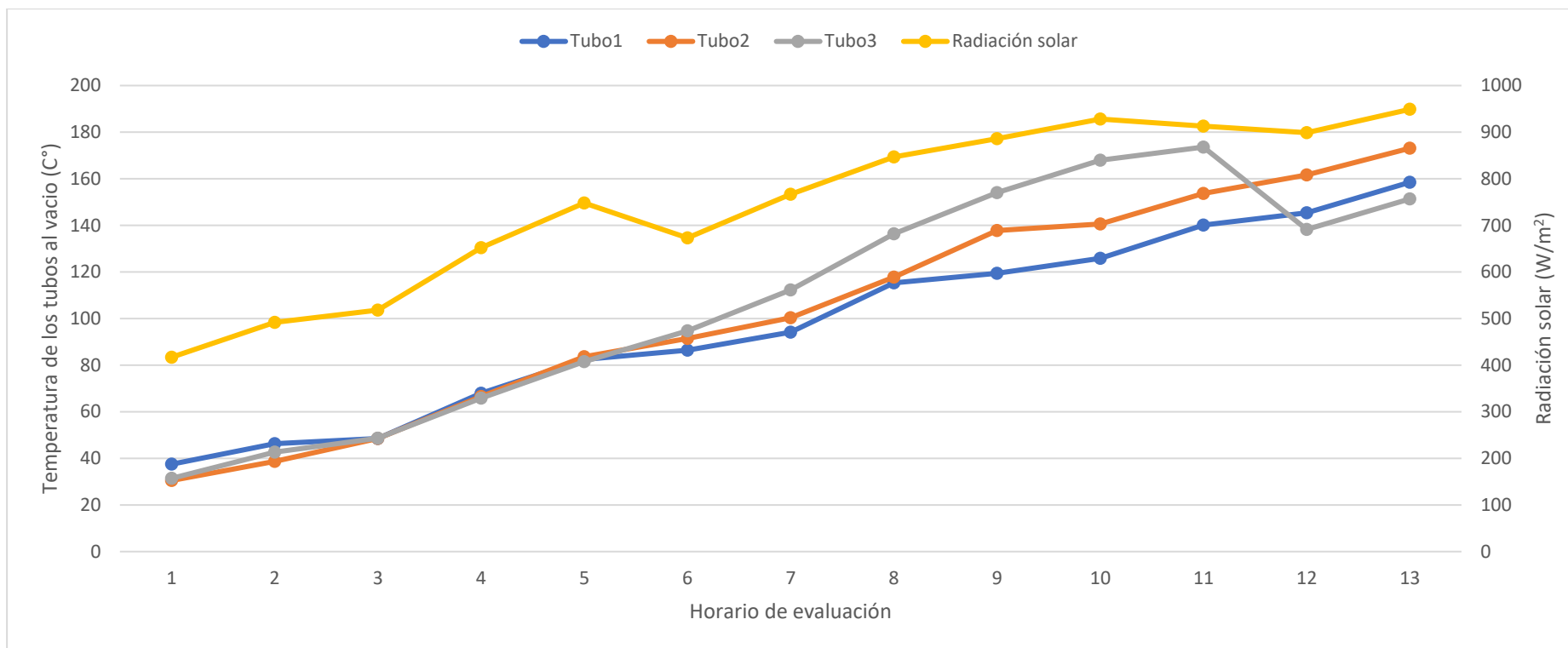
**Figura 19.** Muestra representativa de cocción de trigo

## Maíz Morocho

En la Figura 20 se presenta el rendimiento del prototipo de cocina solar aplicado a la cocción de maíz morocho. En ella se observa la variación de la radiación solar promedio a lo largo del periodo de evaluación (8:30-15:00) para todas las muestras de cocción de maíz morocho recolectadas. Por otro lado, la Figura 21 ilustra un caso representativo (04/07/24), en el que el maíz morocho alcanzó el punto de cocción deseado después de 3 horas, bajo una radiación solar media de 745 W/m<sup>2</sup>.



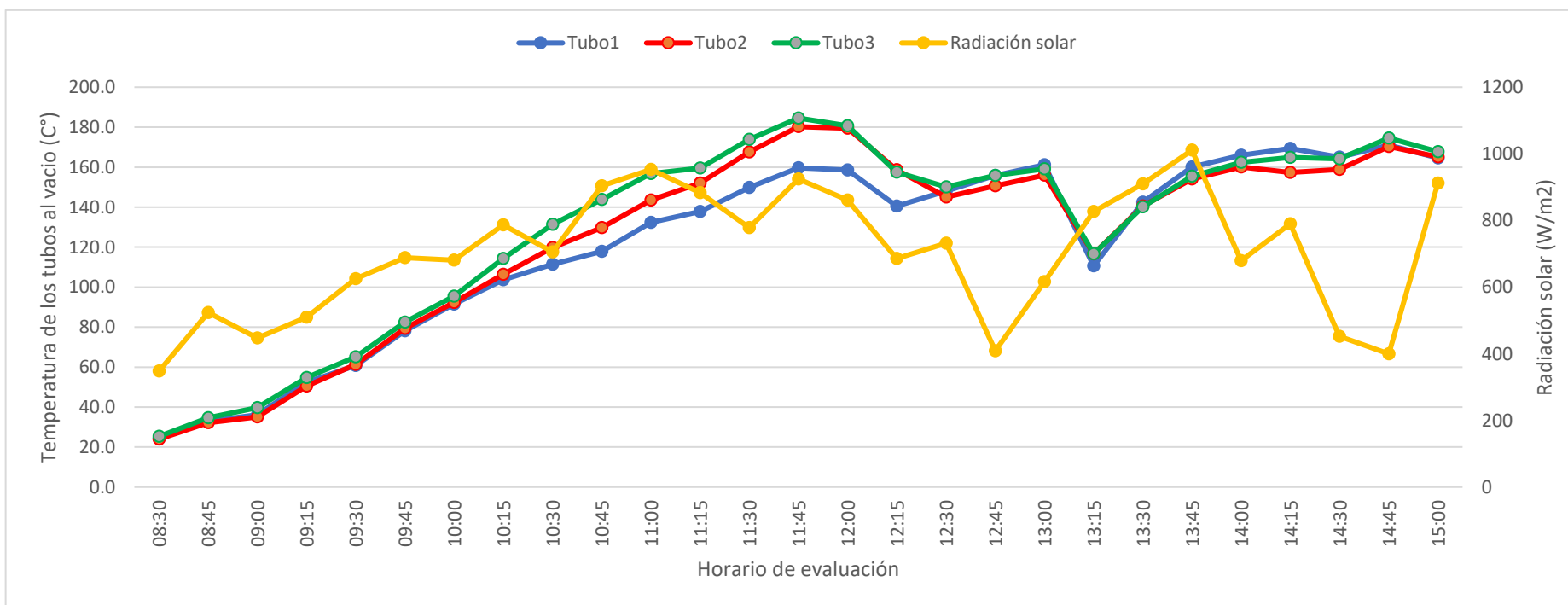
**Figura 20.** Radiación solar promedio de las muestras de cocción del maíz morocho



**Figura 21.** Muestra representativa de cocción de maíz morocho

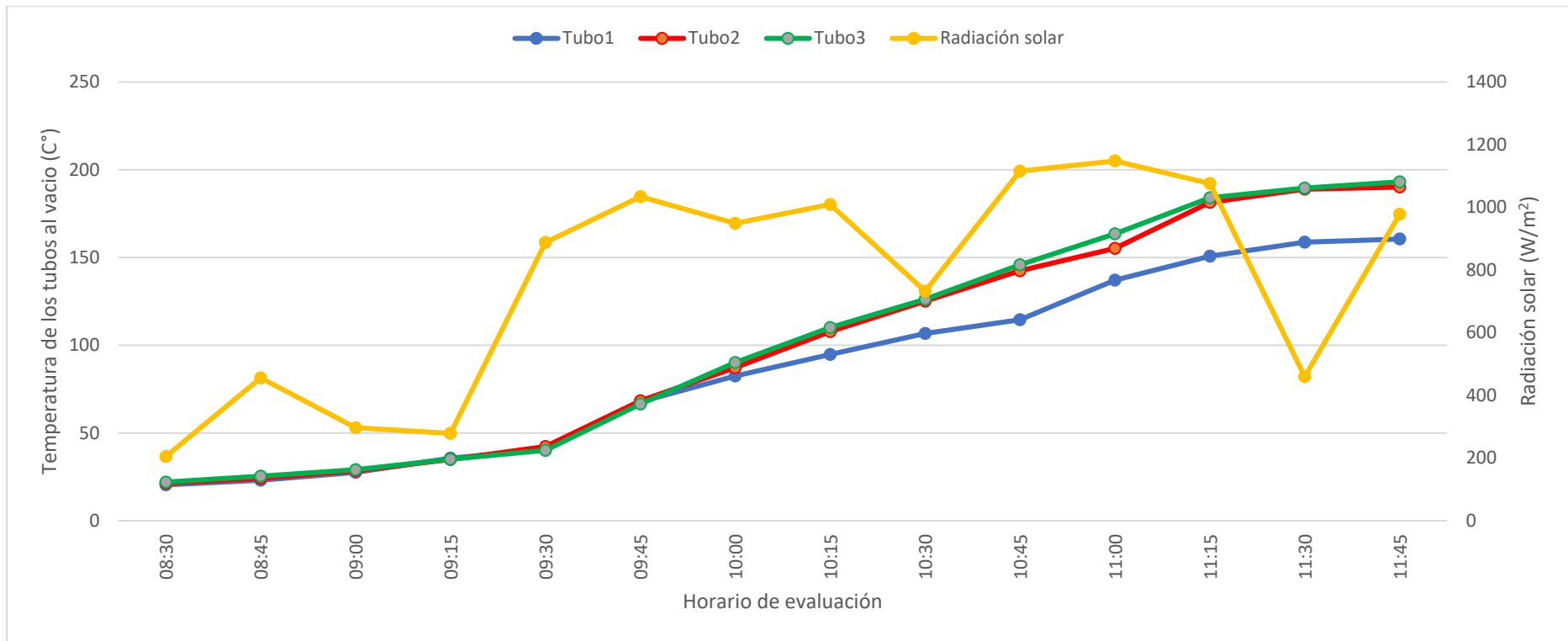
## Cebada

En la Figura 22 se presenta el rendimiento del prototipo de cocina solar aplicado a la cocción de cebada. Se observa la variación de la radiación solar promedio a lo largo del periodo de evaluación (8:30-15:00) para todas las muestras de cocción de cebada recolectadas. La Figura 23, por otro lado, ilustra un caso representativo (01/08/24), en el que la cebada alcanzó el punto de cocción óptimo después de 3 horas y 15 minutos, con una radiación solar promedio de 939 W/m<sup>2</sup>.



**Figura 22.** Radiación solar promedio de las muestras de cocción de la cebada





**Figura 23.** Muestra representativa de cocción de cebada

### 3.2.2 Eficiencia Energética

#### Maní

La eficiencia promedio del prototipo de cocina solar en cocción del maní es de 46%, demostrándose en la Tabla 3 reemplazando los valores obtenidos en la fórmula 1.

**Tabla 3.** Eficiencia promedio en la cocción de maní

N°	<i>ma</i>	<i>Ce</i>	$\Delta T$ (K)			<i>Rp</i>	<i>Ac</i>	<i>t</i>	Eficiencia (%)		
			Tubo 1	Tubo 2	Tubo 3				Tubo 1	Tubo 2	Tubo 3
1	0.324	1900	391.5	371.3	386.7	419	0.0817	4500	52.2	49.5	51.5
2	0.446	1900	417.0	423.6	409.5	751	0.0817	2700	71.1	72.2	69.8
3	0.437	1900	405.0	410.2	419.5	770	0.0817	8100	22.0	22.3	22.8
4	0.428	1900	410.2	423.1	432.5	885	0.0817	6300	24.4	25.2	25.7
5	0.272	1900	419.5	414.2	416.6	527	0.0817	2700	62.2	61.4	61.8
6	0.369	1900	427.3	438.3	434.2	742	0.0817	3600	45.8	46.9	46.5
7	0.406	1900	419.0	400.9	396.6	455	0.0817	7500	38.7	37.0	36.6
8	0.45	1900	408.9	400.3	399.8	502	0.0817	7200	39.5	38.6	38.6
9	0.378	1900	416.1	431.9	432.1	1139	0.0817	1800	59.5	61.7	61.8
10	0.41	1900	396.9	411.8	412.9	1026	0.0817	2700	45.6	47.3	47.4
<b>Promedio</b>									<b>46.1</b>	<b>46.2</b>	<b>46.3</b>

#### Maíz blanco

La eficiencia promedio del prototipo de cocina solar en cocción del maíz blanco es de 35%, demostrándose en la Tabla 4 reemplazando los valores obtenidos en la fórmula 1.

**Tabla 4.** Eficiencia promedio en la cocción del maíz blanco

N°	<i>ma</i>	<i>Ce</i>	$\Delta T$ (K)			<i>Rp</i>	<i>Ac</i>	<i>t</i>	Eficiencia (%)		
			Tubo 1	Tubo 2	Tubo 3				Tubo 1	Tubo 2	Tubo 3
1	0.752	2270	388.9	419.3	402.8	740	0.0817	9900	37.0	39.9	38.3
2	0.676	2270	410.5	398.1	392.4	368	0.0817	20700	33.7	32.7	32.3
3	0.724	2270	432.2	420.0	437.5	589	0.0817	17100	28.8	28.0	29.1
4	0.539	2270	421.1	405.0	403.3	338	0.0817	18000	34.6	33.2	33.1
5	0.471	2270	417.1	418.0	432.2	683	0.0817	9900	26.9	27.0	27.9
6	0.373	2270	433.5	439.2	451.0	1017	0.0817	3600	40.9	41.5	42.6
7	0.438	2270	425.8	427.2	421.1	1010	0.0817	4500	38.0	38.1	37.6
8	0.452	2270	410.2	431.0	443.6	863	0.0817	8100	24.6	25.8	26.6
9	0.377	2270	406.5	433.3	430.2	888	0.0817	6300	25.4	27.1	26.9
10	0.345	2270	418.3	420.6	426.3	427	0.0817	5400	58.0	58.3	59.1
<b>Promedio</b>									<b>34.8</b>	<b>35.2</b>	<b>35.3</b>

#### Trigo

La eficiencia promedio del prototipo de cocina solar en cocción del trigo es de 23%, demostrándose en la Tabla 5, reemplazando los valores obtenidos en la fórmula 1.

**Tabla 5.** Eficiencia promedio en la cocción del trigo

N°	<i>ma</i>	<i>Ce</i>	$\Delta T$ (K)			<i>Rp</i>	<i>Ac</i>	<i>t</i>	Eficiencia (%)		
			Tubo 1	Tubo 2	Tubo 3				Tubo 1	Tubo 2	Tubo 3
1	0.385	1255	381.3	354.4	378.6	458	0.0817	7200	22.8	21.2	22.6
2	0.703	1255	430.0	408.5	436.8	653	0.0817	9900	23.9	22.8	24.3
3	0.487	1255	430.4	435.9	444.8	702	0.0817	9900	15.4	15.6	16.0
4	0.453	1255	419.9	415.9	422.2	522	0.0817	10800	17.3	17.1	17.4
5	0.292	1255	423.5	423.2	440.5	581	0.0817	2700	40.4	40.3	42.0
6	0.373	1255	434.4	430.5	436.8	682	0.0817	4500	27.0	26.8	27.2
7	0.341	1255	413.1	436.6	452.7	1013	0.0817	2700	26.4	27.9	28.9
8	0.49	1255	380.6	423.3	421.7	825	0.0817	9000	12.9	14.3	14.3
9	0.387	1255	401.4	400.2	402.2	513	0.0817	6300	24.6	24.5	24.7
10	0.382	1255	402.7	411.5	414.6	571	0.0817	7200	19.2	19.6	19.7
<b>Promedio</b>									<b>23.0</b>	<b>23.0</b>	<b>23.7</b>

### Maíz morocho

La eficiencia promedio del prototipo de cocina solar en cocción del maíz morocho es de 22%, demostrándose en la Tabla 6, reemplazando los valores obtenidos en la fórmula 1.

**Tabla 6.** Eficiencia promedio en la cocción del maíz morocho

N°	<i>ma</i>	<i>Ce</i>	$\Delta T$ (K)			<i>Rp</i>	<i>Ac</i>	<i>t</i>	Eficiencia (%)		
			Tubo 1	Tubo 2	Tubo 3				Tubo 1	Tubo 2	Tubo 3
1	0.758	1550	434.0	437.3	428.7	793	0.0817	12600	20.8	21.0	20.6
2	0.578	1550	412.3	426.9	427.4	745	0.0817	10800	18.7	19.4	19.4
3	0.484	1550	399.9	420.2	432.1	980	0.0817	5400	23.1	24.3	25.0
4	0.37	1550	400.7	400.6	423.2	912	0.0817	2700	38.1	38.1	40.2
5	0.498	1550	403.6	406.9	408.3	721	0.0817	8100	21.8	21.9	22.0
6	0.362	1550	422.9	420.1	417.3	686	0.0817	5400	26.1	26.0	25.8
7	0.42	1550	394.5	398.2	400.9	806	0.0817	9000	14.4	14.6	14.7
8	0.481	1550	388.6	418.9	408.4	676	0.0817	11700	14.9	16.1	15.7
9	0.456	1550	398.2	396.3	405.6	522	0.0817	12600	17.5	17.4	17.8
10	0.361	1550	418.2	426.0	432.9	1077	0.0817	3600	24.6	25.1	25.5
<b>Promedio</b>									<b>22.0</b>	<b>22.4</b>	<b>22.7</b>

## Cebada

La eficiencia promedio del prototipo de cocina solar en cocción del maíz morocho es de 19%, demostrándose en la Tabla 6, reemplazando los valores obtenidos en la fórmula 1.

**Tabla 7.** Eficiencia promedio en la cocción de la cebada

N°	<i>ma</i>	<i>Ce</i>	$\Delta T$ (K)			<i>Rp</i>	<i>Ac</i>	<i>t</i>	Eficiencia (%)		
			Tubo 1	Tubo 2	Tubo 3				Tubo 1	Tubo 2	Tubo 3
1	0.583	1300	447.5	450.4	455.4	637	0.0817	14400	15.1	15.2	15.4
2	0.364	1300	437.6	432.3	439.5	795	0.0817	5400	19.7	19.4	19.8
3	0.458	1300	422.6	412.7	421.6	614	0.0817	8100	20.6	20.2	20.6
4	0.56	1300	442.3	439.3	449.6	744	0.0817	11700	15.1	15.0	15.3
5	0.357	1300	440.2	426.4	445.1	855	0.0817	2700	36.1	35.0	36.5
6	0.491	1300	419.7	439.3	444.1	617	0.0817	11700	15.1	15.9	16.0
7	0.344	1300	422.7	450.2	446.2	1003	0.0817	2700	28.5	30.3	30.1
8	0.361	1300	421.0	420.8	422.3	608	0.0817	8100	16.4	16.4	16.4
9	0.396	1300	415.3	444.9	447.9	939	0.0817	8100	11.5	12.3	12.4
10	0.244	1300	423.1	459.1	448.4	1025	0.0817	3600	14.8	16.1	15.7
<b>Promedio</b>									<b>19.3</b>	<b>19.6</b>	<b>19.8</b>

### 3.2.3 Potencia de cocción

Se definió la potencia de cocción con los datos recolectados en las muestras tomadas y reemplazando la diferencia de temperaturas, el tiempo de cocción, la masa total de alimento y el calor específico en la Fórmula 2 dando como resultado las siguientes tablas:

**Tabla 8.** Potencia de cocción para maní

N°	$\Delta T$ (K)			<i>t</i>	<i>ma</i>	<i>Ce</i>	Potencia (W)		
	Tubo 1	Tubo 2	Tubo 3				Tubo 1	Tubo 2	Tubo 3
1	391.45	371.25	386.65	4500	0.324	1900	17.85	16.93	17.63
2	416.95	423.55	409.45	2700	0.446	1900	43.62	44.31	42.84
3	404.95	410.15	419.45	8100	0.437	1900	13.84	14.01	14.33
4	410.15	423.05	432.45	6300	0.428	1900	17.65	18.20	18.61
5	419.45	414.15	416.55	2700	0.272	1900	26.76	26.42	26.58
6	427.25	438.25	434.15	3600	0.369	1900	27.74	28.45	28.18
7	418.95	400.85	396.55	7500	0.406	1900	14.36	13.74	13.60
8	408.85	400.25	399.75	7200	0.45	1900	16.18	15.84	15.82
9	416.05	431.85	432.05	1800	0.378	1900	55.33	57.44	57.46
10	396.85	411.75	412.85	2700	0.41	1900	38.17	39.60	39.70
<b>Promedio</b>							<b>27.15</b>	<b>27.50</b>	<b>27.48</b>

**Tabla 9.** Potencia de cocción para maíz blanco

N°	$\Delta T$ (K)			$t$	$ma$	$Ce$	Potencia (W)		
	Tubo 1	Tubo 2	Tubo 3				Tubo 1	Tubo 2	Tubo 3
1	388.9	419.3	402.8	9900	0.752	2270	22.35	24.10	23.15
2	410.5	398.1	392.4	20700	0.676	2270	10.14	9.84	9.70
3	432.2	420.0	437.5	17100	0.724	2270	13.84	13.45	14.01
4	421.1	405.0	403.3	18000	0.539	2270	9.54	9.18	9.14
5	417.1	418.0	432.2	9900	0.471	2270	15.01	15.05	15.56
6	433.5	439.2	451.0	3600	0.373	2270	33.98	34.43	35.35
7	425.8	427.2	421.1	4500	0.438	2270	31.36	31.46	31.01
8	410.2	431.0	443.6	8100	0.452	2270	17.32	18.20	18.73
9	406.5	433.3	430.2	6300	0.377	2270	18.40	19.62	19.48
10	418.3	420.6	426.3	5400	0.345	2270	20.22	20.33	20.61
<b>Promedio</b>							<b>19.22</b>	<b>19.56</b>	<b>19.67</b>

**Tabla 10.** Potencia de cocción para trigo

N°	$\Delta T$ (K)			$t$	$ma$	$Ce$	Potencia (W)		
	Tubo 1	Tubo 2	Tubo 3				Tubo 1	Tubo 2	Tubo 3
1	381.3	354.4	378.6	7200	0.385	1255	8.53	7.93	8.47
2	430.0	408.5	436.8	9900	0.703	1255	12.77	12.13	12.97
3	430.4	435.9	444.8	9900	0.487	1255	8.86	8.97	9.15
4	419.9	415.9	422.2	10800	0.453	1255	7.37	7.30	7.41
5	423.5	423.2	440.5	2700	0.292	1255	19.16	19.14	19.93
6	434.4	430.5	436.8	4500	0.373	1255	15.06	14.93	15.14
7	413.1	436.6	452.7	2700	0.341	1255	21.82	23.06	23.92
8	380.6	423.3	421.7	9000	0.49	1255	8.67	9.64	9.60
9	401.4	400.2	402.2	6300	0.387	1255	10.31	10.28	10.33
10	402.7	411.5	414.6	7200	0.382	1255	8.94	9.13	9.20
<b>Promedio</b>							<b>12.15</b>	<b>12.25</b>	<b>12.61</b>

**Tabla 11.** Potencia de cocción para maíz morocho

N°	$\Delta T$ (K)			$t$	$ma$	$Ce$	Potencia (W)		
	Tubo 1	Tubo 2	Tubo 3				Tubo 1	Tubo 2	Tubo 3
1	434.0	437.3	428.7	12600	0.758	1550	13.49	13.59	13.32
2	412.3	426.9	427.4	10800	0.578	1550	11.40	11.80	11.82
3	399.9	420.2	432.1	5400	0.484	1550	18.52	19.46	20.01
4	400.7	400.6	423.2	2700	0.37	1550	28.37	28.36	29.96
5	403.6	406.9	408.3	8100	0.498	1550	12.82	12.92	12.97
6	422.9	420.1	417.3	5400	0.362	1550	14.65	14.55	14.45
7	394.5	398.2	400.9	9000	0.42	1550	9.51	9.60	9.66
8	388.6	418.9	408.4	11700	0.481	1550	8.25	8.90	8.67
9	398.2	396.3	405.6	12600	0.456	1550	7.44	7.41	7.58
10	418.2	426.0	432.9	3600	0.361	1550	21.66	22.07	22.43
<b>Promedio</b>							<b>14.61</b>	<b>14.87</b>	<b>15.09</b>

**Tabla 12.** Potencia de cocción para cebada

N°	$\Delta T$ (K)			$t$	$ma$	$Ce$	Potencia (W)		
	Tubo 1	Tubo 2	Tubo 3				Tubo 1	Tubo 2	Tubo 3
1	447.5	450.4	455.4	14400	0.583	1300	7.85	7.90	7.99
2	437.6	432.3	439.5	5400	0.364	1300	12.78	12.63	12.84
3	422.6	412.7	421.6	8100	0.458	1300	10.35	10.11	10.33
4	442.3	439.3	449.6	11700	0.56	1300	9.17	9.11	9.32
5	440.2	426.4	445.1	2700	0.357	1300	25.22	24.43	25.50
6	419.7	439.3	444.1	11700	0.491	1300	7.63	7.99	8.08
7	422.7	450.2	446.2	2700	0.344	1300	23.33	24.85	24.63
8	421.0	420.8	422.3	8100	0.361	1300	8.13	8.13	8.15
9	415.3	444.9	447.9	8100	0.396	1300	8.80	9.42	9.49
10	423.1	459.1	448.4	3600	0.244	1300	12.43	13.48	13.17
<b>Promedio</b>							<b>12.57</b>	<b>12.80</b>	<b>12.95</b>

### 3.3 Mitigación de emisiones

La mitigación de emisiones de CO<sub>2</sub> se calculó con la fórmula 3, reemplazando los datos obtenidos de potencia de cocción dando como resultado los kilogramos de CO<sub>2</sub> ahorrados en 1 día, 1 mes y 1 año presentados en la tabla 10

**Tabla 13.** Emisiones de CO<sub>2</sub> ahorrados en 1 día, 1 mes y 1 año en kg

Alimento	$F_e$	$(P_{ct} - P_p)$	$t$	Emisiones de CO <sub>2</sub> Mitigados (kg)		
				1 día	1 mes	1 año
Maní	0.4521	0.651	6.5	1.913	57.381	698.138
Maíz blanco	0.4521	0.675	6.5	1.982	59.468	723.523
Trigo	0.4521	0.696	6.5	2.045	61.358	746.521
Maíz morocho	0.4521	0.688	6.5	2.023	60.692	738.421
Cebada	0.4521	0.695	6.5	2.041	61.242	745.115

#### IV. DISCUSIÓN

El prototipo de cocina solar fue evaluado en función de su desempeño energético, eficiencia, capacidad de cocción y reducción de emisiones. Esto es especialmente relevante dado que las cocinas tradicionales tienen efectos negativos tanto para la salud como para el medio ambiente. En contraste, la cocina solar, al ser una tecnología limpia que no utiliza combustibles, representa una alternativa ecológica y libre de contaminación. Esta opción es particularmente valiosa para los 2.300 millones de personas que dependen de combustibles contaminantes, como la leña y el carbón, y que buscan soluciones a la escasez de energía. Sin embargo, una de las limitaciones de las cocinas solares es que su funcionamiento depende de la disponibilidad de luz solar, que generalmente se presenta durante aproximadamente 12 horas al día. (Aramesh et al., 2019; Bigelow et al., 2024)

En el análisis realizado por Farooqui (2013), se resalta un sistema que combina tubos al vacío y tiras de espejo instaladas en ángulos precisos los cuales calientan un fluido de transferencia de calor en un cámara interna. Además, incorporó un motor de corriente continua de baja potencia que sigue el movimiento del sol mediante un mecanismo de piñón y cremallera, mejorando la automatización del sistema y asegurando una captación solar óptima durante todo el día. Hebbar et al. (2021), también utilizaron tubos de vacío para reducir la pérdida de calor en sistemas solares térmicos. Su investigación destaca la importancia de los fluidos térmicos para la transferencia de energía y la selección adecuada de estos para el rendimiento del sistema. Además, el uso de materiales de cambio de fase (PCM) permite retener calor y cocinar incluso sin luz solar. Siendo la diferencia, de los estudios mencionados con el prototipo evaluado, el uso de materiales de cambio de fase se obtuvieron resultados óptimos.

En estudios realizados por Khatri et al. (2021), que buscando mejorar del rendimiento térmico en una cocina solar tipo caja, registró una temperatura máxima alcanzada fue de 131 °C y la radiación solar promedio de  $770 \frac{W}{m^2}$ . Por otro lado con estudios de Esen (2004) que registro el rendimiento térmico de un colector de tubos de vacío integrado con tubos de calor que contenían diferentes refrigerantes, obtuvo datos de que entre las 11:00 am y las 2:30 pm, la temperatura del aceite alcanzó los 175 °C siendo el intervalo de radiación de 450 a  $1100 \frac{W}{m^2}$ . Mientras que la investigación de este artículo demostró que el prototipo de cocina solar usando tubos al vacío y un colector cilindro parabólico



compuesto con placa metálica reflectante, con intervalos de radiación de  $300 \frac{W}{m^2}$  a  $1250 \frac{W}{m^2}$ , logró obtener temperaturas superiores a  $150^\circ C$  e inferiores a  $230^\circ C$  durante las 8:30 am hasta las 3:00 pm indicando que los resultados experimentales de cocinas solares que utilizan tubos al vacío indican una capacidad de absorción de calor superior a la de una cocina solar convencional tipo caja. (Farooqui, 2013)

La eficiencia que se obtuvo en este estudio varía entre 19 % hasta 46 % siendo un rango aceptable para la cocción de cereales que el tiempo de cocción están entre 30 minutos a 345 minutos, en comparación con resultados como investigaciones de Farooqui (2013) con una cocina que combina tubos al vacío con tiras de espejo instaladas en ángulos precisos determino que la eficiencia energética máxima osciló entre el 20% y el 25% usando un tiempo de 50 minutos a 240 minutos. Mientras que para los experimentos realizados en cocinas solares de tipo caja en el estudio de Goyal & Eswaramoorthy (2023) se obtuvo una eficiencia térmica evaluada es del 25.22 %, usando un tiempo de 120 minutos. La diferencia en la eficiencia térmica entre los estudios se puede deber al diseño, los materiales, las condiciones climáticas y el tiempo de cocción.

Por otro lado la potencia de cocción para este prototipo de cocina solar con tubos al vacío está entre 12 a 27 Watts en 5 diversos experimentos variando los alimentos mientras que para Farooqui (2013) usando una cocina que combina tubos al vacío con tiras de espejo la potencia obtuvo varía entre 23.1 a 36.9 Watts en 4 experimentos realizados con diferentes pesos de agua. Complementando estos estudio para el estudio hecho por Goyal & Eswaramoorthy (2023) que uso una cocina solar tipo caja obteniendo una potencia de cocción medida es de 53.51 Watts determinado de 2 diferentes experimentos. Las diferencias en la potencia de cocción observadas entre los estudios se deben a variaciones en el diseño de los cocineros solares, las condiciones experimentales y las propiedades de los alimentos.

Las cocinas solares ofrecen una alternativa limpia a comparación de las fuentes de energía tradicionales, disminuyendo la dependencia de combustibles fósiles y, por ende, disminuyendo las emisiones de gases de efecto invernadero. Esto contribuye a la reducción de la contaminación ambiental, mejorando la salud humana y protegiéndonos de enfermedades relacionadas con la exposición a contaminantes (Komolafe & Okonkwo, 2022), por ello en este estudio usando el prototipo de cocina solar se da a conocer que se puede reducir desde 57 a  $61 \frac{kg CO_2}{mes}$ , complementando se tiene el estudio realizado por

Herez et al. (2018) se demostró que la mitigación de emisiones es de  $60.55 \frac{kg CO_2}{mes}$ , dando como resultado que las cocinas solares pueden contribuir a la mitigación de emisiones, ya que los resultados obtenidos son óptimos para diversos tipos de cocinas solares.

## V. CONCLUSIONES

- ✓ El prototipo de cocina solar planteado en esta investigación da un primer reporte del uso de un colector cilindro parabólico compuesto con placa metálica reflectante, el aumento del número de tubos al vacío para mayor aprovechamiento de la energía solar e incorporar llantas que facilita el posicionamiento para el óptimo funcionamiento. Lo que permite alcanzar temperaturas superiores a 150 °C y hasta 250 °C en condiciones óptimas de radiación solar.
- ✓ El desempeño energético del prototipo de cocina solar evaluado tiene una eficiencia que varía entre el 19% y el 46%, lo que es adecuado para la cocción de cereales (maní, maíz morocho, maíz blanco, trigo y cebada) con tiempos de operación que de 30 a 345 minutos, superando los resultados de prototipos investigados por otros autores cuyas eficiencias oscilan entre el 20% y el 25%.
- ✓ La mitigación que se logra con el prototipo de cocina solar comparado con una cocina eléctrica comercial. El prototipo de cocina solar investigado puede reducir la emisión de CO<sub>2</sub> entre 57 y 61  $\frac{kg\ CO_2}{mes}$ , contribuyendo significativamente a la mitigación de gases de efecto invernadero (GEI).

## **VI. RECOMENDACIONES**

El prototipo al lograr alcanzar los objetivos requeridos, se puede mejorar en diversos aspectos, principalmente en los componentes debido a que se tubo complicaciones a lo largo de la realización de esta tesis:

- En investigaciones futuras que guarden relación se debe priorizar adicionar al prototipo un vidrio transparente que cubra la parte superior, además de cubrir la parte delantera y trasera para crear el efecto invernadero para que aumente la eficiencia del prototipo además de ayudar a reducir los impactos en los ojos de los rayos solares debido a la lámina reflectora.
- Para evitar la pérdida de calor dentro del sistema se recomienda adicionar una serie de sensores determinando previamente la humedad optima de los alimentos para la cocción deseada de estos alimentos. Evitando así la interrupción de la cocción de los alimentos.
- Para prolongar la vida útil del prototipo y optimizar el uso de los recursos, se recomienda contar con más de un repuesto de materiales como los tubos de vacío, si el presupuesto lo permite. También recomendamos sustituir los tubos galvanizados por tubos de acero inoxidable para aumentar su durabilidad y la vida útil de prototipo.

## VII. REFENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abd-Elhady, M. S., Abd-Elkerim, A. N. A., Ahmed, S. A., Halim, M. A., & Abu-Oqual, A. (2020). Study the thermal performance of solar cookers by using metallic wires and nanographene. *Renewable Energy*, *153*, 108–116. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.09.037>
- Aramesh, M., Ghalebani, M., Kasaeian, A., Zamani, H., Lorenzini, G., Mahian, O., & Wongwises, S. (2019). A review of recent advances in solar cooking technology. *Renewable Energy*, *140*, 419–435. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.03.021>
- Arunachala, U. C., & Kundapur, A. (2020). Cost-effective solar cookers: A global review. *Solar Energy*, *207*(April), 903–916. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2020.07.026>
- Bigelow, A. W., Tabatchnick, J., & Hughes, C. (2024). Testing solar cookers for cooking efficiency. *Solar Energy Advances*, *4*(September 2023), 100053. <https://doi.org/10.1016/j.seja.2024.100053>
- Cuce, P. M. (2018). Box type solar cookers with sensible thermal energy storage medium: A comparative experimental investigation and thermodynamic analysis. *Solar Energy*, *166*(March), 432–440. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2018.03.077>
- Dawn, S., Tiwari, P. K., Goswami, A. K., & Mishra, M. K. (2016). Recent developments of solar energy in India: Perspectives, strategies and future goals. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *62*, 215–235. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.04.040>
- El-Sebaei, A. A., & Ibrahim, A. (2005). Experimental testing of a box-type solar cooker using the standard procedure of cooking power. *Renewable Energy*, *30*(12), 1861–1871. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2005.01.007>
- El Moussaoui, N., Talbi, S., Atmane, I., Kassmi, K., Schwarzer, K., Chayeb, H., & Bachiri, N. (2020). Feasibility of a new design of a Parabolic Trough Solar Thermal Cooker (PSTC). *Solar Energy*, *201*(February), 866–871. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2020.03.079>
- Esen, M. (2004). Thermal performance of a solar cooker integrated vacuum-tube collector with heat pipes containing different refrigerants. *Solar Energy*, *76*(6), 751–757. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2003.12.009>

- Farooqui, S. Z. (2013). A vacuum tube based improved solar cooker. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 3, 33–39. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2013.05.004>
- Goyal, R. K., & Eswaramoorthy, M. (2023). Thermal performance enhancement on a box-type solar cooker using a triangular fin over a conventional cooking pot. *Solar Energy*, 258(March), 339–350. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2023.03.053>
- He, Y., Xu, Y., Pang, Y., Tian, H., & Wu, R. (2016). A regulatory policy to promote renewable energy consumption in China: Review and future evolutionary path. *Renewable Energy*, 89, 695–705. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.12.047>
- Hebbar, G., Hegde, S., Sanketh, B., Sanith, L. R., & Udupa, R. (2021a). Design of solar cooker using evacuated tube solar collector with phase change material. *Materials Today: Proceedings*, 46(xxxx), 2888–2893. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.03.629>
- Hebbar, G., Hegde, S., Sanketh, B., Sanith, L. R., & Udupa, R. (2021b). Design of solar cooker using evacuated tube solar collector with phase change material. *Materials Today: Proceedings*, 46, 2888–2893. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.03.629>
- Herez, A., Ramadan, M., & Khaled, M. (2018). Review on solar cooker systems: Economic and environmental study for different Lebanese scenarios. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81(February 2017), 421–432. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.08.021>
- Indora, S., & Kandpal, T. C. (2018). Institutional and community solar cooking in India using SK-23 and Scheffler solar cookers: A financial appraisal. *Renewable Energy*, 120, 501–511. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.01.004>
- INEI. (2017). *Características de la Población*. 15. [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1539/cap01.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1539/cap01.pdf)
- Janampa, K. (2020). *Acumulador solar térmico pasivo de mediana temperatura con materiales locales de cambio de fase y calor sensible para sistemas solares térmicos familiares en Ayacucho*. 0–3.
- Khatri, R., Goyal, R., & Sharma, R. K. (2021). Advances in the developments of solar cooker for sustainable development: A comprehensive review. *Renewable and*

- Sustainable Energy Reviews*, 145(May), 111166.  
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111166>
- Komolafe, C. A., & Okonkwo, C. E. (2022). Design, Fabrication, and Thermal Evaluation of a Solar Cooking System Integrated With Tracking Device and Sensible Heat Storage Materials. *Frontiers in Energy Research*, 10(March), 1–13.  
<https://doi.org/10.3389/fenrg.2022.821098>
- Kundapur, A., & Sudhir, C. V. (2009). Proposal for new world standard for testing solar cookers. *Journal of Engineering Science and Technology*, 4(3), 272–281.
- Lara, A. (1986). *Investigacion y evaluacion del calor especifico del mani*. 8, 4–6.  
<https://biblat.unam.mx/es/revista/industria-alimentaria-mexico-d-f/articulo/investigacion-y-evaluacion-del-calor-especifico-del-mani>
- Lara, F., Velázquez, N., Saucedo, D., & Acuña, A. (2013). Metodología para el dimensionamiento y optimización de un concentrador lineal fresnel. *Informacion Tecnologica*, 24(1), 115–128. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642013000100013>
- Lentswe, K., Mawire, A., Owusu, P., & Shobo, A. (2021). A review of parabolic solar cookers with thermal energy storage. *Heliyon*, 7(10), e08226.  
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08226>
- Marquéz, M. L. (1998). *Modelización de la operación de secado de malta, por aire caliente, en lecho fijo y en capa profunda* (Vol. 1).
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2021). *NOTA TÉCNICA PARA EL USO DEL PRECIO SOCIAL DE CARBONO EN LA EVALUACIÓN SOCIAL DE PROYECTOS DE INVERSIÓN EN TIPOLOGÍAS*. 1–35.  
[https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv\\_publica/docs/Metodologias\\_Generales\\_PI/2\\_Nota\\_tecnica\\_uso\\_del\\_precio\\_social\\_del\\_carbono.pdf](https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/Metodologias_Generales_PI/2_Nota_tecnica_uso_del_precio_social_del_carbono.pdf)
- Miravet, B., García, A., Yuli, R., Inostroza, L. A., Fernández, V., Chávez, Y., Rutti, J., & Apestequia, J. A. (2022). Solar photovoltaic technology in isolated rural communities in Latin America and the Caribbean. *Energy Reports*, 8, 1238–1248.  
<https://doi.org/10.1016/j.egyr.2021.12.052>
- Osorio, G., Solano, G., López, S., Arellano, S., & Gallardo, T. (2004). Secado de trigo por inmersión en un lecho particulado agitado de arcilla pilarizada de aluminio (Al-

- PILC). *Revista de La Sociedad Química de México*, 48(2), 151–155.  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0583-76932004000200008&lng=es&nrm=iso&tlng=es%0Ahttp://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0583-76932004000200008&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0583-76932004000200008&lng=es&nrm=iso&tlng=es%0Ahttp://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0583-76932004000200008&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Pineda, P., Coral, D. F., Ramos-Rivera, D., & Rosales Rivera, A. (2011). Estudio de las propiedades térmicas de harinas de maíz producidas por tratamiento termico-alcalino. *Ingeniería y Ciencia - Ing.Cienc.*, 7(14), 119–142.  
<http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/ingciencia/article/view/446>
- Roque Maciel, L., Arámbula-Villa, G., López-Espíndola, M., Ortiz-Laurel, H., Carballo-Carballo, A., & Herrera-Corredor, J. A. (2016). Nixtamalization of five corn varieties with different kernel hardness: Impact in fuel consumption and physicochemical properties. *Agrociencia*, 50(6), 727–745.
- SENAMHI. (2021). *Guia Climática Turística* (p. 216).  
<https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01401SENA-20.pdf>
- SOLE. (2022). *Encimera de Inducción* (p. 1).  
<https://cloud.sole.com.pe/soleproductos/3120SOLCO051/FT-SOLCO051.pdf>
- Terres, H., Chávez, S., Lizardi, A., López, R., Vaca, M., Flores, J., & Salazar, A. (2015). First and second law efficiencies in the cooking process of eggplant using a solar cooker box-type. *Journal of Physics: Conference Series*, 582(1).  
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/582/1/012024>
- Veera Kumar, A., Arjunan, T. V., Seenivasan, D., Venkatramanan, R., Vijayan, S., & Matheswaran, M. M. (2021). Influence of twisted tape inserts on energy and exergy performance of an evacuated Tube-based solar air collector. *Solar Energy*, 225(July), 892–904. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2021.07.074>



## ANEXOS

### Anexo 1 Tablas de radiación y temperatura de los días evaluados

#### Día 1

Hora	Temperatura (°C)			Radiación ( $\frac{W}{m^2}$ )	Fecha
	Tubo 1	Tubo 2	Tubo 3		25/06/2024
10:45 a. m.	49.5	38.1	28.5	167	
11:00 a. m.	72.7	54.8	44.4	670	
11:15 a. m.	75.4	56.6	45.1	460	
11:30 a. m.	81.4	70.2	72.7	1090	
11:45 a. m.	106.2	105.7	103.7	1110	
12:00 p. m.	134.5	145.9	149.3	940	
12:15 p. m.	110	161.1	113	970	
12:30 p. m.	130.6	161.9	141	860	
12:45 p. m.	116.1	132.1	142.8	850	
1:00 p. m.	120	103.7	104.6	903	
1:15 p. m.	135.4	165.8	106.5	936	
1:30 p. m.	137.3	170.2	110.5	205	
1:45 p. m.	140.8	173.1	114.3	939	
2:00 p. m.	148.6	183.6	123.6	926	
2:15 p. m.	157.9	195.4	135.2	902	
2:30 p. m.	164.8	203.8	144.8	882	
2:45 p. m.	171.5	207	148.4	897	
3:00 p. m.	174.2	212.4	150.9	657	

**Día 2**

<b>Hora</b>	<b>Temperatura (°C)</b>			<b>Radiación (<math>\frac{W}{m^2}</math>)</b>	<b>Fecha</b>
	<b>Tubo 1</b>	<b>Tubo 2</b>	<b>Tubo 3</b>		<b>26/06/2024</b>
08:30 a. m.	26.4	27.1	26.9	737	
08:45 a. m.	32.8	35.8	36.4	443	
09:00 a. m.	46.4	44.7	43.8	279	
09:15 a. m.	57.9	61	60.4	770	
09:30 a. m.	78.7	72.7	70.4	822	
09:45 a. m.	89.6	90.4	85.1	240	
10:00 a. m.	93.9	90.4	84.8	247	
10:15 a. m.	108.8	100.6	99.6	1020	
10:30 a. m.	114.4	107.8	107.3	1058	
10:45 a. m.	136	118.2	117.3	970	
11:00 a. m.	144.8	155.7	155.6	1193	
11:15 a. m.	163.2	168.4	165.2	1093	
11:30 a. m.	179.6	182.9	174.3	1217	
11:45 a. m.	86	97.5	95	409	
12:00 p. m.	117.8	124.1	118.8	642	
12:15 p. m.	124.9	117.3	126.9	402	
12:30 p. m.	109.6	118.6	125.4	353	
12:45 p. m.	118.1	93.9	97.9	374	
1:00 p. m.	109.8	94.2	101	383	
1:15 p. m.	122.7	92.4	103.3	224	
1:30 p. m.	127.2	99.9	114.3	640	
1:45 p. m.	123.7	100.3	124.5	698	
2:00 p. m.	63.6	52.5	49.2	305	
2:15 p. m.	76.2	62.6	78.4	733	
2:30 p. m.	84	64.9	80.6	188	
2:45 p. m.	81.9	71	79.9	294	
3:00 p. m.	77.9	65.6	82.7	167	

**Día 3**

<b>Hora</b>	<b>Temperatura (°C)</b>			<b>Radiación (<math>\frac{W}{m^2}</math>)</b>	<b>Fecha</b>
	<b>Tubo 1</b>	<b>Tubo 2</b>	<b>Tubo 3</b>		<b>27/06/2024</b>
08:30 a. m.	45.5	42.6	42.9	556	
08:45 a. m.	56.7	50.4	53.9	648	
09:00 a. m.	69.9	67.6	69.1	557	
09:15 a. m.	86.7	84.1	86	782	
09:30 a. m.	96.7	91	97.5	223	
09:45 a. m.	99.5	92.8	96.6	168	
10:00 a. m.	103.9	91.6	96	206	
10:15 a. m.	109	94.9	101	646	
10:30 a. m.	117.2	105.5	112.6	933	
10:45 a. m.	133.4	117.7	124.7	992	
11:00 a. m.	145.2	137.7	143.2	918	
11:15 a. m.	150.4	136.8	155.6	283	
11:30 a. m.	157.3	145.5	172.1	926	
11:45 a. m.	175.3	153.8	182.1	1308	
12:00 p. m.	50.3	84.7	62.7	338	
12:15 p. m.	81.3	85.7	78.9	1142	
12:30 p. m.	82.1	89.8	62.4	412	
12:45 p. m.	84.9	86.5	61.8	411	
1:00 p. m.	89.7	90.1	65.8	479	
1:15 p. m.	95.8	96.7	72.3	1387	
1:30 p. m.	101.4	102.5	85.2	1035	
1:45 p. m.	107	109.1	94.3	1134	
2:00 p. m.	115.2	114.3	100.7	1060	
2:15 p. m.	123.4	121.7	115.2	250	
2:30 p. m.	128.3	129.7	123.6	1018	
2:45 p. m.	132.2	134.5	131.1	239	
3:00 p. m.	138.1	142.7	140.8	232	

**Día 4**

<b>Hora</b>	<b>Temperatura (°C)</b>			<b>Radiación (<math>\frac{W}{m^2}</math>)</b>	<b>Fecha</b>
	<b>Tubo 1</b>	<b>Tubo 2</b>	<b>Tubo 3</b>		<b>28/06/2024</b>
08:30 a. m.	26.4	24.5	28.1	433	
08:45 a. m.	31.4	30.9	35	493	
09:00 a. m.	43	43.7	49.2	522	
09:15 a. m.	62.6	62.8	69.7	600	
09:30 a. m.	68.3	74.6	82.6	624	
09:45 a. m.	81.8	89.9	97.1	650	
10:00 a. m.	98.7	97.6	106.1	740	
10:15 a. m.	105.1	104.1	121.1	140	
10:30 a. m.	101.5	108.7	138.7	808	
10:45 a. m.	110.5	126.3	157.8	884	
11:00 a. m.	118.6	142.9	163.3	395	
11:15 a. m.	130.6	156.8	174.8	975	
11:30 a. m.	139.9	156.4	171.8	1120	
11:45 a. m.	145.6	167.1	174.4	468	
12:00 p. m.	155.9	162.8	165.8	528	
12:15 p. m.	171.8	171.5	180.4	544	
12:30 p. m.	187.2	186.6	193.1	1016	
12:45 p. m.	188.4	194.2	199.8	331	
1:00 p. m.	193.5	196.4	201.4	837	
1:15 p. m.	85.9	91.8	84.8	1071	
1:30 p. m.	146.4	125.9	100.9	926	
1:45 p. m.	172.7	157.8	119.4	1048	
2:00 p. m.	165.8	147.9	126.2	828	
2:15 p. m.	169.4	154.3	155.6	918	
2:30 p. m.	174.5	168.4	172.7	283	
2:45 p. m.	126.4	100.2	178.4	794	
3:00 p. m.	132.8	107.5	184.7	494	

**Día 5**

Hora	Temperatura (°C)			Radiación ( $\frac{W}{m^2}$ )	Fecha
	Tubo 1	Tubo 2	Tubo 3		01/07/2024
08:30 a. m.	16.2	17.6	18	180	
08:45 a. m.	19.2	20.5	20.4	135	
09:00 a. m.	21.8	22.8	20.5	113	
09:15 a. m.	21.8	24.1	21.5	136	
09:30 a. m.	33.2	28.6	24.1	157	
09:45 a. m.	40.2	31.7	36.1	140	
10:00 a. m.	47.3	41.1	43.4	209	
10:15 a. m.	55.1	46.9	49.6	272	
10:30 a. m.	67.7	56.8	59.2	249	
10:45 a. m.	75.8	61.2	67.6	386	
11:00 a. m.	94.7	79.5	83	412	
11:15 a. m.	102.8	87.8	92.8	308	
11:30 a. m.	112.5	92.3	97.6	420	
11:45 a. m.	119.5	100.1	103.6	395	
12:00 p. m.	124.8	101.6	108.4	442	
12:15 p. m.	133.5	106.1	112.5	427	
12:30 p. m.	142.4	112.3	120.2	1110	
12:45 p. m.	155.7	122.9	130.8	432	
1:00 p. m.	154.4	124	129.7	339	
1:15 p. m.	154.1	127.2	136.4	386	
1:30 p. m.	124.7	134	125.8	419	
1:45 p. m.	136.8	134.6	137.6	990	
2:00 p. m.	135.1	143.3	126.2	361	
2:15 p. m.	138.4	148.2	131.1	323	
2:30 p. m.	143.8	154.5	137.7	386	
2:45 p. m.	149	157.9	143.6	467	
3:00 p. m.	155.7	160.1	146.4	323	

**Día 6**

Hora	Temperatura (°C)			Radiación ( $\frac{W}{m^2}$ )	Fecha
	Tubo 1	Tubo 2	Tubo 3		02/07/2024
08:30 a. m.	21.5	22	23.1	158	
08:45 a. m.	26.8	27.1	28.4	215	
09:00 a. m.	31.4	32	33.8	195	
09:15 a. m.	35.8	36.7	39.1	337	
09:30 a. m.	38.4	39.1	40.5	330	
09:45 a. m.	42.1	42.7	45.8	465	
10:00 a. m.	49.8	45.8	54.5	863	
10:15 a. m.	72.9	72.1	74.4	952	
10:30 a. m.	89.4	86.8	83.3	301	
10:45 a. m.	94.2	86.8	92.1	407	
11:00 a. m.	107.1	95.9	94.3	384	
11:15 a. m.	118.7	101.2	102	419	
11:30 a. m.	131.1	112.8	116.7	709	
11:45 a. m.	147.3	128.2	121.2	1166	
12:00 p. m.	150.3	136.2	129.9	605	
12:15 p. m.	156.9	137.1	156.6	643	
12:30 p. m.	177.6	149	161.5	1073	
12:45 p. m.	171.6	165.4	182.9	752	
1:00 p. m.	67.5	53.6	71.2	845	
1:15 p. m.	92.2	82.7	102.9	302	
1:30 p. m.	94.3	88.9	112.3	416	
1:45 p. m.	104	94.5	108.6	439	
2:00 p. m.	105.4	95.3	113.1	165	
2:15 p. m.	115.2	107.8	110.6	347	
2:30 p. m.	124.9	105.8	130.7	482	
2:45 p. m.	130.1	110.9	124.5	326	
3:00 p. m.	135.5	115.3	128.5	262	

**Día 7**

<b>Hora</b>	<b>Temperatura (°C)</b>			<b>Radiación (<math>\frac{W}{m^2}</math>)</b>	<b>Fecha</b>
	<b>Tubo 1</b>	<b>Tubo 2</b>	<b>Tubo 3</b>		<b>04/07/2024</b>
08:30 a. m.	37.5	30.5	31.4	417	
08:45 a. m.	46.3	38.7	42.7	492	
09:00 a. m.	48.5	48.5	48.7	518	
09:15 a. m.	68	66.5	65.9	652	
09:30 a. m.	82.5	83.6	81.5	748	
09:45 a. m.	86.4	91.5	94.7	673	
10:00 a. m.	94.2	100.3	112.3	767	
10:15 a. m.	115.3	117.8	136.4	847	
10:30 a. m.	119.4	137.8	154.1	886	
10:45 a. m.	125.9	140.6	168	928	
11:00 a. m.	140.1	153.7	173.6	913	
11:15 a. m.	145.4	161.6	138.3	899	
11:30 a. m.	158.5	173.1	151.4	949	
11:45 a. m.	87.5	87.6	105.6	937	
12:00 p. m.	110	115.2	122.4	938	
12:15 p. m.	118.8	135.4	145.1	970	
12:30 p. m.	134.7	148.5	165.3	989	
12:45 p. m.	146.3	166.6	178.5	1009	
1:00 p. m.	131.7	140.5	142.5	1003	
1:15 p. m.	134.5	137.2	162.9	1014	
1:30 p. m.	139.4	141.7	166.3	974	
1:45 p. m.	142.5	146.5	172.8	944	
2:00 p. m.	147.2	152.9	180.7	923	
2:15 p. m.	156.7	158.4	183.5	891	
2:30 p. m.	162.3	164.7	190.1	870	
2:45 p. m.	168.1	171.5	192.8	817	
3:00 p. m.	172.5	178.2	195.3	769	

**Día 8**

<b>Hora</b>	<b>Temperatura (°C)</b>			<b>Radiación (<math>\frac{W}{m^2}</math>)</b>	<b>Fecha</b>
	<b>Tubo 1</b>	<b>Tubo 2</b>	<b>Tubo 3</b>		<b>05/07/2024</b>
08:30 a. m.	26.4	24.3	27.1	386	
08:45 a. m.	29.8	28.9	32.4	393	
09:00 a. m.	35.8	31.3	38.1	498	
09:15 a. m.	51.1	54.3	54.6	800	
09:30 a. m.	60.7	60.8	64.4	424	
09:45 a. m.	77.1	78.9	82.1	837	
10:00 a. m.	92.3	93.9	94.6	367	
10:15 a. m.	102.5	99.5	103.5	576	
10:30 a. m.	110	103.6	111.3	721	
10:45 a. m.	130.3	127.4	128	968	
11:00 a. m.	133.2	129.7	145.7	933	
11:15 a. m.	157.1	145.6	163.1	959	
11:30 a. m.	166.1	169.8	180.2	973	
11:45 a. m.	176.8	182.3	191.2	991	
12:00 p. m.	98.1	99.8	98.7	1003	
12:15 p. m.	108.5	109.4	106.8	963	
12:30 p. m.	116.2	118.2	114.6	1011	
12:45 p. m.	128.8	129.5	131.4	1021	
1:00 p. m.	131.5	132.7	134.2	1016	
1:15 p. m.	136.7	138	138.4	1036	
1:30 p. m.	140.1	142.3	145.4	1010	
1:45 p. m.	146.8	148.4	150.1	987	
2:00 p. m.	152.7	153.1	156.8	897	
2:15 p. m.	158.1	157.3	161.2	850	
2:30 p. m.	164.2	166.5	168.9	791	
2:45 p. m.	169.4	170.8	172.4	733	
3:00 p. m.	171.9	173.1	175.2	763	



**Día 9**

Hora	Temperatura (°C)			Radiación ( $\frac{W}{m^2}$ )	Fecha
	Tubo 1	Tubo 2	Tubo 3		08/07/2024
08:30 a. m.	18.4	19.7	18.9	101	
08:45 a. m.	20.8	21.6	21.2	95	
09:00 a. m.	24.3	23.2	23.1	135	
09:15 a. m.	32.4	26.6	30.6	105	
09:30 a. m.	38.2	33.2	34	153	
09:45 a. m.	46.3	43.5	43.4	492	
10:00 a. m.	63.6	57.6	61.2	416	
10:15 a. m.	83.5	80.3	79	981	
10:30 a. m.	96.2	95.3	90.2	903	
10:45 a. m.	109.6	106.4	107.7	281	
11:00 a. m.	114.1	114.5	112.3	323	
11:15 a. m.	127.6	132.1	132.7	1255	
11:30 a. m.	144.1	142.7	137	1137	
11:45 a. m.	156.2	152.6	157.4	1110	
12:00 p. m.	164.7	160.7	167	349	
12:15 p. m.	78.6	97.6	95.5	484	
12:30 p. m.	109	103.4	107.1	447	
12:45 p. m.	123.4	107	112	486	
1:00 p. m.	128.9	115.5	117	396	
1:15 p. m.	139.6	125.1	128.3	981	
1:30 p. m.	157	141.6	147.2	1242	
1:45 p. m.	165.4	148.8	160.3	1037	
2:00 p. m.	168.1	158.2	167.1	227	
2:15 p. m.	164.2	152.7	159.5	588	
2:30 p. m.	161.9	153.1	159.2	252	
2:45 p. m.	160.5	152.8	158.6	229	
3:00 p. m.	159.4	152	157.4	477	

**Día 10**

<b>Hora</b>	<b>Temperatura (°C)</b>			<b>Radiación (<math>\frac{W}{m^2}</math>)</b>	<b>Fecha</b>
	<b>Tubo 1</b>	<b>Tubo 2</b>	<b>Tubo 3</b>		<b>09/07/2024</b>
08:30 a. m.	26.1	27.8	28.4	596	
08:45 a. m.	41	35.5	41.4	751	
09:00 a. m.	50.2	46.1	57.8	811	
09:15 a. m.	75.6	66	77.3	764	
09:30 a. m.	90.3	83.4	93.3	796	
09:45 a. m.	105.7	102.7	109.6	855	
10:00 a. m.	118.9	116.4	119.3	878	
10:15 a. m.	134	130.4	143	935	
10:30 a. m.	141.5	142.5	155.9	209	
10:45 a. m.	145.5	144.1	158.5	1063	
11:00 a. m.	159.3	152.6	171.5	1133	
11:15 a. m.	167.8	163.1	179.5	278	
11:30 a. m.	178.3	176.5	189.9	202	
11:45 a. m.	188.3	185.3	195.6	1149	
12:00 p. m.	134.8	131.2	136.8	864	
12:15 p. m.	153.3	140.7	154.3	390	
12:30 p. m.	156.9	148.4	161	420	
12:45 p. m.	163.6	170.2	156.1	1331	
1:00 p. m.	168.4	173.4	170.5	405	
1:15 p. m.	172.5	176.2	173.2	460	
1:30 p. m.	178.2	180.9	181	335	
1:45 p. m.	181.6	184	183	102	
2:00 p. m.	185.2	187.6	186.2	334	
2:15 p. m.	187.1	189.4	189.1	295	
2:30 p. m.	189.7	190.2	191.3	310	
2:45 p. m.	191.5	192.8	193.5	405	
3:00 p. m.	194.3	195.3	196.6	265	

**Día 11**

Hora	Temperatura (°C)			Radiación ( $\frac{W}{m^2}$ )	Fecha
	Tubo 1	Tubo 2	Tubo 3		10/07/2024
08:30 a. m.	18.4	17.8	18	209	
08:45 a. m.	21.5	21.7	22.1	170	
09:00 a. m.	23.8	24.7	25.2	159	
09:15 a. m.	28.6	26.7	29.1	300	
09:30 a. m.	34.9	28.9	34.6	217	
09:45 a. m.	40.4	37.3	37.5	187	
10:00 a. m.	50.5	44	46.6	140	
10:15 a. m.	58.2	17.6	49.4	153	
10:30 a. m.	63.3	58.4	59.2	290	
10:45 a. m.	72	65.7	64.4	370	
11:00 a. m.	80.5	76.3	76.5	400	
11:15 a. m.	100.4	87.6	89.3	405	
11:30 a. m.	108.7	100.4	107.3	369	
11:45 a. m.	122.3	110.4	112.8	438	
12:00 p. m.	135.2	115.5	118.2	393	
12:15 p. m.	139.8	119.9	122.1	259	
12:30 p. m.	141.7	121.4	127.3	264	
12:45 p. m.	163.6	130.9	143.5	820	
1:00 p. m.	165.8	143	145.9	405	
1:15 p. m.	143.4	145.8	141.7	426	
1:30 p. m.	160.3	149.7	148	734	
1:45 p. m.	163.1	152.4	151.1	409	
2:00 p. m.	165.7	154.8	153.5	413	
2:15 p. m.	168.2	157.3	156.4	234	
2:30 p. m.	170.2	161.1	160.8	299	
2:45 p. m.	173.5	164.2	165.9	200	
3:00 p. m.	174.2	166.9	169.1	265	

**Día 12**

Hora	Temperatura (°C)			Radiación ( $\frac{W}{m^2}$ )	Fecha
	Tubo 1	Tubo 2	Tubo 3		11/07/2024
08:30 a. m.	26.8	25.7	25.4	445	
08:45 a. m.	31	29.9	31.3	161	
09:00 a. m.	35	33.8	35.4	226	
09:15 a. m.	42.6	41.1	43.8	718	
09:30 a. m.	60.1	58.9	61.9	221	
09:45 a. m.	88.4	79.9	85.3	935	
10:00 a. m.	99.5	96.2	98.3	1093	
10:15 a. m.	114.8	113.5	120.5	995	
10:30 a. m.	127.6	130.4	136.5	1031	
10:45 a. m.	146.2	149.5	155	1021	
11:00 a. m.	162.6	163.5	177.7	1083	
11:15 a. m.	162.6	162.9	166.2	269	
11:30 a. m.	103.8	118.5	123	987	
11:45 a. m.	126.2	132.9	150.2	1009	
12:00 p. m.	145.5	145.9	170.4	1122	
12:15 p. m.	147.9	147.8	167.7	528	
12:30 p. m.	150.9	152.4	168.4	798	
12:45 p. m.	153.4	155.2	174.1	1100	
1:00 p. m.	155.1	162.6	179.5	997	
1:15 p. m.	157	169.4	185.9	1007	
1:30 p. m.	161.6	175.5	190	298	
1:45 p. m.	164.5	181.9	194.2	1127	
2:00 p. m.	168.9	185.2	195.1	1083	
2:15 p. m.	172.2	189.4	202.7	987	
2:30 p. m.	174	193.3	207.8	978	
2:45 p. m.	176.3	200.1	213.9	929	
3:00 p. m.	179.7	203.8	214.1	957	

**Día 13**

Hora	Temperatura (°C)			Radiación ( $\frac{W}{m^2}$ )	Fecha
	Tubo 1	Tubo 2	Tubo 3		15/07/2024
08:30 a. m.	26.9	26.8	27.4	795	
08:45 a. m.	46.8	46.5	50.3	728	
09:00 a. m.	65.5	65.3	68.7	738	
09:15 a. m.	85.1	86.8	91	755	
09:30 a. m.	101.1	100.9	104.6	831	
09:45 a. m.	106.1	115.8	119.9	856	
10:00 a. m.	119.5	124.8	128.9	195	
10:15 a. m.	130.6	135.1	135.5	950	
10:30 a. m.	144.2	138.5	139.2	308	
10:45 a. m.	147.7	151	152.4	1054	
11:00 a. m.	121.4	123.2	126.5	200	
11:15 a. m.	152	151.3	166.8	531	
11:30 a. m.	161.1	167.8	184.7	1182	
11:45 a. m.	168.7	168.4	185.7	409	
12:00 p. m.	123.2	119.8	143.9	281	
12:15 p. m.	135.9	128.6	145.3	381	
12:30 p. m.	145.7	136.5	148.9	417	
12:45 p. m.	153.4	138.6	148.5	690	
1:00 p. m.	163.7	155.8	165.4	1296	
1:15 p. m.	181.3	177.4	183.7	1025	
1:30 p. m.	145.7	146.5	171.4	1109	
1:45 p. m.	169	150	188.9	812	
2:00 p. m.	184.1	165.5	189.3	942	
2:15 p. m.	187.3	173.5	192.2	558	
2:30 p. m.	191.7	177.1	193.9	1014	
2:45 p. m.	195.4	178.5	196.1	743	
3:00 p. m.	197.6	181	199.7	238	

**Día 14**

Hora	Temperatura (°C)			Radiación ( $\frac{W}{m^2}$ )	Fecha
	Tubo 1	Tubo 2	Tubo 3		16/07/2024
08:30 a. m.	24.1	22.2	22.8	158	
08:45 a. m.	36.1	38.3	37	394	
09:00 a. m.	44	45.1	44.5	192	
09:15 a. m.	56.9	56.7	57	216	
09:30 a. m.	66.1	67.9	66.4	157	
09:45 a. m.	81	83	83.4	1062	
10:00 a. m.	95.9	103	104.7	1074	
10:15 a. m.	100.9	106.2	113	553	
10:30 a. m.	114.5	123.3	129.1	1138	
10:45 a. m.	121.6	134.1	140.5	1082	
11:00 a. m.	134.9	158.2	163.8	1064	
11:15 a. m.	156.2	168.2	181.7	1013	
11:30 a. m.	164.7	184.3	189.1	1029	
11:45 a. m.	117.8	137.4	143.4	1026	
12:00 p. m.	134.7	166.9	174.5	1032	
12:15 p. m.	152.3	187.4	192	1006	
12:30 p. m.	158.1	181.6	197.7	986	
12:45 p. m.	118	149.1	153.2	984	
1:00 p. m.	140.5	180.2	167.7	962	
1:15 p. m.	158.5	191.1	183.9	982	
1:30 p. m.	168.4	195.9	191.9	1082	
1:45 p. m.	171.1	197.6	194.7	956	
2:00 p. m.	175.2	200.2	197.5	957	
2:15 p. m.	176.5	203	202.3	898	
2:30 p. m.	180.8	204.7	203.8	860	
2:45 p. m.	182.3	209.3	205.1	825	
3:00 p. m.	185.4	214.1	209	769	

**Día 15**

Hora	Temperatura (°C)			Radiación ( $\frac{W}{m^2}$ )	Fecha
	Tubo 1	Tubo 2	Tubo 3		17/07/2024
08:30 a. m.	28.5	26.8	27.1	472	
08:45 a. m.	41.2	42.9	41.9	502	
09:00 a. m.	64	65.4	72.1	833	
09:15 a. m.	73.3	79.4	81.1	845	
09:30 a. m.	84.6	91.9	95.5	414	
09:45 a. m.	99.2	110.8	112.5	838	
10:00 a. m.	110.4	124.9	131.7	888	
10:15 a. m.	120.9	137.1	143.3	933	
10:30 a. m.	135.2	147.3	157.1	972	
10:45 a. m.	148.4	153.6	162.9	1006	
11:00 a. m.	96.8	121.7	130.7	1011	
11:15 a. m.	116.7	142.1	150.8	1007	
11:30 a. m.	137.2	166	183.8	1004	
11:45 a. m.	146.3	167.9	173.3	1036	
12:00 p. m.	178.5	184.2	196	1026	
12:15 p. m.	180.4	198.9	200.4	998	
12:30 p. m.	114.3	118.2	120.5	1002	
12:45 p. m.	121.4	124.6	125.4	1008	
1:00 p. m.	128.5	130.2	131.7	1007	
1:15 p. m.	136.7	140.8	142.1	995	
1:30 p. m.	145.1	150.4	151.9	969	
1:45 p. m.	153.6	158.5	159.2	955	
2:00 p. m.	161.8	165.7	166.9	928	
2:15 p. m.	168.6	173.1	175.2	892	
2:30 p. m.	172.6	177.4	179.5	867	
2:45 p. m.	177.8	182.4	183.4	827	
3:00 p. m.	180.2	185.1	186.2	787	

**Día 16**

Hora	Temperatura (°C)			Radiación ( $\frac{W}{m^2}$ )	Fecha
	Tubo 1	Tubo 2	Tubo 3		30/07/2024
08:30 a. m.	26.3	27.5	27.9	649	
08:45 a. m.	32.8	33.7	36.1	572	
09:00 a. m.	46.4	48.4	45.5	874	
09:15 a. m.	65.8	68.1	65.6	906	
09:30 a. m.	19.8	82.4	83.9	927	
09:45 a. m.	92.3	105.5	101	993	
10:00 a. m.	112.1	128	125.1	1032	
10:15 a. m.	127.7	140.7	142.2	248	
10:30 a. m.	137.8	150.2	161.8	1031	
10:45 a. m.	165	167.7	177.1	1074	
11:00 a. m.	130.5	137.6	137.8	185	
11:15 a. m.	139.3	148.8	147.8	1130	
11:30 a. m.	142.5	152.8	153.5	366	
11:45 a. m.	151.2	159.9	162.3	427	
12:00 p. m.	120.3	127.4	117	1086	
12:15 p. m.	139.6	141.2	138.9	380	
12:30 p. m.	146	149.1	147.1	361	
12:45 p. m.	165.5	163.6	157.7	495	
1:00 p. m.	143.3	142.3	142.6	345	
1:15 p. m.	151.2	148.6	146.1	1114	
1:30 p. m.	168.9	166.1	163.3	1023	
1:45 p. m.	138.6	139	132.8	991	
2:00 p. m.	160.9	162.4	163.1	1131	
2:15 p. m.	166.6	170.3	167.7	939	
2:30 p. m.	156	164.6	152.5	1213	
2:45 p. m.	167.4	169.7	158.8	1121	
3:00 p. m.	172.4	173.8	165.3	662	



**Día 17**

<b>Hora</b>	<b>Temperatura (°C)</b>			<b>Radiación (<math>\frac{W}{m^2}</math>)</b>	<b>Fecha</b>
	<b>Tubo 1</b>	<b>Tubo 2</b>	<b>Tubo 3</b>		<b>31/07/2024</b>
08:30 a. m.	28.1	27.9	28.5	250	
08:45 a. m.	40.2	51.4	48.2	853	
09:00 a. m.	55.2	66.2	67.2	890	
09:15 a. m.	71.8	85.9	83.2	913	
09:30 a. m.	83.8	99.3	98.9	1025	
09:45 a. m.	95.7	107.7	107.8	1093	
10:00 a. m.	103.3	131.1	125.4	1013	
10:15 a. m.	109.6	144.7	141.4	1043	
10:30 a. m.	125.6	168.3	166.7	253	
10:45 a. m.	97.1	127.1	117.4	1181	
11:00 a. m.	116	135.4	128.8	249	
11:15 a. m.	126.3	138	144.7	1131	
11:30 a. m.	134.7	142.1	146.1	259	
11:45 a. m.	136.5	143.4	147.7	173	
12:00 p. m.	137.3	143.5	147.9	220	
12:15 p. m.	141	144.1	148.2	512	
12:30 p. m.	147.4	146.2	146.9	382	
12:45 p. m.	98.8	100.7	100.5	270	
1:00 p. m.	122.6	108.3	113.5	309	
1:15 p. m.	134.7	122.9	125	1176	
1:30 p. m.	143.2	133	137.4	316	
1:45 p. m.	156.7	148.7	152.2	1096	
2:00 p. m.	158.7	155.1	160.6	822	
2:15 p. m.	159.3	163.3	164.4	305	
2:30 p. m.	164.6	165.2	167.8	912	
2:45 p. m.	167.5	165.6	168.4	760	
3:00 p. m.	167.9	167.7	169.2	117	

**Día 18**

Hora	Temperatura (°C)			Radiación ( $\frac{W}{m^2}$ )	Fecha
	Tubo 1	Tubo 2	Tubo 3		01/08/2024
08:30 a. m.	20.4	21.4	22	205	
08:45 a. m.	23.1	24.2	25.3	456	
09:00 a. m.	27.5	28.4	29.1	297	
09:15 a. m.	35.6	34.9	35	279	
09:30 a. m.	40.4	42.2	40.1	888	
09:45 a. m.	67.8	68.3	66.5	1034	
10:00 a. m.	82.5	87.2	90.2	949	
10:15 a. m.	94.7	107.8	110	1009	
10:30 a. m.	106.7	125.1	126.2	732	
10:45 a. m.	114.6	142.4	145.9	1116	
11:00 a. m.	137.1	155.2	163.5	1148	
11:15 a. m.	150.8	181.5	184.1	1076	
11:30 a. m.	158.7	188.9	189.6	460	
11:45 a. m.	160.5	190.1	193.1	978	
12:00 p. m.	110.5	115.3	117.3	250	
12:15 p. m.	120.7	121.8	128	212	
12:30 p. m.	124.3	123.6	128.7	306	
12:45 p. m.	124.8	124	128.9	656	
1:00 p. m.	125.1	124.3	129.3	1103	
1:15 p. m.	128.9	127.5	133	431	
1:30 p. m.	144	144.7	153.8	1053	
1:45 p. m.	148.7	157.5	160.6	560	
2:00 p. m.	154.2	163.7	165.2	1069	
2:15 p. m.	158.9	167.1	170	1072	
2:30 p. m.	163.8	172.4	174.1	990	
2:45 p. m.	169.2	178.1	180.4	940	
3:00 p. m.	176.1	182.3	185.7	180	

**Día 19**

Hora	Temperatura (°C)			Radiación ( $\frac{W}{m^2}$ )	Fecha
	Tubo 1	Tubo 2	Tubo 3		02/08/2024
08:30 a. m.	26.5	27.1	28.4	505	
08:45 a. m.	38.6	36.8	33.7	558	
09:00 a. m.	51.1	66.3	47.1	823	
09:15 a. m.	75.3	85.8	74	858	
09:30 a. m.	84	102.2	92.1	930	
09:45 a. m.	95.6	124.5	117.9	940	
10:00 a. m.	108.3	132.3	121.1	969	
10:15 a. m.	113.3	154.1	146.4	939	
10:30 a. m.	128.7	165.7	165.1	954	
10:45 a. m.	145.1	177.6	174.8	991	
11:00 a. m.	158.9	188.8	190.9	1003	
11:15 a. m.	118.6	124.9	119.1	1007	
11:30 a. m.	137.2	157.8	154.1	1046	
11:45 a. m.	147.6	190.6	178	1016	
12:00 p. m.	155.1	191.5	187.4	1028	
12:15 p. m.	171.2	207.2	196.5	1029	
12:30 p. m.	146.5	151.5	150.9	1031	
12:45 p. m.	172.7	181.5	177.5	1093	
1:00 p. m.	189.3	192.7	193.5	1247	
1:15 p. m.	106	111.5	113.4	632	
1:30 p. m.	110.8	115.9	118.7	612	
1:45 p. m.	115.3	121.1	123.2	1016	
2:00 p. m.	120.4	126.7	128.1	905	
2:15 p. m.	128.1	132.4	134.2	575	
2:30 p. m.	133.9	138.6	140.1	894	
2:45 p. m.	138	142.1	145	530	
3:00 p. m.	142.5	146.2	148.9	335	

**Día 20**

Hora	Temperatura (°C)			Radiación ( $\frac{W}{m^2}$ )	Fecha
	Tubo 1	Tubo 2	Tubo 3		08/08/2024
08:30 a. m.	37.5	42	45.7	796	
08:45 a. m.	48.1	59.6	65.9	440	
09:00 a. m.	60.2	71.7	76.5	880	
09:15 a. m.	79.1	92.2	95.5	1062	
09:30 a. m.	95	103.5	112.4	1112	
09:45 a. m.	104.9	118.6	122.3	1043	
10:00 a. m.	115.3	131.5	128.7	1026	
10:15 a. m.	126	159.5	161	991	
10:30 a. m.	132.7	166.8	168.5	1022	
10:45 a. m.	155.6	176.4	189	257	
11:00 a. m.	109.3	133.8	118.1	444	
11:15 a. m.	128.9	150.7	136.7	1362	
11:30 a. m.	136.6	153.9	140.6	463	
11:45 a. m.	158.8	181.3	167	1158	
12:00 p. m.	173.8	184.8	180.7	284	
12:15 p. m.	122.2	128.6	131.3	179	
12:30 p. m.	131.2	134.3	135.4	283	
12:45 p. m.	142.5	138.8	145.3	538	
1:00 p. m.	149.8	157.3	162.9	1304	
1:15 p. m.	159.9	161.1	168.2	262	
1:30 p. m.	162.7	163.4	170.1	180	
1:45 p. m.	164.3	166.6	172.3	244	
2:00 p. m.	112.2	110.9	110.5	248	
2:15 p. m.	120.6	112.1	11.7	255	
2:30 p. m.	120.8	111.9	111.6	157	
2:45 p. m.	121.9	112.1	111.7	209	
3:00 p. m.	122.9	109.7	110.5	156	

**Día 21**

<b>Hora</b>	<b>Temperatura (°C)</b>			<b>Radiación (<math>\frac{W}{m^2}</math>)</b>	<b>Fecha</b>
	<b>Tubo 1</b>	<b>Tubo 2</b>	<b>Tubo 3</b>		<b>09/08/2024</b>
08:30 a. m.	23.1	22.3	21.6	645	
08:45 a. m.	34.8	32.5	31.8	728	
09:00 a. m.	57.7	69.6	70.6	843	
09:15 a. m.	61.2	79.5	76.6	879	
09:30 a. m.	76	92.3	90.8	932	
09:45 a. m.	96.5	107.5	112.6	922	
10:00 a. m.	102.7	118.3	132.4	975	
10:15 a. m.	126.2	156.1	152.6	976	
10:30 a. m.	138.5	163.4	160.9	990	
10:45 a. m.	151.6	178.4	175.3	994	
11:00 a. m.	128.9	129.5	131.3	1012	
11:15 a. m.	145.3	159.5	164.2	350	
11:30 a. m.	150.1	161.7	165.2	288	
11:45 a. m.	159.9	169.7	169.4	723	
12:00 p. m.	160.3	123.4	123.3	640	
12:15 p. m.	161.7	141.2	139.8	368	
12:30 p. m.	162.5	145.3	141.2	266	
12:45 p. m.	165	145.5	142.5	307	
1:00 p. m.	165.7	146.9	142.9	350	
1:15 p. m.	165.5	147.4	143.1	250	
1:30 p. m.	136.7	135	137.4	333	
1:45 p. m.	140.8	135.4	137.8	350	
2:00 p. m.	141	135.6	137.4	256	
2:15 p. m.	140.6	131.1	132.2	249	
2:30 p. m.	143	129.7	131.3	341	
2:45 p. m.	142	130	133.3	440	
3:00 p. m.	157.6	145.1	150.2	933	

**Día 22**

Hora	Temperatura (°C)			Radiación ( $\frac{W}{m^2}$ )	Fecha
	Tubo 1	Tubo 2	Tubo 3		12/08/2024
08:30 a. m.	24.5	23.8	26.9	560	
08:45 a. m.	42.8	45.4	46.2	876	
09:00 a. m.	78.9	81.6	80.8	832	
09:15 a. m.	86.5	88.7	89.8	854	
09:30 a. m.	90.7	93.2	97.4	116	
09:45 a. m.	98.9	109.2	110.4	1005	
10:00 a. m.	100.1	110.3	112	108	
10:15 a. m.	101.5	111.2	113	232	
10:30 a. m.	104.5	112.9	115.6	1106	
10:45 a. m.	109.8	118.5	118.7	250	
11:00 a. m.	115.6	131.5	128.9	1136	
11:15 a. m.	118.9	137.8	131	245	
11:30 a. m.	121.3	148.4	136.3	1145	
11:45 a. m.	133.6	163.9	153.4	1005	
12:00 p. m.	136.2	171.1	156.3	1208	
12:15 p. m.	143.2	173.1	160	1034	
12:30 p. m.	149.8	167	164.7	257	
12:45 p. m.	154.5	174.5	172	990	
1:00 p. m.	104.5	108.6	106.1	238	
1:15 p. m.	108.8	123.1	114.1	332	
1:30 p. m.	125	143.2	141.2	1137	
1:45 p. m.	134.8	144.9	144.4	291	
2:00 p. m.	145.3	115.1	112	739	
2:15 p. m.	153.5	130.7	126	1360	
2:30 p. m.	151.2	126.2	125.3	140	
2:45 p. m.	144.2	122.6	120.5	124	
3:00 p. m.	143.7	120.9	119.5	157	

**Día 23**

Hora	Temperatura (°C)			Radiación ( $\frac{W}{m^2}$ )	Fecha
	Tubo 1	Tubo 2	Tubo 3		13/08/2024
08:30 a. m.	20.6	16.1	17.3	180	
08:45 a. m.	34	22.7	23.4	191	
09:00 a. m.	42.8	36.6	33.4	995	
09:15 a. m.	58.2	50.9	55.4	393	
09:30 a. m.	65.8	66.1	65.9	238	
09:45 a. m.	72.8	69.4	68	103	
10:00 a. m.	76.2	73.1	72.4	138	
10:15 a. m.	84.3	79.1	78.2	274	
10:30 a. m.	93.1	92.9	92.1	1087	
10:45 a. m.	107	102.1	108	126	
11:00 a. m.	107.9	106.4	108.3	241	
11:15 a. m.	118.9	113.5	115.2	1107	
11:30 a. m.	122.4	125.2	126.8	481	
11:45 a. m.	131.2	134.7	133.9	1228	
12:00 p. m.	142.1	140.2	149.5	1044	
12:15 p. m.	115.9	121.7	120.3	1191	
12:30 p. m.	142.7	143.4	153.8	1064	
12:45 p. m.	161.3	177.1	177.3	1163	
1:00 p. m.	130.2	119.9	133.4	1197	
1:15 p. m.	138.9	136.6	149.8	1421	
1:30 p. m.	143.3	143.6	160.2	361	
1:45 p. m.	148.7	150.3	168	1228	
2:00 p. m.	165.2	173	179.9	1180	
2:15 p. m.	109.3	108.6	106.3	1349	
2:30 p. m.	124.5	131.1	133.3	953	
2:45 p. m.	135.6	140.6	156.7	910	
3:00 p. m.	142.4	157.3	158.4	890	

**Día 24**

<b>Hora</b>	<b>Temperatura (°C)</b>			<b>Radiación (<math>\frac{W}{m^2}</math>)</b>	<b>Fecha</b>
	<b>Tubo 1</b>	<b>Tubo 2</b>	<b>Tubo 3</b>		<b>14/08/2024</b>
08:30 a. m.	21.7	24.2	24.1	426	
08:45 a. m.	27.1	32.5	32.8	479	
09:00 a. m.	33.9	41.4	40.2	532	
09:15 a. m.	39.4	50.1	51	578	
09:30 a. m.	44.7	56.2	57.3	647	
09:45 a. m.	53.9	64.7	64.9	642	
10:00 a. m.	60.6	67.2	66.8	1064	
10:15 a. m.	72.4	73.7	76.1	495	
10:30 a. m.	79.1	85.6	88.5	502	
10:45 a. m.	81.8	91.5	92.4	923	
11:00 a. m.	91.4	95.9	96.9	301	
11:15 a. m.	92.6	103.2	107.3	454	
11:30 a. m.	102.2	110.3	109.2	677	
11:45 a. m.	111.7	114.1	116.8	669	
12:00 p. m.	119.4	121.4	123.7	775	
12:15 p. m.	121.2	125.9	128.5	1234	
12:30 p. m.	127.1	131.2	134.6	478	
12:45 p. m.	137.6	141.7	142.4	991	
1:00 p. m.	139.9	144.2	144.9	360	
1:15 p. m.	144.8	152.3	151.1	523	
1:30 p. m.	146.6	158.9	157.5	464	
1:45 p. m.	152.5	163.1	164.2	376	
2:00 p. m.	157.9	171.3	173	540	
2:15 p. m.	160.7	174.2	176.1	320	
2:30 p. m.	169	183.4	184.3	371	
2:45 p. m.	173.5	189.7	190.5	329	
3:00 p. m.	178	193.9	196.8	441	



**Día 25**

Hora	Temperatura (°C)			Radiación ( $\frac{W}{m^2}$ )	Fecha
	Tubo 1	Tubo 2	Tubo 3		16/08/2024
08:30 a. m.	20.8	21	21.6	531	
08:45 a. m.	30.1	27.2	27.8	629	
09:00 a. m.	34.5	35.1	33.9	680	
09:15 a. m.	41.4	38.8	37.2	722	
09:30 a. m.	44.6	47.5	46.7	892	
09:45 a. m.	49	53.2	52.8	463	
10:00 a. m.	55.7	62.1	61.6	495	
10:15 a. m.	60.6	69.8	68.9	629	
10:30 a. m.	71.8	74.1	77.2	1028	
10:45 a. m.	81.1	84.5	87.7	1178	
11:00 a. m.	86.4	90.6	93.1	414	
11:15 a. m.	94.2	99.7	103.1	338	
11:30 a. m.	99.8	109.9	112.6	328	
11:45 a. m.	104.1	115.8	117.2	473	
12:00 p. m.	110.2	122.5	124.7	364	
12:15 p. m.	115.3	127.1	130.3	201	
12:30 p. m.	118.1	130	132.5	199	
12:45 p. m.	121.9	132.9	134.6	432	
1:00 p. m.	126.7	139.5	141.9	636	
1:15 p. m.	146.2	152.7	156.2	870	
1:30 p. m.	156.4	161.4	161.4	325	
1:45 p. m.	160.8	170.2	168.7	493	
2:00 p. m.	167.5	177.9	175.3	1093	
2:15 p. m.	174.6	185.8	180.5	425	
2:30 p. m.	184.3	190.1	184	532	
2:45 p. m.	189.1	195.2	194.8	484	
3:00 p. m.	199.9	201.6	203.2	477	

**Día 26**

Hora	Temperatura (°C)			Radiación ( $\frac{W}{m^2}$ )	Fecha
	Tubo 1	Tubo 2	Tubo 3		19/08/2024
08:30 a. m.	13.3	13.7	13.4	100	
08:45 a. m.	16	15.9	16.3	102	
09:00 a. m.	20.7	20.3	19.8	104	
09:15 a. m.	25.7	24.5	23.8	101	
09:30 a. m.	29	28.3	27.3	101	
09:45 a. m.	31.5	30.7	28.9	106	
10:00 a. m.	35.4	32.3	32.1	177	
10:15 a. m.	47.4	43.2	43.1	497	
10:30 a. m.	68.2	64.8	62	420	
10:45 a. m.	76.9	75.1	70.8	313	
11:00 a. m.	87	79.8	78.4	563	
11:15 a. m.	112.9	112.6	107.4	330	
11:30 a. m.	115.2	114.3	108.2	350	
11:45 a. m.	123.5	121.1	116.3	470	
12:00 p. m.	126.2	123.1	120	138	
12:15 p. m.	123.1	117	114.7	235	
12:30 p. m.	119.8	114.5	112	338	
12:45 p. m.	124.5	116.7	113.8	457	
1:00 p. m.	132.7	121.1	117.4	443	
1:15 p. m.	126.9	125	119.8	327	
1:30 p. m.	133.9	138.8	123.9	334	
1:45 p. m.	141.7	125.8	124.5	305	
2:00 p. m.	143.7	125.4	125.1	366	
2:15 p. m.	142.9	126.5	129	331	
2:30 p. m.	146	123.9	127.7	367	
2:45 p. m.	147.8	123.3	125.9	257	
3:00 p. m.	142.2	122.7	120.4	215	

**Día 27**

Hora	Temperatura (°C)			Radiación ( $\frac{W}{m^2}$ )	Fecha
	Tubo 1	Tubo 2	Tubo 3		20/08/2024
08:30 a. m.	17.4	17.3	16.5	90	
08:45 a. m.	23	22.7	22	181	
09:00 a. m.	28.6	27.6	28.2	97	
09:15 a. m.	32.2	31.3	30.8	234	
09:30 a. m.	47.3	49	48.2	202	
09:45 a. m.	62.3	65.1	64.5	416	
10:00 a. m.	76.8	82	80.2	312	
10:15 a. m.	92.1	100.5	99.1	994	
10:30 a. m.	104.2	110.2	108.6	250	
10:45 a. m.	109.6	114.9	112	289	
11:00 a. m.	124.3	131.6	120.9	690	
11:15 a. m.	143.5	155.4	145.8	1075	
11:30 a. m.	164.3	170.3	167	345	
11:45 a. m.	178.8	192.2	189.6	1096	
12:00 p. m.	187.3	210.6	199.8	1094	
12:15 p. m.	188.5	209	199.7	208	
12:30 p. m.	178.6	184.8	186.7	1119	
12:45 p. m.	187.9	202.5	195.6	1084	
1:00 p. m.	189.2	193.4	191.8	486	
1:15 p. m.	193.3	203	193.5	1108	
1:30 p. m.	191.1	191.5	190	178	
1:45 p. m.	185.5	182.6	180.8	841	
2:00 p. m.	185	178.6	179.6	493	
2:15 p. m.	179.4	169.5	169.7	273	
2:30 p. m.	168.6	160	157.8	205	
2:45 p. m.	159	153.4	152.3	312	
3:00 p. m.	160.1	153.1	150.5	245	

**Día 28**

Hora	Temperatura (°C)			Radiación ( $\frac{W}{m^2}$ )	Fecha
	Tubo 1	Tubo 2	Tubo 3		21/08/2024
08:30 a. m.	24.2	22.7	23.7	560	
08:45 a. m.	37.1	36.6	39.5	970	
09:00 a. m.	66.1	70.4	75.9	1132	
09:15 a. m.	75.8	82.1	90.4	1179	
09:30 a. m.	89	94.3	103.2	165	
09:45 a. m.	104	108.1	118.1	609	
10:00 a. m.	109.4	115.3	131.3	907	
10:15 a. m.	116.2	130.1	141.6	286	
10:30 a. m.	118.3	135.5	142.3	208	
10:45 a. m.	122.1	140.5	143.1	270	
11:00 a. m.	122.1	136.1	138.5	174	
11:15 a. m.	121.5	134.5	133.9	214	
11:30 a. m.	125.6	136.1	135.7	234	
11:45 a. m.	125.6	136.6	134	225	
12:00 p. m.	127.9	133.3	136	485	
12:15 p. m.	121.2	129.8	134.5	234	
12:30 p. m.	137.7	138.9	141.2	644	
12:45 p. m.	140.6	135.2	138.9	207	
1:00 p. m.	142.8	140	141.7	546	
1:15 p. m.	149.5	144.4	146.7	254	
1:30 p. m.	150.1	150.2	143.8	391	
1:45 p. m.	145.8	148.9	149.4	392	
2:00 p. m.	156.2	145.6	143.9	197	
2:15 p. m.	157.2	140..1	144.7	865	
2:30 p. m.	155.6	136	140.8	328	
2:45 p. m.	160.6	141.1	144.4	262	
3:00 p. m.	163.8	144.4	147.8	257	

**Día 29**

Hora	Temperatura (°C)			Radiación ( $\frac{W}{m^2}$ )	Fecha
	Tubo 1	Tubo 2	Tubo 3		22/08/2024
08:30 a. m.	24.2	22.7	23.7	560	
08:45 a. m.	37.1	36.6	39.5	970	
09:00 a. m.	66.1	70.4	75.9	1132	
09:15 a. m.	75.8	82.1	90.4	1179	
09:30 a. m.	89	94.3	103.2	165	
09:45 a. m.	104	8.1	118.1	609	
10:00 a. m.	109.4	115.3	131.3	907	
10:15 a. m.	116.2	130.1	141.6	286	
10:30 a. m.	118.3	135.5	142.3	208	
10:45 a. m.	122.1	140.5	143.1	270	
11:00 a. m.	122.1	136.1	138.5	174	
11:15 a. m.	121.5	134.5	133.9	214	
11:30 a. m.	125.6	136.1	135.7	234	
11:45 a. m.	125.6	136.6	134	225	
12:00 p. m.	127.9	133.3	136	485	
12:15 p. m.	121.2	129.8	134.5	234	
12:30 p. m.	137.7	138.9	141.2	644	
12:45 p. m.	140.6	135.2	138.9	207	
1:00 p. m.	142.8	140	141.7	546	
1:15 p. m.	149.5	144.4	146.7	254	
1:30 p. m.	150.1	150.2	143.8	391	
1:45 p. m.	145.8	148.9	149.4	392	
2:00 p. m.	156.2	145.6	143.9	197	
2:15 p. m.	157.2	140.1	144.7	865	
2:30 p. m.	155.6	136	140.8	328	
2:45 p. m.	160.6	141.1	144.4	262	
3:00 p. m.	163.8	144.4	147.8	257	

**Día 30**

<b>Hora</b>	<b>Temperatura (°C)</b>			<b>Radiación (<math>\frac{W}{m^2}</math>)</b>	<b>Fecha</b>
	<b>Tubo 1</b>	<b>Tubo 2</b>	<b>Tubo 3</b>		<b>23/08/2024</b>
08:30 a. m.	23.7	24.1	22.7	460	
08:45 a. m.	38.2	39.5	40.3	940	
09:00 a. m.	69.2	70.4	65.7	680	
09:15 a. m.	89.7	91.3	88.7	170	
09:30 a. m.	106.1	108.2	118.3	769	
09:45 a. m.	112.6	122.9	131.7	876	
10:00 a. m.	129.6	144.2	157.9	914	
10:15 a. m.	145.4	165.1	172.6	940	
10:30 a. m.	159.3	179.1	178.5	231	
10:45 a. m.	159.4	170.4	175.2	179	
11:00 a. m.	171	182.7	185.8	1025	
11:15 a. m.	178	185.4	194	1038	
11:30 a. m.	190.9	208.5	209.5	1044	
11:45 a. m.	194.4	209.8	210.1	1096	
12:00 p. m.	199.3	213.5	218.1	1047	
12:15 p. m.	127.8	157.8	164.4	1037	
12:30 p. m.	172	188.9	179.2	1024	
12:45 p. m.	174.6	208	205.2	1131	
1:00 p. m.	187.8	209.5	207.2	1155	
1:15 p. m.	192	214.5	209.6	1060	
1:30 p. m.	208.4	217.2	216.5	1046	
1:45 p. m.	208.1	225.2	223.7	964	
2:00 p. m.	214.7	227.1	228.8	973	
2:15 p. m.	215.6	229.8	230.7	352	
2:30 p. m.	218.9	232.8	232.8	867	
2:45 p. m.	223.1	230.4	234	947	
3:00 p. m.	228.5	233.1	235.4	1008	