



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

**Influencia del enfriamiento por sumersión en agua en la
eficiencia de un panel fotovoltaico policristalino**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTOR:

Mendoza Zambrano, Jose Hipolito (orcid.org/0000-0002-5135-4277)

ASESOR:

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

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Generación, Transmisión y Distribución

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

TRUJILLO – PERÚ

2023

Dedicatoria

Dedico este trabajo de investigación a mis padres, por haberme enseñado que con esfuerzo siempre seguiremos avanzando en lo que nos proponemos.

Agradecimiento

A Dios por la vida que me dio, y darme la oportunidad de ser mejor persona siempre.

A mi asesor metodológico y especialista, por sus guías y enseñanzas en este camino profesional.

A la Universidad César Vallejo, por ser mi casa de estudios y de muchos jóvenes más que quieren salir adelante.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, CASTRO ANTICONA WALTER MIGUEL, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "Influencia del enfriamiento por sumersión en agua en la eficiencia de un panel fotovoltaico policristalino.", cuyo autor es MENDOZA ZAMBRANO JOSE HIPOLITO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 3.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

TRUJILLO, 12 de Julio del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
CASTRO ANTICONA WALTER MIGUEL DNI: 18173382 ORCID: 0000-0002-8127-4040	Firmado electrónicamente por: CASTROA el 23-07- 2023 11:07:28

Código documento Trilce: TRI - 0587601





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, MENDOZA ZAMBRANO JOSE HIPOLITO estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Influencia del enfriamiento por sumersión en agua en la eficiencia de un panel fotovoltaico policristalino.", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

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

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

Nombres y Apellidos	Firma
JOSE HIPOLITO MENDOZA ZAMBRANO DNI: 45343817 ORCID: 0000-0002-5135-4277	Firmado electrónicamente por: JMENDOZAZ el 12-07- 2023 23:11:13

Código documento Trilce: TRI – 0587600



Índice de contenidos

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Declaratoria de Autenticidad del Asesor.....	iv
Declaratoria de Originalidad del Autor	v
Índice de contenidos	vi
Índice de tablas	vii
Índice de figuras.....	viii
Resumen	ix
Abstract	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO:.....	5
III. METODOLOGÍA.....	7
3.1. Tipo y diseño de investigación:.....	7
3.2. Variables y operacionalización:	8
3.3. Población, muestra y muestreo.	9
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	9
3.5. Procedimientos:.....	10
3.6. Método de análisis de datos	10
3.7. Aspectos éticos.....	11
IV. RESULTADOS	12
V. DISCUSIÓN.....	24
VI. CONCLUSIONES.....	28
VII. RECOMENDACIONES	29
REFERENCIAS.....	30
ANEXOS.	33

Índice de tablas

Tabla 1. Potencia para los distintos tipos de carga con profundidad de sumersión: 0 CM.....	12
Tabla 2. Potencia para los distintos tipos de carga con profundidad de sumersión: 2 CM.....	13
Tabla 3. Potencia para los distintos tipos de carga con profundidad de sumersión: 4 CM.....	14
Tabla 4. Potencia para los distintos tipos de carga con profundidad de sumersión: 6 CM.....	14
Tabla 5. Eficiencias para los distintos tipos de circuitos con profundidad de sumersión: 0 cm.	15
Tabla 6. Eficiencias para los distintos tipos de circuitos con profundidad de sumersión: 2 cm.	16
Tabla 7. Eficiencias para los distintos tipos de circuitos con profundidad de sumersión: 4 cm.	16
Tabla 8. Eficiencias para los distintos tipos de circuitos con profundidad de sumersión: 6 cm.	17

Índice de figuras

Figura 1. Gráfica comparativa de Eficiencia vs. Irradiancia para el circuito "A"	18
Figura 2. Gráfica comparativa de Eficiencia vs. T.S. para el circuito "A"	19
Figura 3. Gráfica comparativa de Eficiencia vs. Irradiancia para el circuito "B"	20
Figura 4. Gráfica comparativa de Eficiencia vs. T.S. para el circuito "B"	21
Figura 5. Gráfica comparativa de Eficiencia vs. Irradiancia para el circuito "C"	22
Figura 6. Gráfica comparativa de Eficiencia vs. T.S. para el circuito "C"	23

Resumen

Esta investigación desarrollo como objetivo principal evaluar la influencia del enfriamiento por sumersión en agua en la eficiencia de un panel fotovoltaico, por lo tanto, se desarrolló una investigación con enfoque cuantitativo de tipo aplicada. Por su diseño la investigación es pre-experimetal con un alcance explicativo.

Se investigó con una población de 3 paneles fotovoltaicos policristalinos conectados a cargas con resistencias de 1Ω (circuito A), mayor a 1Ω (circuito B), y menor a 1Ω (circuito C), y estos a su vez sumergidos en agua a profundidades de 0, 2, 4 y 6 cm. Para el circuito A, la máxima eficiencia registrada fue el panel sumergido a 2 cm con 13.95% con una irradiancia de 463 w/m^2 a 25.7°C . Para el circuito B el panel fue el que estaba sumergido a 4 cm teniendo 14.71% de eficiencia con 315 w/m^2 a 25.9°C . Y para el circuito C el panel sumergido a 2cm con un valor máximo de 13.41% con 815 w/m^2 a 31.8°C . Se concluyo que el valor de eficiencia máxima no necesariamente son los valores de mayor potencia generada, también que los valores de eficiencia máxima están entre 350 y 650 w/m^2 para los circuitos A y B.

Palabras clave: Enfriamiento, sumersión, eficiencia, panel fotovoltaico

Abstract

The main objective of this research was to evaluate the influence of cooling by immersion in water on the efficiency of a photovoltaic panel, therefore, an applied research with a quantitative approach was developed. By design, the research is pre-experimental with an explanatory scope.

It was investigated with a population of 3 polycrystalline photovoltaic panels connected to loads with resistances of 1Ω (circuit A), greater than 1Ω (circuit B), and less than 1Ω (circuit C), and these in turn submerged in water at depths of 0, 2, 4 and 6 cm. For circuit A, the maximum efficiency recorded was the panel submerged at 2 cm with 13.95% with an irradiance of 463 w/m^2 at 25.7°C . For circuit B, the panel was the one that was submerged at 4 cm, having 14.71% efficiency with 315 w/m^2 at 25.9°C . And for circuit C the panel submerged at 2cm with a maximum value of 13.41% with 815 w/m^2 at 31.8°C . It was concluded that the maximum efficiency value is not necessarily the values of the highest power generated, also that the maximum efficiency values are between 350 and 650 w/m^2 for circuits A and B.

Keywords: Cooling, submersion, efficiency, photovoltaic panel

I. INTRODUCCIÓN

Los sistemas fotovoltaicos funcionan de forma limpia y silenciosa, sin partes móviles ni emisiones ambientales que acompañen su trabajo, por lo que pueden considerarse estaciones de producción sin impacto ecológico. Por lo tanto, el avance tecnológico se ha vuelto fundamental para desarrollar, utilizar y alejarse de los métodos de producción tradicionales (Al-Zurfi et al. 2020). Las soluciones de seguimiento solar y batería integrada han mejorado la eficiencia general del sistema previsto, ya que se prevé que los precios de los dispositivos de almacenamiento bajen. (Abed et al. 2022).

Muchos trabajos de investigación se han dedicado a aumentar el potencial de los sistemas fotovoltaicos a partir de la optimización de la ubicación de los paneles fotovoltaicos en el ángulo de inclinación adecuado con respecto a la superficie terrestre (Bayrak, Oztop, Selimefendigil 2020). Los científicos han desarrollado modelos y programas para encontrar el ángulo de inclinación para estos dispositivos en el que las células fotovoltaicas podrían absorber la máxima energía (Fayaz et al. 2019). Los modelos desarrollados permiten aumentar la eficiencia de los sistemas fotovoltaicos, teniendo en cuenta las especificidades locales. (Stopochkin, Sytnik 2022).

El enorme incremento de la necesidad de energía ocasionado por el gran aumento de los habitantes, el desarrollo tecnológico y la industrialización se satisface principalmente con fuentes de combustibles fósiles predominantes (Gilmore, Timchenko, Menictas 2018). Recientemente, la atmósfera está experimentando un peor calentamiento global debido a la dependencia excesiva de estas fuentes de combustibles fósiles finitas y contaminadas. (Tahir et al. 2022).

La demanda de energía eléctrica en Irak aumenta drásticamente en el verano, especialmente durante las horas calurosas del día, cuando el uso principal de la energía eléctrica es enfriar el aire dentro de las casas y los edificios. Irak sufre actualmente un déficit en el suministro de energía de forma continua debido al aumento de la demanda. El incremento de la necesidad de energía eléctrica hace que la energía solar sea una fuente ideal para cubrir el déficit (Bayrak, Oztop, Selimefendigil 2019). El problema del aumento de las temperaturas de verano hasta 47 grados centígrados conduce a un aumento de la temperatura de las células

solares a niveles elevados, lo que conduce a una disminución de la eficiencia de las células. (Valizadeh, Razaq, et al. 2022).

Las tasas de consumo de están incrementando en toda su extensión global, por ejemplo, el consumo de electricidad promedio mundial creció casi un 1 % anual entre 2011 y 2016. Casi el 40 % y el 27 %, respectivamente, del uso de energía mundial correspondió al sector de la construcción y el sector residencial durante el mismo período (El Mays et al. 2017). La aplicación de las normas energéticas de los edificios logró reducir el consumo anual de tarifas energéticas en la Unión Europea entre un 6 % y un 22 % y en China entre un 13 % y un 22 % entre 2013 y 2016. Mientras tanto se está avanzando en África, América Latina y el Medio Oriente en las actividades de regulación energética. (Adly, El-Khouly 2022)

La demanda de energía aumenta día a día. Con el aumento de la demanda, comenzaron a surgir preocupaciones sobre el punto de equilibrio en los modelos económicos. El Foro Mundial de la Energía hace hincapié en el rápido agotamiento de los combustibles fósiles como el diésel, el gas natural y el carbón (Elminshawy et al. 2019). Según las previsiones del foro, estos recursos energéticos fósiles se agotarán en el próximo siglo. Así, el equilibrio oferta-demanda se deteriorará gradualmente, y este deterioro llevará a las comunidades a satisfacer la demanda de diferentes fuentes. (Kılıç, Kesen 2022).

La energía renovable se cuenta como una de las posibilidades más prometedoras para suplir la demanda energética de la población en el futuro en muchos aspectos, incluido el transporte, las necesidades residenciales, el campo industrial, la producción de electricidad, etc (Sajjad et al. 2019). La crisis energética se está volviendo cada vez más grave a medida que los combustibles fósiles se usan indefinidamente, lo que provoca problemas de contaminación ambiental. Por ello, se han propuesto diferentes políticas para incrementar el uso de recursos energéticos renovables. (Al-Falahat et al. 2022).

El interés por reducir el consumo de energía en las edificaciones es reconocido mundialmente como una prioridad. Los edificios representan aproximadamente 40% del consumo global de energía, y 36% del CO₂ asociado emisiones (Salem et al. 2019). Al mismo tiempo, la necesidad de electrificar la energía la demanda para facilitar la reducción de contaminantes que provocan

efecto invernadero, y reducir los potenciales de calentamiento del cambio climático, hace que sea importante localizar nuevas áreas disponibles para la producción de energías renovables. Construir paneles solares fotovoltaicos (PV) en la azotea junto con sistemas eléctricos almacenamiento son un medio demostrado para abordar la energía del edificio ya que las áreas del techo a menudo no están obstruidas a la radiación solar y libremente disponibles para tal utilización (D'Agostino et al. 2022).

Una investigación en la ciudad de Italia de (Bevilacqua et al. 2021), encuentran que la eficiencia energética del panel fotovoltaico de silicio cristalino se ve limitado los el sobrecalentamiento de este, por lo tanto, los investigadores analizaron el empleo de distintos sistemas de enfriamiento como aspersión y convección forzada. Su investigación la realizaron desde agosto hasta marzo como resultado de su encontraron un incremento es su eficiencia diaria promedio de hasta 16% en días calurosos (Bevilacqua, Bruno, Arcuri 2020). También encontraron que los sistemas basados en ventilación forzada y combinados por aspersión y ventilación forzada no es una opción prometedor y viable a comparación de un sistema de enfriamiento solo por aspersión que además tiene una instalación muy sencilla y de bajo costo. (Saxena et al. 2018)

Revisemos también el estudio llevado a cabo en la ciudad de Polonia a cargo de (Sornek et al. 2022), en donde tiene la intención de mejorar el rendimiento mediante la refrigeración de paneles fotovoltaicos. Este enfoque consiste en disminuir la temperatura de funcionamiento con la intención que aumente su eficiencia y energía producida (Osma-Pinto, Ordóñez-Plata 2019). En la investigación se probaron dos paneles fotovoltaicos disponibles en el mercado sometidos a pruebas de laboratorio y condiciones reales. Encontró que los problemas de calentamiento de superficie reducen la eficiencia de generación de electricidad.(Zanlorenzi, Szejka, Canciglieri 2018)

Es de gran importancia conocer estos valores de medición de eficiencia ya que contribuimos con aumentar la vida útil de los paneles fotovoltaicos para aquellas zonas donde las personas tienen mayor valor radiación solar y mayor temperatura de superficie, al promover el enfriamiento por sumersión abarcando

directamente dos de los mayores factores de pérdida de energía que son por suciedad o sombra y los aumentos de temperatura. (Zubeer, Ali 2021)

Por consiguiente, se consideró como problema general: ¿Cómo influye el enfriamiento por sumersión en agua en la eficiencia de un panel fotovoltaico policristalino?, y como problemas específicos: ¿Cómo evaluar la potencia eléctrica de paneles fotovoltaicos con distinta profundidad de sumersión en agua?, y ¿Cómo determinar las eficiencias de paneles fotovoltaicos con distinta profundidad de sumersión en agua?, para desarrollar los problemas encontrados se propuso un objetivo general: Evaluar la influencia del enfriamiento por sumersión en agua en la eficiencia de un panel fotovoltaico. Adicionalmente se consideró objetivos específicos: Evaluar la potencia eléctrica generada independientemente por tres paneles fotovoltaicos de prueba: dos sumergidos en agua a diferentes profundidades y otro expuesto al ambiente. La evaluación se realizó para diferentes niveles de carga. Determinar las eficiencias de generación eléctrica para cada uno de los casos evaluados. Para este trabajo se desarrolló la hipótesis: El enfriamiento por sumersión si influye en la eficiencia de un panel fotovoltaico policristalino.

II. MARCO TEÓRICO

En los estudios realizados por (Nabil, Mansour 2022), quien es su investigación realizada en la Facultad de Ingeniería de Ismailia en Egipto estudio diferentes técnicas de enfriamiento con módulos fotovoltaicos policristalinos y comparo voltajes de salida, temperatura y eficiencia del panel. Tuvo 4 casos de estudios distintos siendo uno de estos el enfriamiento por agua. Su investigación observo que había un aumento en la salida del voltaje en un 7.43% disminuyo la temperatura promedio hasta en 29% y aumento la eficiencia hasta en un 6%, todos estos valores con el enfriamiento con agua. Concluyó que la temperatura del panel fotovoltaico es inversamente proporcional a la eficiencia del panel fotovoltaico.

En la investigación que se realizó en la parte sur de Irak (Sultan, Farhan, Salim Alrikabi 2021) estudio el efecto de la temperatura en la eficiencia de un panel fotovoltaico, utilizo dos métodos de enfriamiento, por agua y por aire, en sus resultados demostró que el enfriamiento por agua mejoro la eficiencia del módulo fotovoltaico con un valor de hasta 11% enfriando hasta con una temperatura de 21°C.

En la investigación de (Olawole et al. 2019)realizado en la Universidad Covenant, Nigeria, se estudió dos tipos de enfriamiento a los paneles solares (activas y pasivas) para suprimir el calor que afecta el rendimiento de los paneles fotovoltaicos, encontrando en sus resultados una mejora de la eficiencia con el agua hasta en un 14%, encontrando también que se pudo reducir el aumento de la temperatura.

Para el estudio de (Valizadeh, Alrubei, et al. 2022), que se realizó en la facultad de Ingeniería en la Universidad Wasit, Irak, estudio alternativas de generar energía eléctrica con el mejor costo posible con la ayuda de paneles fotovoltaicos, su objetivo fue superar los problemas como elevada temperatura del panel y perdida de eficiencia por acumulación de polvo, investigo un panel sumergido totalmente a unos centímetros de la superficie. Pudo obtener una eficiencia constante de este dispositivo inclusive en los periodos de tiempo más calurosos del año.

Se encontró también una investigación de (Al-Ghezi, Ahmed, Chaichan 2022) realizada en la Universidad de Tecnología de Irak en Bagdad, Irak. En su investigación analizo la influencia de la temperatura de funcionamiento y radiación solar en la potencia y eficiencia de paneles fotovoltaicos. En este trabajo se apoyó con una simulación por computadora con las características de un panel fotovoltaico de 120W encontrando que tanto la potencia de salida y su eficiencia aumentaron, sin embargo, con el aumento de temperatura estos decayeron. Por cada 1°C de aumento la potencia disminuye un 0.4% y la eficiencia un 0.5%. Concluyo que los parámetros de un panel en condiciones reales se comportan distinto a los de uno en condiciones de prueba estándar.

Por otra parte (Shalaby et al. 2022) investigo en Egipto sobre el enfriamiento de la superficie posterior de un panel fotovoltaico y como afecta su eficiencia.

Se considera novedoso porque también introduce una forma eficiente de precalentar agua de alimentación del sistema de desalinización por osmosis inversa, realizaron pruebas con paneles fotovoltaicos idénticos, con y sin refrigeración, y encontró que un mejoramiento de 17% entre el sistema refrigerado a comparación de sistema no refrigerado.

Un trabajo de investigación realizado en la Universidad del Tanta en Egipto realizada por (Madhu et al. 2019) realizo un trabajo experimental donde plantea mejorar la eficiencia eléctrica de un panel fotovoltaico y lo compara con un alambique solar convencional, encontrando que a mayor profundidad va disminuyendo la eficiencia de los dispositivos y que la eficiencia eléctrica aumento de un 11.75% a un 12.13% de un panel parcialmente sumergido a uno totalmente sumergido.

La investigación de (Sharma et al. 2018) que se llevó a cabo en una Universidad en la India. Su trabajo tuvo como objetivo aumentar la eficiencia de un panel fotovoltaico mediante el enfriamiento con agua, y resulto que no solo la eficiencia de este dispositivo disminuyo con el aumento de la temperatura de la superficie, sino que también su vida útil también disminuye al estar operando constantemente a altas temperaturas. La tasa de caída de temperatura que se registro en su trabajo fue de 2 °C/min a 4.5 °C/min.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación:

3.1.1 Tipo de Investigación:

Conforme a su propósito, un estudio será aplicada, siempre y cuando busque emplear las competencias que se obtuvieron ante una realidad problemática. (Gabriel-Ortega 2017). Este estudio se consideró que es de tipo aplicada por que intentó evaluar la influencia del enfriamiento por sumersión en agua en la eficiencia de un panel fotovoltaico en diferentes condiciones y con diferentes cargas, utilizando conocimientos que se adquirió en aula.

Se consideró de enfoque cuantitativo en una investigación debido a que partimos de una idea, la delimitamos, originamos objetivos y preguntas de investigación, con la ayuda de otras investigaciones sobre el tema construimos nuestro marco teórico, nuestras preguntas generaron hipótesis y nos ayudaron a definir las variables de estudio, de las cuales establecimos unidades de medida para someterlas a prueba en un lugar y tiempo determinado, procesamos los resultados con el apoyo de software Excel de Office y al final obtendremos nuestras conclusiones (Hernández Sampieri, Mendoza Torres no date). Esta investigación es de enfoque cuantitativo por que buscó analizar en qué medida la eficiencia de un panel fotovoltaico es influenciada por la sumersión en agua.

3.1.2 Diseño de Investigación:

Se considero de tipo experimental por lo que tradicionalmente, la variable independiente origina una repercusión en la variable que se pretende influenciar. Y como sub diseño se define como pre-experimental, aquel en que su variable dependiente deberá ser cuantificada con instrumentos validados en dos etapas: pre y post test (Ramos-Galarza 2021).

En esta pesquisa se consideró que es un diseño de tipo experimental porque se cambió las condiciones del entorno para el funcionamiento de

un panel fotovoltaico para monitorear y registrar su potencia de salida y temperatura con distintos niveles de radiación solar (distintas horas del día). Exactamente es de tipo pre-experimental por que se midió la variación de la eficiencia antes y después de la manipulación de su variable de enfriamiento.

Debido a su alcance este estudio es de nivel explicativo ya que se indago la influencia del enfriamiento por sumersión en agua, en la eficiencia de un panel fotovoltaico.



Dónde:

GE: Grupo Experimental

O1: Eficiencia (pre prueba)

X: Enfriamiento por sumersión

O2: Eficiencia (post prueba)

3.2. Variables y operacionalización:

Enfriamiento por sumersión

Es un método de enfriamiento de tipo pasivo en el que para extraer calor del panel fotovoltaico se usa la convección o conducción. (Olawole et al. 2019)

Eficiencia de Panel Fotovoltaico

Se define a la eficiencia como la relación entre la potencia eléctrica a la salida del panel fotovoltaico, y la radiación solar que cae sobre la celda fotovoltaica.

(Al-Ghezi, Ahmed, Chaichan 2022)

3.3. Población, muestra y muestreo.

Población:	Tres Paneles Fotovoltaicos de 200 W (2 sumergidos y 1 no).
Criterios de Inclusión:	Panel fotovoltaico (tipo, dimensión, calidad, procedencia)
Criterios de Exclusión:	Panel Fotovoltaico no sumergibles, no aptos para ambientes húmedos, y muy costosos.
Muestra:	Tres paneles fotovoltaicos 200 W
Muestreo:	No Probabilístico, por conveniencia.
Unidades de Análisis:	Los tres paneles fotovoltaicos.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica

Con el fin de realizar mediciones a las variables, fue de utilidad la técnica de la observación, para analizar los indicadores de la eficiencia y el sistema de enfriamiento de los paneles fotovoltaicos.

Instrumento

Para la conseguir los datos importantes para este estudio se consideró como instrumento la ficha de registro de datos (ver Anexo 2), para monitoreo de irradiancia, potencia de salida, y la temperatura de los paneles fotovoltaicos.

Validez

La validez de los instrumentos, según disposición de la Universidad César Vallejo, no fue necesario el uso de la matriz de evaluación por juicio de expertos, ya que esta investigación es de tipo aplicada y según su enfoque es de tipo cuantitativa.

3.5. Procedimientos

Este estudio comienza con la aprobación de las técnicas e instrumentos mencionados anteriormente por los asesores del curso.

El experimento se realizó en condiciones climáticas de Víctor Larco Herrera (-8.147913768129152, -79.04418620166642) en Trujillo – La Libertad, durante los periodos de mayo y junio. Se utilizó 3 paneles de 200W (EGE-200P-72), uno en condiciones de medio ambiente y dos sumergidos en 2 y 4 cm de profundidad, luego de un mes de mediciones se midió con profundidades de 2 y 6 cm. Para protección de los componentes eléctricos del panel, se procedió a proteger con un adhesivo de silicona. Por otra parte, se diseñó 3 circuitos eléctricos que incluyeron cargas eléctricas (luminarias) teniendo estos la siguiente configuración: un circuito con una carga luminaria que posee una resistencia de 1Ω en adelante se llamó circuito A. Un circuito con dos cargas eléctricas conectadas en serie con una resistencia equivalente de 1.9Ω , en adelante se llamó circuito B. Un circuito eléctrico con dos cargas eléctricas conectadas en paralelo con una resistencia equivalente de 0.7Ω (ver anexo 4).

A continuación, se usó el instrumento que se había propuesto para este estudio, para luego realizar un escrutinio de los datos obtenidos y finalizar con las conclusiones que se pueda obtener del procesamiento de la información

3.6. Método de análisis de datos

Para el procesamiento de datos de este nivel de investigación, la información tomada de las técnicas e instrumentos mencionadas fue analizado y procesado con ayuda de Microsoft Excel con la intención de ordenar y exponer la información para su desarrollo, ya sea para pre y post prueba.

3.7. Aspectos éticos

En este estudio finalizado tuvo un profundo respeto hacia las autorías, dando a conocer todas las referencias textuales que contribuyeron a la elaboración de este estudio.

Para la formación de esta investigación se respetó las normativas de las guías para los documentos de investigación que autorizo la Universidad César Vallejo. Hubo un profundo respeto por la habilitación de información dada por personas, empresas, docentes e investigadores que contribuyen al enriquecimiento de esta investigación y hacer presente que esa información no será utilizada con otros fines particulares.

IV. RESULTADOS

Habiendo utilizado los instrumentos de recolección de datos, se presentó los resultados obtenidos de los diferentes paneles enfriados a distintas profundidades, en las siguientes tablas:

Objetivo Especifico 1: Evaluar la potencia eléctrica generada independientemente por tres paneles fotovoltaicos de prueba: dos sumergidos en agua y otro expuesto al ambiente.

Tabla 1. *Potencia para los distintos tipos de carga con profundidad de sumersión: 0 CM*

Circuito "A"			Circuito "B"			Circuito "C"		
Voltaje (V)	Intensidad (A)	Potencia (W)	Voltaje (V)	Intensidad (A)	Potencia (W)	Voltaje (V)	Intensidad (A)	Potencia (W)
1.88	3.55	6.67	6.60	1.84	12.14	0.00	0.00	0.00
4.90	2.16	10.58	7.35	1.92	14.11	0.00	0.00	0.00
9.44	3.00	28.32	16.70	2.86	47.76	0.00	0.00	0.00
15.00	3.84	57.60	18.60	2.96	55.06	4.46	4.01	17.88
17.40	4.17	72.56	18.80	3.02	56.78	6.08	4.70	28.58
17.90	4.20	75.18	18.80	3.00	56.40	9.45	5.88	55.07
18.30	4.26	77.96	19.10	3.04	58.06	12.40	6.78	84.07
18.00	4.24	76.32	18.80	3.03	56.96	15.50	7.73	119.82
18.40	4.30	79.12	19.40	3.09	59.95	16.80	8.07	135.58

En la tabla 1 se observó los valores de las potencias (W), se calcularon de los valores medidos en cada circuito instalado, solo en el caso cuando el panel fotovoltaico tuvo una profundidad de sumersión de 0 cm, es decir estuvo expuesto al ambiente en condiciones ambientales. Se observó que el circuito C no presentó valores de potencia al inicio a comparación del circuito A y B, debido a que los el valor de la Irradiancia fueron bajos.

Se observó que para los valores de potencia al final de la tabla fueron los más altos respectivamente de cada circuito debido que se midió con los valores más altos de Irradiancia registrada.

Se mostró que el rango de potencia para el circuito A fue de 6 a 79W, en el circuito B de 12 a 59W, y en el circuito C de 0 a 135W.

Tabla 2. Potencia para los distintos tipos de carga con profundidad de sumersión: 2 CM

Circuito "A"			Circuito "B"			Circuito "C"		
Voltaje (V)	Intensidad (A)	Potencia (W)	Voltaje (V)	Intensidad (A)	Potencia (W)	Voltaje (V)	Intensidad (A)	Potencia (W)
4.70	2.06	9.68	8.6	2.03	17.46	0.00	0.00	0.00
6.55	2.46	16.11	12.20	2.43	29.65	0.00	0.00	0.00
10.90	3.22	35.10	17.80	2.94	52.33	0.00	0.00	0.00
18.20	4.26	77.53	19.50	3.05	59.48	7.44	5.25	39.0
18.10	4.23	76.46	19.70	3.08	60.68	9.20	5.79	53.27
18.90	4.30	81.27	19.80	3.13	61.97	11.60	6.56	76.10
19.10	4.35	83.06	19.90	3.12	62.09	15.00	7.52	112.80
19.20	4.39	84.29	19.90	3.13	62.29	16.50	7.95	131.18
19.90	4.49	89.35	20.40	3.12	63.65	17.70	8.31	147.09

En la tabla 2 se observó los valores de las potencias (W), se calcularon de los valores medidos en cada circuito instalado, solo en el caso cuando el panel fotovoltaico tuvo una profundidad de sumersión de 2 cm. Se observó que el circuito C no presentó valores de potencia al inicio a comparación del circuito A y B, debido a que los valores de la Irradiancia fueron bajos.

Se apreció que para los valores de potencia al final de la tabla son los más altos respectivamente de cada circuito debido que se midió con los valores más altos de Irradiancia registrada. Se mostró que el rango de potencia para el circuito A fue de 9 a 89W, en el circuito B de 17 a 63W, y en el circuito C de 0 a 147W.

Tabla 3. *Potencia para los distintos tipos de carga con profundidad de sumersión: 4 CM*

Circuito "A"			Circuito "B"			Circuito "C"		
Voltaje (V)	Intensidad (A)	Potencia (W)	Voltaje (V)	Intensidad (A)	Potencia (W)	Voltaje (V)	Intensidad (A)	Potencia (W)
3.67	1.89	6.94	6.68	1.81	12.09	0.00	0.00	0.00
5.80	2.31	13.40	10.80	2.30	24.84	0.00	0.00	0.00
8.68	2.85	24.74	15.40	2.72	41.89	0.00	0.00	0.00
9.75	3.00	29.25	18.10	2.96	53.58	0.00	0.00	0.00
12.80	4.22	54.02	19.06	3.06	58.32	6.60	4.91	32.41
18.70	4.26	79.66	19.50	3.07	59.87	7.94	5.42	43.03
18.60	4.26	76.24	19.40	3.09	59.95	9.31	5.84	54.37
19.20	4.36	83.71	20.00	3.14	62.80	12.20	6.75	82.35
19.50	4.41	86.00	20.20	3.15	63.63	16.10	7.80	125.58

En la tabla 3 se observó los valores de las potencias (W), se calcularon de los valores medidos en cada circuito instalado, solo en el caso cuando el panel fotovoltaico tiene una profundidad de sumersión de 4 cm. Se observó que el circuito C no presentó valores de potencia al inicio a comparación del Circuito A y B, debido a que los valores de la Irradiancia fueron bajos.

Se apreció que para los valores de potencia al final de la tabla son los más altos respectivamente de cada circuito debido que se midió con los valores más altos de Irradiancia registrada. Se mostró que el rango de potencia para el circuito A fue de 6 a 86W, en el circuito B de 12 a 63W, y en el circuito C de 0 a 125W.

Tabla 4. *Potencia para los distintos tipos de carga con profundidad de sumersión: 6 CM*

Circuito "A"			Circuito "B"			Circuito "C"		
Voltaje (V)	Intensidad (A)	Potencia (W)	Voltaje (V)	Intensidad (A)	Potencia (W)	Voltaje (V)	Intensidad (A)	Potencia (W)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.59	2.04	9.36	8.60	2.04	17.54	0.00	0.00	0.00
9.89	3.02	29.87	16.90	2.86	48.33	0.00	0.00	0.00
17.70	4.20	74.34	19.40	3.08	59.75	9.80	6.07	59.49
17.90	4.20	75.18	19.30	3.03	58.48	7.54	5.34	40.26
18.10	4.25	76.93	19.20	3.06	58.75	10.00	6.05	60.50
18.90	4.33	81.84	19.20	3.12	62.09	13.70	7.14	97.82

En la tabla 4 se observó los valores de las potencias (W), se calcularon de los valores medidos en cada circuito instalado, solo en el caso cuando el panel fotovoltaico tiene una profundidad de sumersión de 6 cm. Se observó que el circuito A, B y C no presentaron valores de potencia al inicio, debido a que los el valor de la Irradiancia fueron bajos.

Se apreció que para los valores de potencia al final de la tabla son los más altos respectivamente de cada circuito debido que se midió con los valores más altos de Irradiancia registrada. Se mostró que el rango de potencia para el circuito A fue de 0 a 81W, en el circuito B de 0 a 62W, y en el circuito C de 0 a 97W.

Objetivo Especifico 2: Determinar las eficiencias de generación eléctrica para cada uno de los casos evaluados.

Tabla 5. Eficiencias para los distintos tipos de circuitos con profundidad de sumersión: 0 cm.

T. Superficie (°C)	Irradiancia (W/m ²)	Efic. "A"	Efic. "B"	Efic. "C"
27.00	152.00	3.66%	6.66%	0.00%
27.00	220.00	4.01%	5.32%	0.00%
33.80	301.00	7.84%	13.22%	0.00%
39.70	439.00	10.93%	10.45%	3.39%
40.40	508.00	11.90%	9.31%	4.69%
43.50	605.00	10.36%	7.77%	7.65%
44.80	722.00	9.00%	6.70%	9.70%
51.30	819.00	7.77%	5.80%	12.19%
46.50	940.00	7.01%	5.31%	12.02%

Nota: El área efectiva del panel es de 1.2 m²

En la tabla 5, se obtuvo el resultado de un panel fotovoltaico ante los distintos circuitos que evaluamos con una profundidad de sumersión de 0 cm, es decir a condiciones ambientales normales, se registró que el rango de temperatura de superficie de panel oscilo entre los 27°C a los 51°C.

Se observo que la mejor eficiencia no necesariamente se ubicó cuando hubo una mayor cantidad de irradiancia y que con niveles de temperatura de superficie elevados también se obtuvo valores bajos de eficiencia en todos los circuitos.

Tabla 6. *Eficiencias para los distintos tipos de circuitos con profundidad de sumersión: 2 cm.*

T. Superficie (°C)	Irradiancia (W/m ²)	Efic. "A"	Efic. "B"	Efic. "C"
24.50	151.00	5.34%	9.63%	0.00%
25.60	238.00	5.64%	10.38%	0.00%
25.70	319.00	9.17%	13.67%	0.00%
25.70	463.00	13.95%	10.70%	7.03%
25.70	503.00	12.68%	10.05%	8.83%
31.00	640.00	10.58%	8.07%	9.91%
31.20	704.00	9.83%	7.35%	13.35%
31.80	815.00	8.62%	6.37%	13.41%
28.30	1000.00	7.45%	5.30%	12.26%

Nota: El área efectiva del panel es de 1.2 m²

La tabla 6 indicó los valores de la eficiencia de un panel fotovoltaico sumergido a 2 cm de profundidad ante las cargas de los circuitos A, B y C.

Se registro que el rango de temperaturas oscilo entre 24.5°C y 21.8°C

El valor de las eficiencias más altas no necesariamente se encontró cuando había mayor irradiancia. En el caso del circuito C vemos que con un nivel de irradiancia bajo se logró tener eficiencia alguna.

Tabla 7. *Eficiencias para los distintos tipos de circuitos con profundidad de sumersión: 4 cm.*

T. Superficie (°C)	Irradiancia (W/m ²)	Efic. "A"	Efic. "B"	Efic. "C"
25.20	150.00	3.85%	6.72%	0.00%
25.70	250.00	4.47%	8.28%	0.00%
25.40	274.00	7.52%	12.74%	0.00%
25.90	315.00	7.74%	14.71%	0.00%
24.50	432.00	10.42%	11.25%	6.25%
27.50	568.00	11.69%	8.78%	6.31%
29.00	655.00	10.08%	7.63%	6.92%
28.50	720.00	9.69%	7.27%	9.53%
30.10	830.00	8.63%	6.39%	12.61%

Nota: El área efectiva del panel es de 1.2 m²

En la tabla 7, se obtuvo los resultados de un panel fotovoltaico ante los distintos circuitos que evaluamos con una profundidad de sumersión de 4 cm, se registró que el rango de temperatura de superficie de panel oscilo entre los 22.5°C a los 30°C.

Se observo que la mejor eficiencia no necesariamente se ubicó cuando hubo una mayor cantidad de irradiancia y que para el circuito C, los valores iniciales de eficiencia son 0 debido a que el nivel de irradiancia era muy bajo para que produzcan energía.

Tabla 8. *Eficiencias para los distintos tipos de circuitos con profundidad de sumersión: 6 cm.*

T. Superficie (°C)	Irradiancia (W/m ²)	Efic. "A"	Efic. "B"	Efic. "C"
24.50	165.00	0.00%	0.00%	0.00%
23.10	207.00	3.77%	7.06%	0.00%
24.60	315.00	7.90%	12.79%	0.00%
25.60	482.00	12.85%	10.33%	10.28%
30.50	564.00	11.11%	8.64%	5.95%
30.40	635.00	10.10%	7.71%	7.94%
28.90	735.00	9.28%	7.04%	11.09%

Nota: El área efectiva del panel es de 1.2 m²

En la tabla 8, se obtuvo los resultados de un panel fotovoltaico ante los distintos circuitos que evaluamos con una profundidad de sumersión de 6 cm, se registró que el rango de temperatura de superficie de panel oscilo entre los 23°C a los 30°C.

El valor máximo de irradiancia que se registró en la observación fue de 735 W/m². Se observo que para niveles bajos de irradiancia no se presentó valores de eficiencia de panel en los tres circuitos.

La mejor eficiencia no necesariamente se ubicó cuando hubo una mayor cantidad de irradiancia y que para el circuito C, los valores iniciales de eficiencia son 0 debido a que el nivel de irradiancia era muy bajo para que produzcan energía.

Objetivo General: Evaluar la influencia del enfriamiento por sumersión en agua en la eficiencia de un panel fotovoltaico.

Con la ayuda del software Excel se diseñó las gráficas de las eficiencias a razón de las tablas mostradas anteriormente.

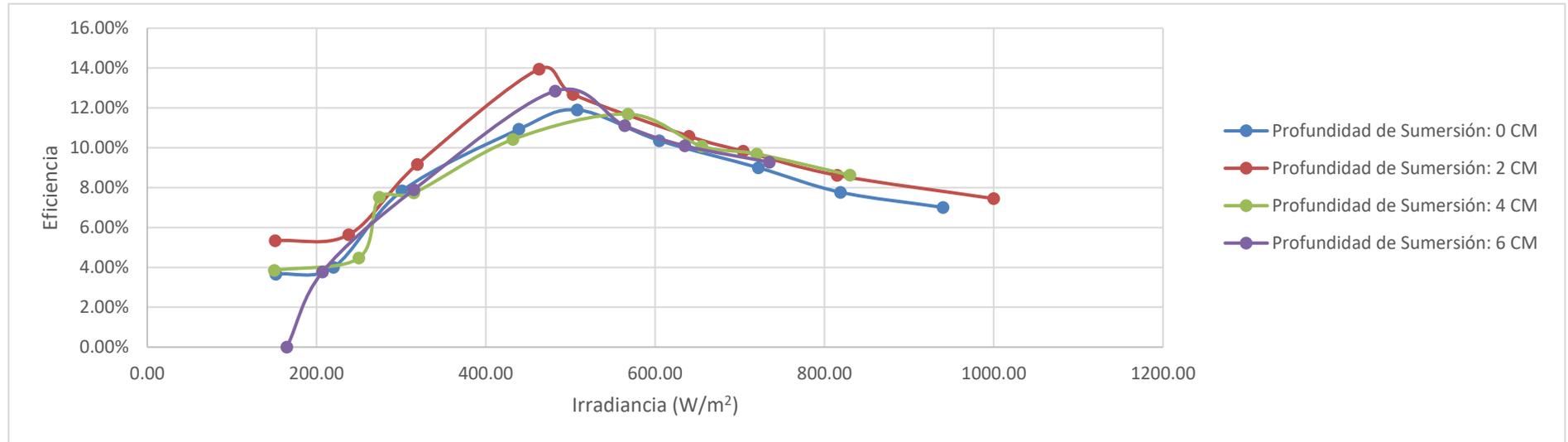


Figura 1. Gráfica comparativa de Eficiencia vs. Irradiancia para el circuito "A"

En la figura 1 se comparó las eficiencias medidas en el circuito A de los paneles que se estudiaron, es decir, con 0, 2,4 y 6 cm de sumersión.

Las curvas tienen un patrón muy semejante cuando hablamos del circuito A, se apreció que también hubo valores de eficiencia desde 0% hasta un 13.95% siendo el valor más alto cuando el panel se sumergió con dos centímetros de profundidad. También se pudo notar que por el hecho de que reciban mayor irradiancia no serían más eficientes.

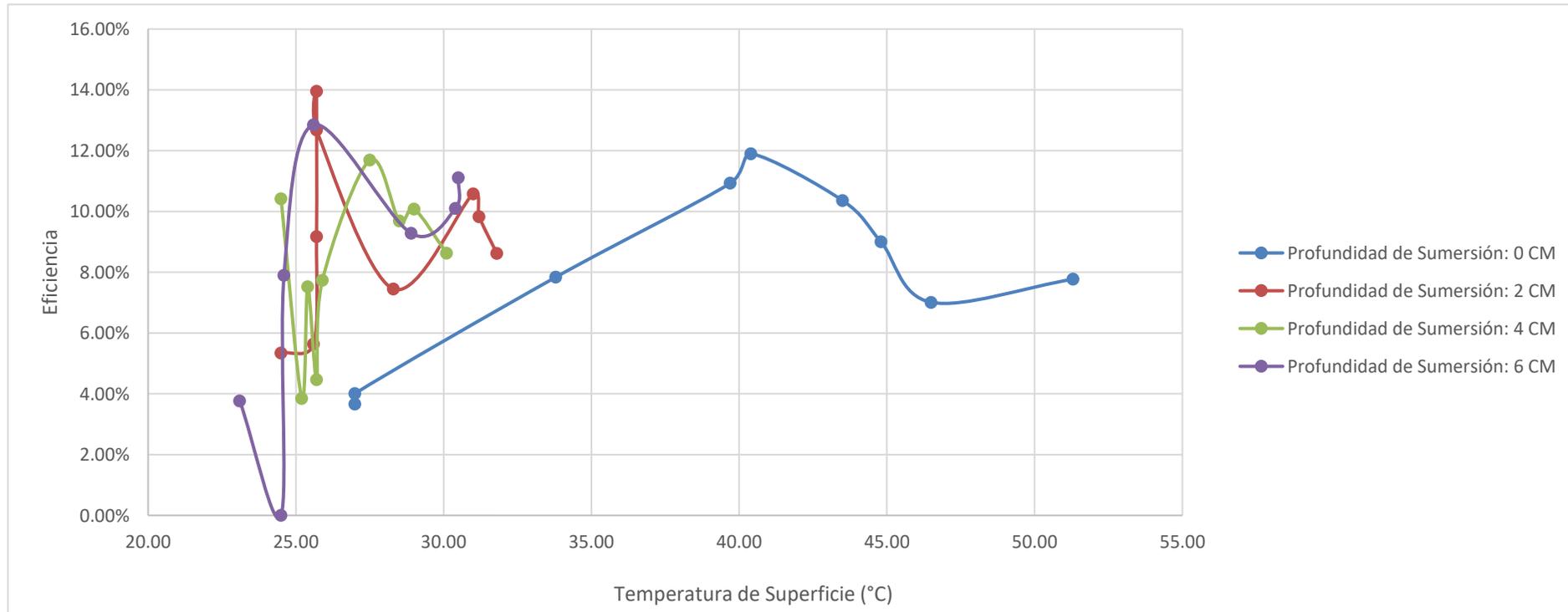


Figura 2. Gráfica comparativa de Eficiencia vs. T.S. para el circuito "A"

En la figura 2 se comparó las eficiencias medidas en el circuito A de todos los paneles de estudio, donde comparamos la eficiencia y la temperatura de superficie, para el panel en condiciones normales expuesto al medio ambiente se observó que a mayor aumento de temperatura tuvo un aumento en su eficiencia hasta unos 40°C aproximadamente, luego tuvo un descenso de su eficiencia conforme aumento su temperatura. A comparación de los otros paneles que su comportamiento es más complejo, se observó que obtuvo un pico más alto de eficiencia con rango de temperaturas muy distantes y los finales de la curva también se obtuvo valores mayores que el panel en condiciones normales.

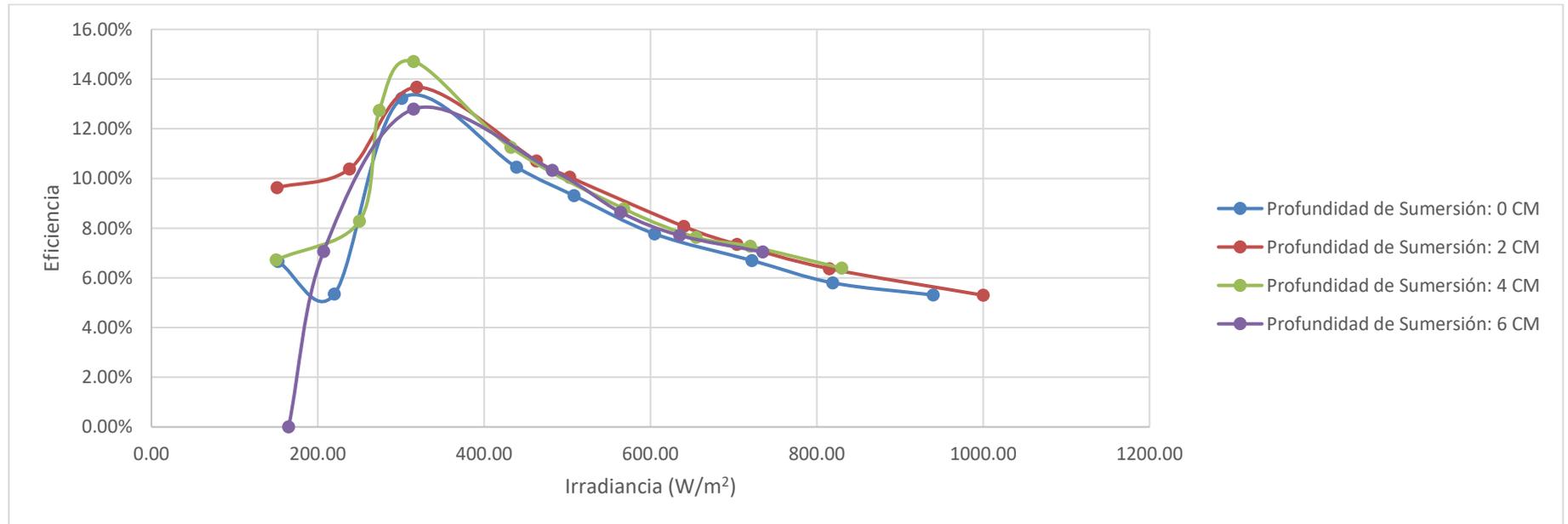


Figura 3. Gráfica comparativa de Eficiencias vs. Irradiancia para el circuito "B"

En la figura 3 se comparó las eficiencias medidas en el circuito B de todos los paneles de estudio, se observó que maneja rangos desde 0% hasta 14.71% siendo el panel sumergido a 4 cm tener un pico de eficiencia mayor que los demás. También se verificó que por el hecho que reciban mayores dosis de irradiancia no necesariamente tendrían una eficiencia mayor.

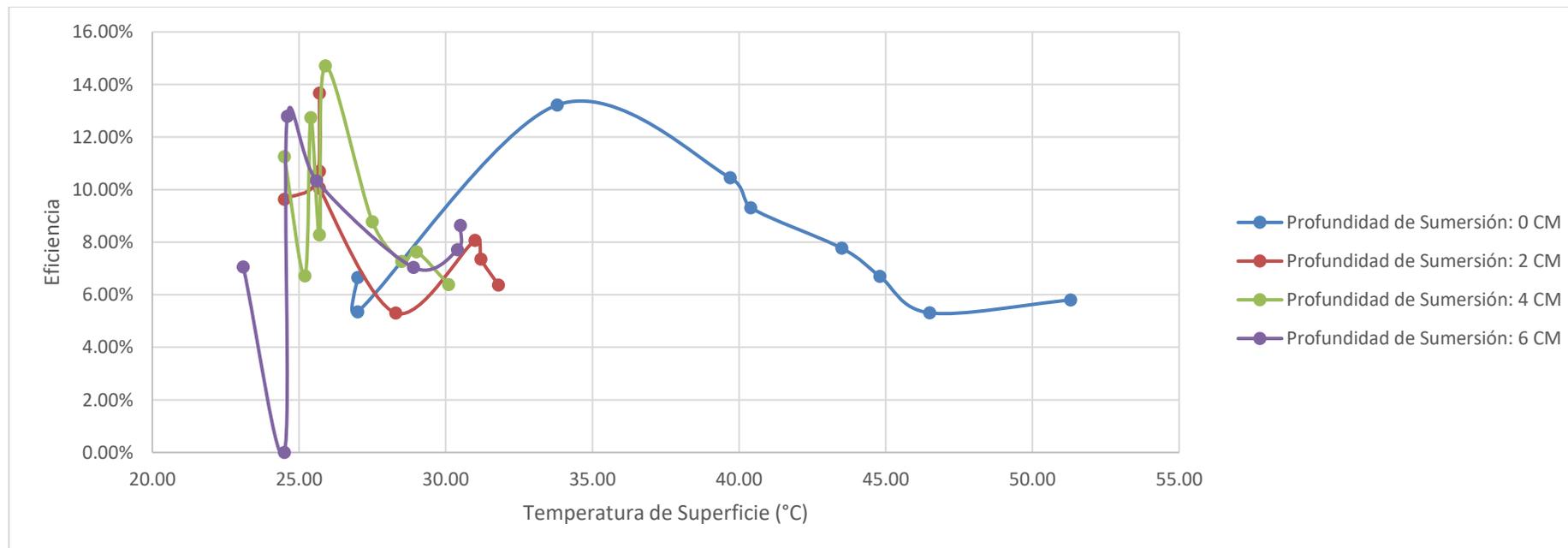


Figura 4. Gráfica comparativa de Eficiencia vs. T.S. para el circuito "B"

En la figura 4 también se comparó las eficiencias de todos los paneles solares con las temperaturas registradas habiéndose encontrado con valores máximos de 14.71% con temperaturas de 25°, en comparación del panel en condiciones normales que obtuvo un máximo de 10.45% con 39°C y una eficiencia de 5.80% cuando su temperatura de superficie se encontró a 51°C.

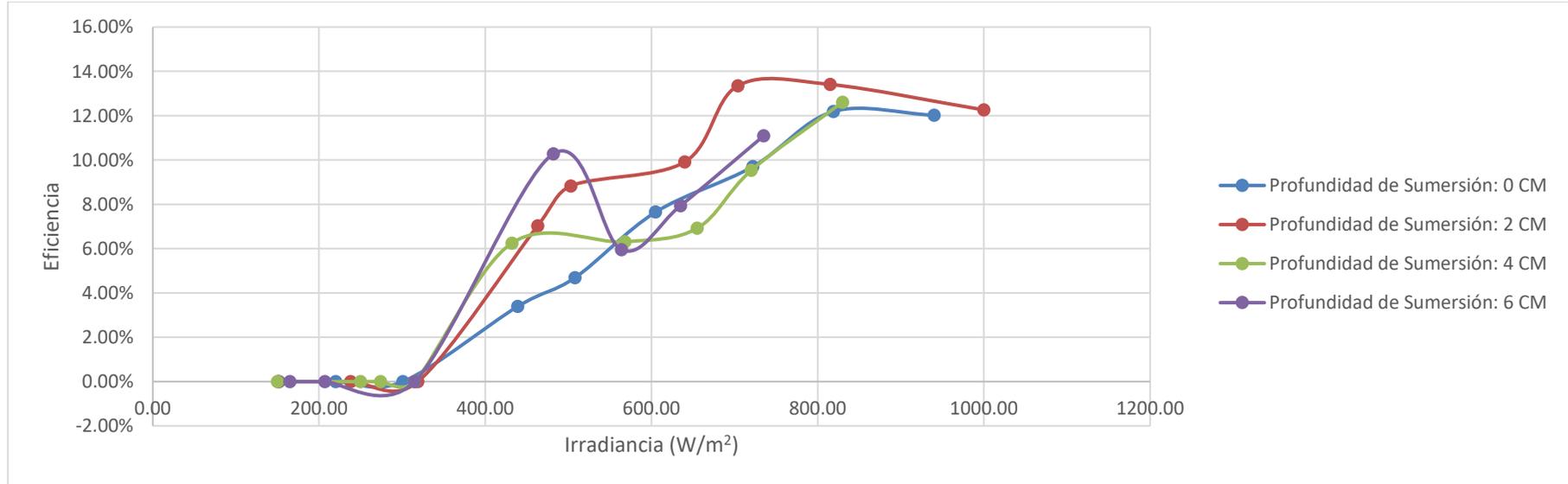


Figura 5. Gráfica comparativa de Eficiencias vs. Irradiancia para el circuito "C"

En la figura 5 se observó que el comportamiento de las eficiencias va tomado una forma más lineal, se notó que a mayor irradiancia había un aumento en las eficiencias teniendo valores máximos del 13% y con una irradiancia menor que la del panel en condiciones normales.

Se observó que el panel sumergido a 2 cm tuvo una mayor eficiencia en comparación con los demás paneles conforme aumentaba la irradiancia.

Se pudo observar que el panel en condiciones normales tuvo un valor mayor de 12%.

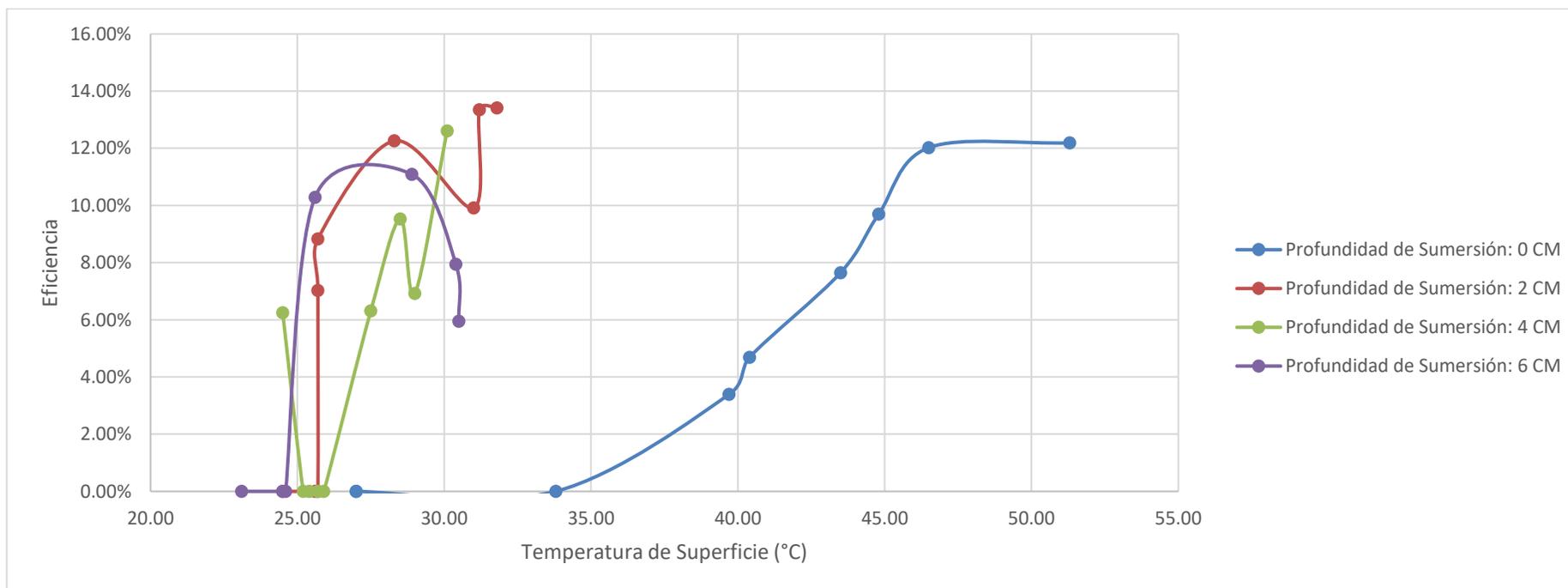


Figura 6. Gráfica comparativa de Eficiencia vs. T.S. para el circuito "C"

En la figura 6 se observó que el panel con una sumersión de 2 cm tuvo una mayor eficiencia con menor temperatura sobre la superficie del panel, teniendo valores de hasta 13% en comparación del panel en condiciones normales y con un menor rango de temperatura. Se pudo apreciar que la temperatura al inicio de las curvas de todos los paneles sumergidos fue menor que la de condiciones normales.

V. DISCUSIÓN

El primer objetivo específico se centró en evaluar la potencia eléctrica de los paneles solares sumergidos y en condiciones ambientales normales. Como lo hizo (Sultan, Farhan, Salim Alrikabi 2021), en donde midió las potencias de paneles fotovoltaicos sin enfriamiento y con enfriamiento. En los resultados que logro obtener la presente investigación, se identificó que para el panel a condiciones normales se obtuvo valores máximos de 79W, 59W y 135W respectivamente de los circuitos A, B, y C teniendo en cuenta que el circuito C al inicio no registro valores ya que la irradiancia era muy baja para ese circuito. Los resultados que se obtuvo para el panel con una profundidad de sumersión de 2 cm se obtuvo valores de 89W, 63W,147W respectivamente de los mismos circuitos, también en el circuito C no presento lectura de potencia en condiciones de irradiancia baja. Para el panel de sumersión de 4 cm es registraron valores de potencia de 86W, 63W y 125W para los mismos circuitos ya mencionados anteriormente y también se registró que para el circuito C empezó a registrar valores con nivel de irradiancia de 430 W/m². Para el caso del panel fotovoltaico con una profundidad de sumersión de 6 cm registró valores máximos de potencia de 81W, 62W y 97W correspondientemente para los circuitos A, B y C, también se observó que con valores mínimos de irradiancia en los tres circuitos no genero energía y especialmente en el circuito C también se obtuvieron lecturas con un nivel de irradiancia de 480 W/m². Los resultados de este primer objetivo específico coincidieron con (Al-Ghezi, Ahmed, Chaichan 2022), el cual realizaron mediciones de potencia eléctrica antes distintos niveles de irradiancia y temperatura para posteriormente comparar sus eficiencias.

La coincidencia con estos antecedentes en este primer objetivo específico nos dio a conocer que las pautas que se tomaron en nuestras mediciones fueron correctas.

En el segundo objetivo específico donde se determinó las eficiencias de la generación eléctrica de los paneles de todos los paneles fotovoltaicos. En el trabajo de (Nabil, Mansour 2022) donde analizo y comparo cuatro técnicas de enfriamiento y concluyo que enfriar la superficie posterior de panel aumento su voltaje y eficiencia hasta en un 2.26%. Esta investigación se encontró que los valores máximos de eficiencia para el panel fotovoltaico con una profundidad de sumersión de 0 cm fueron: 11.9%, 10.45%, y 12.19% para los circuitos A, B y C, respectivamente, tomando en cuenta que para valores inferiores de irradiancia no fue posible la generación de energía eléctrica. Los valores máximos que se hallaron para el panel fotovoltaico con una profundidad de sumersión de 2 cm, fueron: 13.95%, 13.67% y 13.35% respectivamente para cada circuito y también se halló que para valores bajos de irradiancia se obtuvo eficiencias de 0% para el circuito C.

Para el caso del panel fotovoltaico sumergido con una profundidad de 4 cm, se encontraron valores máximos de eficiencia: 11.69%, 14.71%, y 12.61% respectivamente para cada circuito respectivamente, teniendo en cuenta que los primeros datos de eficiencia en el circuito C fue del 0% debido a la baja irradiancia solar. En el panel fotovoltaico sumergido a 6 cm de profundidad tuvieron valores máximos de 12.85%, 12.79% y 11.09% respectivamente par cada circuito, pero teniendo en cuenta que en niveles bajos de irradiancia los tres circuitos no generaron energía teniendo una eficiencia de 0% al inicio.

Los resultados de este objetivo específico coincidieron con (Olawole et al. 2019) dado que ellos estudiaron como reducir la temperatura del panel fotovoltaico y mejorar su potencia máxima y eficiencia a través de distintos métodos de enfriamiento siendo uno de ellos el enfriamiento con agua alcanzando valores de eficiencia de 6% hasta 14%. De igual forma la investigación de (Valizadeh, Alrubei, et al. 2022) también coincide coincidió con nuestros resultados al encontrar que los rangos de temperatura para una mejor eficiencia de los paneles sumergidos son de 20°C a 30°C.

Con estos antecedentes y los resultados obtenidos se pudo confirmar que el método de enfriamiento por sumersión es una solución económica y amigable con el medio ambiente para dar mejorar eficiencia de panel y problemas de altas temperaturas de superficie.

Para el objetivo general se evaluó la influencia del enfriamiento por sumersión en agua en la eficiencia de un panel fotovoltaico. (Mehrotra et al. no date) sostuvo que con la inmersión del panel fotovoltaico a diferentes profundidades podía comparar la mejor eficiencia obtenida entre ellos y lograr una profundidad optima con máxima eficiencia. Los resultados arrojaron que de los paneles sumergidos conectados al circuito A, fue el de 2 cm de profundidad que obtuvo un mayor valor de eficiencia con 13.95% a 25.7°C, en comparación del panel a 0 cm de sumersión que fue de 11.90%. El panel con 6 cm de profundidad obtuvo 12.85% a 25°C, y el panel a 4 cm de profundidad obtuvo una eficiencia de 9.28% a 28.9°C

Para el circuito B los valores de eficiencia máximos que se registró fue el panel sumergido a 4 cm de profundidad con 14.71% a 25°C a comparación del panel de 0 cm de profundidad con 13.22% a 33°C, siguiendo el panel de 2 cm con 13.67%, y el de 6 cm de profundidad con 10.33%.

Para el circuito C el valor máximo de eficiencia fue el panel de 2 cm de profundidad con 13.41% a 31°C comparado con el panel de 0 cm de profundidad con 12.19% a 51.30°C, los demas paneles como el de 4 cm de sumersión obtuvo 12.61% y el de 6 cm consiguió 11.09%.

Los resultados obtenidos para este objetivo general tienen semejanza con (Shalaby et al. 2022), en el que menciona que su sistema de enfriamiento de paneles fotovoltaicos mejoro su eficiencia en comparación a un panel que no tuvo ningún tipo de enfriamiento ante distintos niveles de irradiancia, también se puede resaltar que la curva en los gráficos comparativos de las eficiencias tiene un comportamiento semejante a nuestros resultados. Por otra parte (Madhu et al. 2019) considero que conforme el panel fotovoltaico vaya ganando profundidad de sumersión el valor de su eficiencia ira disminuyendo. También encontró que los valores de eficiencia alcanzados para los paneles sumergidos de 2 y 3 cm oscilaron entre 13% y 11%, valores que son muy semejantes en esta investigación. También se consideró correcto mencionar (Sharma et al. 2018) quien concluyo no solo que la eficiencia del panel fotovoltaico tendrá mejores valores cuando se tenga una temperatura de superficie baja, si no que la exposición prolongada a estas altas temperaturas disminuye la vida útil de los paneles fotovoltaicos.

Las coincidencias encontradas con los antecedentes mencionados nos dieron a entender que encontrando una profundidad de sumersión optima, no solo podemos mejorar su eficiencia de una manera económica, sencilla y ecológica, si no que podemos prolongar la vida útil de los paneles solares al mantenerse generando prácticamente dentro de un rango de temperatura de medio ambiente y también se puede satisfacer una necesidad de producción de energía en lugares que tengan problemas de altas temperaturas.

VI. CONCLUSIONES

En este trabajo se investigó la influencia del enfriamiento por sumersión en agua en la eficiencia de un panel fotovoltaico policristalino. El agua de enfriamiento que se utilizó en este experimento no estuvo sujeto a un sistema de recirculación. Se ha medido las potencias, se ha comparado las eficiencias de paneles sumergidos a distintas profundidades con diferentes niveles de irradiancia y con distintos circuitos eléctricos (carga eléctrica), encontrando las siguientes conclusiones:

1. El panel con una profundidad de sumersión de 2 cm obtuvo los mayores valores de eficiencia para los diferentes tipos de carga estudiados, en cambio el panel fotovoltaico sumergido con 4 cm de profundidad solo obtuvo resultados sobre salientes en el circuito B en un rango de 250 a 350 W/m².
2. El valor máxima eficiencia no está necesariamente ligada a los valores más altos de potencia sino a que puedan generar más potencia con la misma irradiancia recibida como es el caso para el circuito A y B fueron más eficientes cuando tenían entre 350 y 650 W/m². Y para el circuito C si fue en crecimiento de mayor eficiencia a mayor irradiancia.
3. Definitivamente se midió que con mayor profundidad sumersión tenga el panel va perdiendo eficiencia, como es el caso del panel sumergido a 6 cm, sus valores fueron iguales o menores al del panel expuesto al medio ambiente.

VII. RECOMENDACIONES

Para los resultados que se halló en esta investigación consideramos viable hacer las siguientes recomendaciones:

Para efectos de ajustar los valores de los resultados, se podría realizar este experimento en un entorno con parámetros controlados, irradiancia, temperatura, ya que este experimento estuvo expuesto a distintas condiciones medio ambientales, distintos contaminantes como polvo e impurezas.

Se podría hacer comparación con otros métodos de enfriamiento o con otros paneles fotovoltaicos más modernos que por su calidad pueden tener un mayor porcentaje de eficiencia.

En esta investigación se trató de recopilar la mayor cantidad de datos medibles que eran posibles, pero algunas veces era imposible estar presente para realizar las mediciones a determinada hora, se recomendaría usar un registrador de datos para las medidas de los parámetros voltaje, intensidad, temperatura e irradiancia para hacer una comparación más minuciosa.

Se recomienda realizar un estudio con técnica de observación usando la misma metodología, pero con un sistema de circulación de agua, para que la temperatura del fluido no aumente con el transcurrir de las horas y poder hacer las comparaciones de eficiencia, irradiancia y temperatura.

REFERENCIAS

ABED, F.T. et al., 2022. Enhancement of the efficiency of solar energy cells by selecting suitable places based on the simulation of PV System. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*. Vol. 10, no. 2, pp. 80–88. DOI 10.21533/pen.v10i2.2777.

ADLY, Bassent and EL-KHOULY, Tamir, 2022. Combining retrofitting techniques, renewable energy resources and regulations for residential buildings to achieve energy efficiency in gated communities. *Ain Shams Engineering Journal*. Vol. 13, no. 6, p. 101772. DOI 10.1016/J.ASEJ.2022.101772.

AL-AMRI, Fahad et al., 2022. Innovative technique for achieving uniform temperatures across solar panels using heat pipes and liquid immersion cooling in the harsh climate in the Kingdom of Saudi Arabia. *Alexandria Engineering Journal*. Vol. 61, no. 2, pp. 1413–1424. DOI 10.1016/j.aej.2021.06.046.

AL-FALAHAT, Ala'a M. et al., 2022. Energy performance and economics assessments of a photovoltaic-heat pump system. *Results in Engineering*. Vol. 13, p. 100324. DOI 10.1016/J.RINENG.2021.100324.

AL-GHEZI, Moafaq K.S., AHMED, Roshen T. and CHAICHAN, Miqdam Tariq, 2022. The Influence of Temperature and Irradiance on Performance of the Photovoltaic Panel in the Middle of Iraq. *International Journal of Renewable Energy Development*. Vol. 11, no. 2, pp. 501–513. DOI 10.14710/ijred.2022.43713.

AL-ZURFI, Hazim A. et al., 2020. Numerical Study to Enhance the Electrical and Thermal Efficiency of PV/T System. In : *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. IOP Publishing Ltd. 18 November 2020. DOI 10.1088/1757-899X/928/2/022136.

BAYRAK, Fatih, OZTOP, Hakan F. and SELIMEFENDIGIL, Fatih, 2019. Effects of different fin parameters on temperature and efficiency for cooling of photovoltaic panels under natural convection. *Solar Energy*. Vol. 188, pp. 484–494. DOI 10.1016/j.solener.2019.06.036.

BAYRAK, Fatih, OZTOP, Hakan F. and SELIMEFENDIGIL, Fatih, 2020. Experimental study for the application of different cooling techniques in photovoltaic (PV) panels. *Energy Conversion and Management*. Vol. 212. DOI 10.1016/j.enconman.2020.112789.

BEVILACQUA, Piero, BRUNO, Roberto and ARCURI, Natale, 2020. Comparing the performances of different cooling strategies to increase photovoltaic electric performance in different meteorological conditions. *Energy*. Vol. 195. DOI 10.1016/j.energy.2020.116950.

BEVILACQUA, Piero et al., 2021. Efficiency improvement of photovoltaic modules via back surface cooling. *Energies*. Vol. 14, no. 4. DOI 10.3390/en14040895.

D'AGOSTINO, Delia et al., 2022. Optimizing photovoltaic electric generation and roof insulation in existing residential buildings. *Energy and Buildings*. Vol. 255, p. 111652. DOI 10.1016/J.ENBUILD.2021.111652.

DWIVEDI, Pushpendu et al., 2020. Advanced cooling techniques of P.V. modules: A state of art. *Case Studies in Thermal Engineering*. Vol. 21. DOI 10.1016/j.csite.2020.100674.

EL MAYS, Ahmad et al., 2017. Improving Photovoltaic Panel Using Finned Plate of Aluminum. In: *Energy Procedia*, pp. 812–817. Elsevier Ltd. 2017. DOI 10.1016/j.egypro.2017.07.103.

ELMINSHAWY, Nabil A.S. et al., 2019. The performance of a buried heat exchanger system for PV panel cooling under elevated air temperatures. *Geothermics*. Vol. 82, pp. 7–15. DOI 10.1016/j.geothermics.2019.05.012.

FAYAZ, H. et al., 2019. Numerical and experimental investigation of the effect of operating conditions on performance of PVT and PVT-PCM. *Renewable Energy*. Vol. 143, pp. 827–841. DOI 10.1016/j.renene.2019.05.041.

GABRIEL-ORTEGA, Julio, 2017. Cómo se genera una investigación científica que luego sea motivo de publicación. *Journal of the Selva Andina Research Society*. Vol. 8, pp. 155–156.

GILMORE, Nicholas, TIMCHENKO, Victoria and MENICTAS, Chris, 2018. *Microchannel cooling of concentrator photovoltaics: A review*. Elsevier Ltd. Renewable and Sustainable Energy Reviews 90. DOI 10.1016/j.rser.2018.04.010.

HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto and MENDOZA TORRES, Christian Paulina, no date. *Metodología de la investigación : las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. ISBN 9781456260965.

IDOKO, Linus, ANAYA-LARA, Olimpo and MCDONALD, Alasdair, 2018. Enhancing PV modules efficiency and power output using multi- concept cooling technique. *Energy Reports*. Vol. 4, pp. 357–369. DOI 10.1016/j.egypr.2018.05.004.

KILIÇ, Ugur and KESEN, Ugur, 2022. Making performance analysis of on grid photovoltaic energy systems: Example of Turkey. *Journal of Engineering Research (Kuwait)*. Vol. 10, no. 1 A, pp. 227–236. DOI 10.36909/jer.10497.

MADHU, Balasubramanian et al., 2019. Experimental investigation on the effect of photovoltaic panel partially and fully submerged in water. *Heat Transfer - Asian Research*. Vol. 48, no. 5, pp. 1709–1721. DOI 10.1002/htj.21453.

MEHROTRA, Saurabh et al., no date. *PERFORMANCE OF A SOLAR PANEL WITH WATER IMMERSION COOLING TECHNIQUE* . Online. Retrieved from : www.ijset.net

NABIL, Tamer and MANSOUR, Tamer M., 2022. Augmenting the performance of photovoltaic panel by decreasing its temperature using various cooling techniques. *Results in Engineering*. Vol. 15. DOI 10.1016/j.rineng.2022.100564.

OLAWOLE, O. C. et al., 2019. Innovative methods of cooling solar panel: A concise review. In : *Journal of Physics: Conference Series*. Institute of Physics Publishing. 7 October 2019. DOI 10.1088/1742-6596/1299/1/012020.

OSMA-PINTO, German and ORDÓÑEZ-PLATA, Gabriel, 2019. Measuring factors influencing performance of rooftop PV panels in warm tropical climates. *Solar Energy*. Vol. 185, pp. 112–123. DOI 10.1016/j.solener.2019.04.053.

RAMOS-GALARZA, Carlos, 2021. Editorial: Diseños de investigación experimental. *CienciAmérica*. Vol. 10, no. 1, pp. 1–7. DOI 10.33210/ca.v10i1.356.

SAJJAD, Uzair et al., 2019. Cost effective cooling of photovoltaic modules to improve efficiency. *Case Studies in Thermal Engineering*. Vol. 14. DOI 10.1016/j.csite.2019.100420.

RAMKIRAN, B., SUNDARABALAN, C. K. and SUDHAKAR, K., 2020. Performance evaluation of solar PV module with filters in an outdoor environment. *Case Studies in Thermal Engineering*. Vol. 21. DOI 10.1016/j.csite.2020.100700.

SALEM, M. R. et al., 2019. Performance enhancement of the photovoltaic cells using Al₂O₃/PCM mixture and/or water cooling-techniques. *Renewable Energy*. Vol. 138, pp. 876–890. DOI 10.1016/j.renene.2019.02.032.

SAXENA, Ashish et al., 2018. Laboratory based Experimental Investigation of Photovoltaic (PV) Thermo-control with Water and its Proposed Real-timeImplementation. *Renewable Energy*. Vol. 115, pp. 128–138. DOI 10.1016/j.renene.2017.08.029.

SHALABY, S. M. et al., 2022. Experimental study on the performance of PV with water cooling. *Energy Reports*. Vol. 8, pp. 957–961. DOI 10.1016/j.egy.2021.11.155.

SHARMA, Rajat et al., 2018. *Life span and overall performance enhancement of Solar Photovoltaic cell using water as coolant: A recent review*. Online. Retrieved from : www.sciencedirect.comwww.materialstoday.com/proceedings

SORNEK, Krzysztof et al., 2022. Development and Tests of the Water Cooling System Dedicated to Photovoltaic Panels. *Energies*. Vol. 15, no. 16. DOI 10.3390/en15165884.

STOPOCHKIN, Artem and SYTNIK, Inessa, 2022. Algorithm for Rapid Estimation of the Performance of Small Rooftop Solar PV Use by Households. *Energies*. Vol. 15, no. 11. DOI 10.3390/en15113910.

SULTAN, Teba Nassir, FARHAN, Mansour S. and SALIM ALRIKABI, Haider T.H., 2021. Using Cooling System for Increasing the Efficiency of Solar Cell. In : *Journal of Physics: Conference Series*. IOP Publishing Ltd. 31 August 2021. DOI 10.1088/1742-6596/1973/1/012129.

SULTAN, Sakhr M., TSO, C. P. and ERVINA EFZAN, M. N., 2020. A new method for reducing the performance evaluation cost of the photovoltaic module cooling

techniques using the photovoltaic efficiency difference factor. *Case Studies in Thermal Engineering*. Vol. 21. DOI 10.1016/j.csite.2020.100682.

TAHIR, Muhammad Faizan et al., 2022. Energy and exergy analysis of wind power plant: A case study of Gharo, Pakistan. *Frontiers in Energy Research*. Vol. 10. DOI 10.3389/fenrg.2022.1008989.

VALIZADEH, Majid, RAZAQ, Ibtihal, et al., 2022. Enhancing the efficiency of photovoltaic power system by submerging it in the rivers. *TELKOMNIKA Telecommunication Computing Electronics and Control*. Vol. 20, no. 1, pp. 166–172. DOI 10.12928/TELKOMNIKA.v20i1.22460.

VALIZADEH, Majid, ALRUBEEI, Ibtihal Razaq Niama, et al., 2022. Enhancing the efficiency of photovoltaic power system by submerging it in the rivers. *Telkomnika (Telecommunication Computing Electronics and Control)*. Vol. 20, no. 1, pp. 166–172. DOI 10.12928/TELKOMNIKA.v20i1.22460.

ZANLORENZI, Guilherme, SZEJKA, Anderson L. and CANGIOLIERI, Osiris, 2018. Hybrid photovoltaic module for efficiency improvement through an automatic water cooling system: A prototype case study. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 196, pp. 535–546. DOI 10.1016/j.jclepro.2018.06.065.

ZUBEER, Swar A. and ALI, Omar Mhohammed, 2021. Performance analysis and electrical production of photovoltaic modules using active cooling system and reflectors. *Ain Shams Engineering Journal*. Vol. 12, no. 2, pp. 2009–2016. DOI 10.1016/j.asej.2020.09.022.

ANEXOS.

Anexo 1: Operacionalización de Variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicador	Escala de medición
Variable Dependiente: Eficiencia del Panel Fotovoltaico	Se define a la eficiencia como la relación entre la potencia eléctrica a la salida del panel fotovoltaico, y la radiación solar que cae sobre la celda fotovoltaica. (Al-Ghezi, Ahmed, Chaichan 2022)	Para evaluar la eficiencia del panel fotovoltaico es necesario considerar indicadores como la temperatura del panel, potencia de salida, y la eficiencia del panel estudiado con y sin refrigeración. (Nabil, Mansour 2022)	Potencia de Salida	Voltaje (V)	De Razón
				Intensidad (A)	
			Temperatura de Panel	T. Superficie (°C)	Intervalo
			Eficiencia	Irradiancia Solar (W/m ²) Área de panel solar (m ²)	De Razón
Variable Independiente: Enfriamiento por Sumersión en Agua.	Es un método de enfriamiento de tipo pasivo en el que para extraer calor del panel fotovoltaico se usa la convección o conducción. (Olawole et al. 2019)	Es necesario sumergir el panel fotovoltaico en diferentes condiciones, teniendo en cuenta la protección de sus circuitos eléctricos. (Valizadeh, Alrubei, et al. 2022)	Temperatura de Panel	T. Superficie (°C)	De Razón
			Sumersión de panel	Profundidad de sumersión. (indicador)	

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 2: Instrumento de recolección de datos.

Ficha de Registro de Datos

Fecha: _____

Lugar: _____

PROFUNDIDAD DE SUMERSION: 0CM								
HORA	CARGA LUMINARIA SOLA		CARGA LUMINARIA SERIE		CARGA LUMINARIA PARALELO		T° de Superficie (°C)	Irradiancia Solar (W/m2)
	Voltaje (V)	Intensidad (A)	Voltaje (V)	Intensidad (A)	Voltaje (V)	Intensidad (A)		

Fuente: Elaboración Propia. (Ficha utilizada para todos los paneles)

Anexo 3: Matriz de Consistencia

Problema Especifico	Objetivo General	Hipótesis General
¿Cómo influye el enfriamiento por sumersión en agua en la eficiencia de un panel fotovoltaico policristalino?	Evaluar la influencia del enfriamiento por sumersión en agua en la eficiencia de un panel fotovoltaico policristalino.	El enfriamiento por sumersión si influye en la eficiencia de un panel fotovoltaico policristalino.
Problemas específicos	Objetivos Específicos	
¿Cómo evaluar la potencia eléctrica de paneles fotovoltaicos con distinta profundidad de sumersión en agua?	Evaluar la potencia eléctrica generada por tres paneles fotovoltaicos de prueba: dos sumergidos en agua a diferentes profundidades y otro expuesto al ambiente.	
¿Cómo determinar las eficiencias de paneles fotovoltaicos con distinta profundidad de sumersión en agua?	Determinar las eficiencias de generación eléctrica para cada uno de los casos evaluados.	

Anexo 4: Experimento de paneles sumergidos.



Nota: Registro de potencias con paneles a 0, 2, 4 y 6 cm de sumersión.