

Diseño e implementación de un prototipo para la obtención de agua mediante la condensación de la humedad del aire aplicado en la ciudad de Juliaca

Design and implementation of a prototype for the obtaining of water through the condensation of the humidity of the applied air in the city of Juliaca

Roxana Shakira Colquehuanca Quispe¹
rs.colquehuancaq@unaj.edu.pe - Universidad Nacional de Juliaca, Perú
<https://orcid.org/0009-0002-4222-1488>

Abel Nilton Colque Centeno
an.colquec@unaj.edu.pe - Universidad Nacional de Juliaca, Perú
<https://orcid.org/0009-0007-2966-0124>

Nestor Adan Mamani Ventura
na.mamaniv@unaj.edu.pe – Universidad Nacional de Juliaca, Perú
<https://orcid.org/0009-0003-3026-6563>

Recibido (Received): 01/08/23 | Aceptado (Accepted): 11/09/23

Resumen

La escasez de agua es un problema global y nacional que se debe a la limitada disponibilidad de agua dulce y a la creciente demanda de este recurso para satisfacer las necesidades humanas y económicas. En este proyecto se desarrolla un prototipo para la obtención de agua mediante la condensación de humedad del aire en la ciudad de Juliaca considerando los datos meteorológicos, la humedad relativa que tiene la Ciudad de Juliaca llega a un promedio de 46% es por ello que se tiene un sistema de enfriamiento forzado tomando las referencias de alta radiación solar, el objetivo es diseñar un sistema de condensación haciendo uso de celdas peltier, para luego implementar y obtener agua para el consumo humano mediante un proceso de filtración admitido por la Norma Técnica Peruana, la metodología se analizó a partir de un enfoque mixto para determinar la relación de las variables; humedad relativa y temperatura, así mismo evaluar un diseño experimental tomando en consideración tres etapas de proceso para la implementación durante un tiempo establecido de prueba; el cual consta de la recolección de datos meteorológicos con los sensores DHT11 y Termopar Tipo K, modelado 3D del prototipo, diagrama eléctrico del sistema de alimentación, monitorización y análisis de muestras de agua. Se logro resultados favorables en cada etapa de la implementación considerando el punto rocío de las celdas llegando a producir 17,59 ml por celda en un mes, así mismo teniendo en cuenta el análisis de agua las zonas aledañas son perjudicadas dado que el agua contiene un alto porcentaje de minerales, el prototipo puede lograr una mejora considerable respecto a esta problemática. Este tipo de sistema puede generar alta cantidad de agua en climas con gran porcentaje de humedad y puede favorecer a la agricultura en diferentes zonas.

Palabras claves: *Agua, celdas peltier, condensación, humedad, radiación solar.*

Como citar: Colquehuanca-Quispe, R. S., Colque-Centeno, A. N. & Mamani-Ventura, N. A. (2023). Diseño e implementación de un prototipo para la obtención de agua mediante la condensación de la humedad del aire aplicado en la ciudad de Juliaca. ÑAWPARISUN – Revista de Investigación Científica de Ingenierías, 4(3), 49-58.

¹ Corresponding author: rs.colquehuancaq@unaj.edu.pe

Abstract

Water scarcity is a global and national problem that is due to the limited availability of fresh water and the growing demand for this resource to meet human and economic needs. In this project, a prototype is developed to obtain water through the condensation of air humidity in the city of Juliaca considering the meteorological data, the relative humidity that the City of Juliaca has reaches an average of 46%, which is why it is It has a forced cooling system taking the references of high solar radiation, the objective is to design a condensation system using Peltier cells, to later implement and obtain water for human consumption through a filtration process admitted by the Peruvian Technical Standard, the methodology was analyzed from a mixed approach to determine the relationship of the variables; relative humidity and temperature, likewise evaluate an experimental design taking into consideration three stages of the process for the implementation during a set test time; which consists of the collection of meteorological data with the DHT11 and Type K Thermocouple sensors, 3D modeling of the prototype, electrical diagram of the power system, monitoring and analysis of water samples. Favorable results were achieved in each stage of the implementation considering the dew point of the cells, producing 17.59 ml per cell in a month, likewise taking into account the water analysis, the surrounding areas are harmed since the water contains a high percentage of minerals, the prototype can achieve a considerable improvement regarding this problem. This type of system can generate a high amount of water in climates with a high percentage of humidity and can favor agriculture in different areas.

Keywords: *Water, peltier cells, condensation, humidity, solar radiation.*

Introducción

Actualmente en la sociedad, uno de los mayores desafíos ambientales es la limitada disponibilidad de agua potable en el mundo. A pesar de que el 70% del planeta está cubierto de agua, solo el 2.5% es dulce y apto para el consumo de seres vivos. El acelerado crecimiento demográfico ha aumentado la demanda de agua potable y se estima que para el 2050, se requerirá satisfacer las necesidades de una población mundial de 9.700 millones de personas. Además, más del 40% de la población vive en cuencas hidrográficas gravemente afectadas por la escasez de agua. Por otro lado, en algunos lugares el agua se consume en exceso, mientras que en otros el acceso a este recurso vital es limitado o deficiente.

En este contexto surge el proyecto "Diseño e implementación de un prototipo para la obtención de agua mediante la condensación de la humedad del aire aplicado en la Ciudad de Juliaca". Esta investigación busca solucionar los problemas de abastecimiento de agua para el consumo humano en la zona, a través del análisis de variables; humedad, temperatura, radiación solar y calidad del agua. Se determinó la eficiencia y viabilidad económica del prototipo en función de las condiciones climatológicas de la ciudad de Juliaca, y se empleó un sistema fotovoltaico para reducir los costos energéticos.

El proyecto se desarrolló en tres etapas, en la primera etapa se realizó la recolección y análisis de las variables, en la segunda etapa se diseñó el modelado 3D del prototipo, así como los esquemas eléctricos, finalmente la implementación del prototipo tomando en cuenta las pruebas realizadas a las celdas de peltier.

Materiales y métodos

Zona de estudio

El estudio donde se enfocó la investigación fue en la ciudad de Juliaca.



Figura 1. Ubicación de la zona de estudio en la Ciudad de Juliaca, con coordenadas geográficas; latitud, 15°29'57.9" y longitud 70°08'51.5".

Materiales

Para el diseño experimental del proyecto se tomó en consideración cuatro sistemas los cuales se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1.
 Materiales y componentes usados para la implementación del prototipo del sistema.

Sistema eléctrico	Sistema de condensación	Sistema fotovoltaico	Estructura de sistemas
Sensor DHT11	Celdas peltier 12V	Panel Solar 470W – 24V	Melamina
Sensor Termopar tipo K	Ventiladores 12V – 0.16A	Batería gel 100Ah – 12V	Tecnopor
Sensor Ultrasónico	Disipador	Controlador MPPT – 40A	Tornillos Drywall 3.5x30
Modulo SDCard	Módulo 4 relay	Cable aislado	
Pantalla LCD 16x2			
Modulo I2C			
Arduino UNO			
Jumpers			

Métodos

Primera etapa: Determinación de variables

Para la recolección de datos en la temperatura y humedad relativa se usó un Arduino UNO, con la programación en el software Arduino IDE de los sensores DHT11 y el sensor termopar tipo K; considerando su esquema y código de programación.

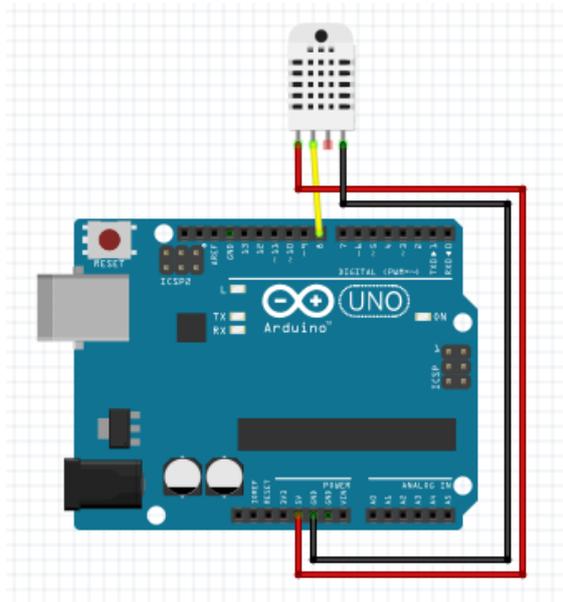


Figura 2. Diagrama de conexión de los sensores y programación en el software Arduino IDE para la recolección de datos.

La temperatura anual de la ciudad de Juliaca presenta una amplia oscilación entre el día y la noche; aunque predomina el frío, siendo este más intenso en el invierno, principalmente en los meses de junio y julio, alcanzando valores inferiores a 0°C.

La irradiancia solar en Juliaca en promedio mensual en plano inclinado y horizontal según los datos del SENAHMI se muestran la Tabla 2.

Tabla 2
 Promedio mensual de irradiancia solar en la ciudad de Juliaca (kW/m²*días)

	Plano inclinado	Plano horizontal
Enero	5.62	5.48
Febrero	5.61	5.48
Marzo	5.47	5.66
Abril	5.74	5.65
Mayo	5.11	6.63
Junio	5.81	5.39
Julio	5.98	5.57
Agosto	6.72	5.94
Septiembre	6.29	6.49
Octubre	6.96	5.84
Noviembre	5.95	7.01
Diciembre	5.64	5.97

Segunda etapa: Diseño eléctrico y modelado 3D del prototipo

En esta etapa realizamos el esquema en el Software Fritzing de cada circuito eléctrico.

a) Sistema de condensación:

El sistema de condensación está compuesto como lo ya mencionado en los materiales, principalmente por las celdas de peltier, y los ventiladores para realizar un enfriamiento forzado.

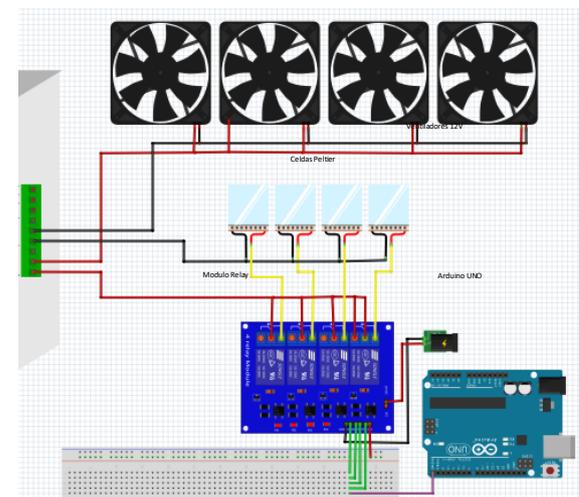


Figura 3. Diagrama de conexiones del sistema de condensación

b) Sistema eléctrico

En el sistema eléctrico, tenemos más en consideración los sensores de monitoreo el ultrasónico y DHT22, así mismo el almacenamiento de datos modulo SDCard, los datos serán mostrados en la pantalla LCD 16x2.

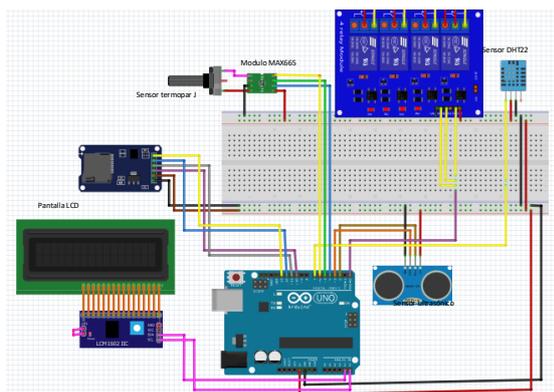


Figura 4. Diagrama de conexiones del sistema eléctrico en el software Fritzing

c) Sistema fotovoltaico

El sistema fotovoltaico consta de un panel solar y un controlador MPPT en el cual se visualizará el almacenamiento de la batería, voltaje, corriente el cual ira conectado la fuente conmutada.

Tercera etapa: Implementación del prototipo

Análisis

Los análisis que se optaron para implementar el prototipo es el cálculo de la energía consumida para el dimensionamiento del panel solar.

Así mismo se tendrá el proceso de las muestras de agua de la zona de estudio.

Energía consumida

La energía que se consumirá en gran cantidad se mide en base a todos los componentes.

Para determinar la potencia de la celda de peltier tomaremos en cuenta su voltaje y corriente para ello se muestra los siguientes datos:

La potencia se determina en la siguiente ecuación:

$$P = V * I \quad (1)$$

donde, P es la potencia (kW), V es el voltaje (V) y I es la corriente (A) de la celda peltier.

Así mismo la energía consumida se determina por la ecuación:

$$E_c = P_t * t \quad (2)$$

donde, E_c es la energía consumida por las celdas (kW*h), P_t es la potencia total (kW) y t es el tiempo (horas).

Dimensionamiento del sistema fotovoltaico.

Para determinar el panel solar tomaremos en cuenta las siguientes ecuaciones, para determinas la potencia pico del sistema fotovoltaico.

$$P_t = \sum P_c \quad (3)$$

donde, P_t es la potencia total pico y P_c es la potencia consumida.

$$P_a = E_c * 1.3 \quad (4)$$

donde, P_a es la potencia aumentada en un 30% de la potencia total.

$$P_p = \frac{E_c}{HSP} \quad (5)$$

donde, P_p es la potencia pico y HSP es la hora solar pico de la zona de estudio.

Análisis de agua

a) Análisis de la muestra de agua

Varios estudios han encontrado una relación entre el agua muy dura y la aparición de litiasis renal en diversas comunidades de todo el mundo.

Por otro lado, el agua dura se ha relacionado con problemas de cálculos renales.

El pH del agua es un parámetro operativo importante, el agua demasiado ácida disuelve los metales utilizados en las tuberías de plomo, cobre y zinc, que son perjudiciales para la salud cuando se consumen.

b) Análisis de la cantidad de agua generada

Punto de rocío

Punto umbral de temperatura a la cual el aire no es capaz de soportar la humedad y como consecuencia se produce el fenómeno de condensación, es decir, es la cantidad de agua que se ha condensado de la atmósfera. La ecuación para determinar es:

$$P_r = \left[\sqrt[8]{\frac{Hr}{100} * (112 + 0.9T)} \right] + (0.1T) - 112 \quad (6)$$

donde, P_r es el punto de rocío (°C), H_r es la humedad relativa y T es la temperatura (°C).

resultados y discusiones

Primera etapa: Recolección de datos

La recolección de datos se inició desde el 22 de junio al 16 de julio, teniendo en cuenta el promedio de las variables de temperatura, humedad relativa e irradiancia solar a 11 grados de inclinación tanto de la zona de estudio y la ciudad de Juliaca los cuales se muestran en las siguientes tablas y gráficos.

Tabla 3
 Recolección de datos de la zona de estudio con las diferentes variables.

Zona de estudio			
Hora	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Irradiancia solar (W/m ²)
06:00	2.03	32	0
07:00	3.34	24	76.79
08:00	7.62	21	262.11
09:00	10.505	19	438.125
10:00	12.645	16.5	561.72
11:00	14.35	14.5	625.695
12:00	16.185	14.5	611.02
13:00	17.16	15.5	546.365
14:00	17.69	16	432.655
15:00	18.875	17	285.22
16:00	18.475	22.5	128.5
17:00	17.25	27	0.21
18:00	14.9	30.5	0

Tabla 4
 Recolección de datos de la ciudad de Juliaca.

Ciudad de Juliaca			
Hora	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Irradiancia solar (W/m ²)
06:00	1.995	35	0
07:00	3.31	33	76.85
08:00	7.59	24	262.155
09:00	10.495	20	438.17
10:00	12.635	18	561.755
11:00	14.34	16.5	625.725
12:00	16.18	15	611.05
13:00	17.155	13.5	546.385
14:00	17.685	12.5	432.665
15:00	18.865	13.5	285.215
16:00	18.46	15.5	128.475
17:00	17.235	28.5	0.205
18:00	14.87	38	0

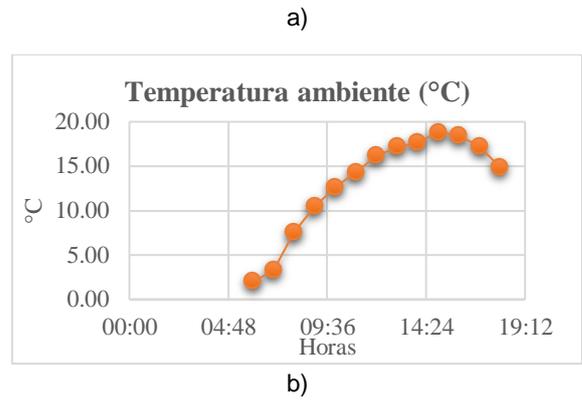
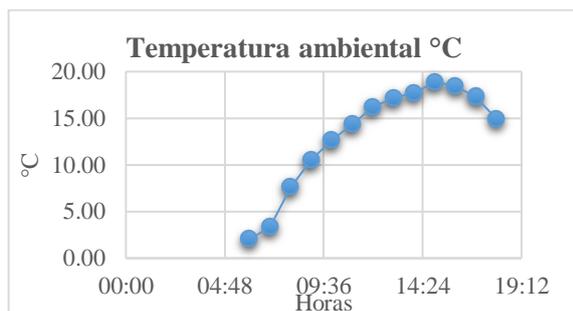


Figura 5. Gráfico de temperatura de ambiente. a) zona de estudio, b) Ciudad de Juliaca.

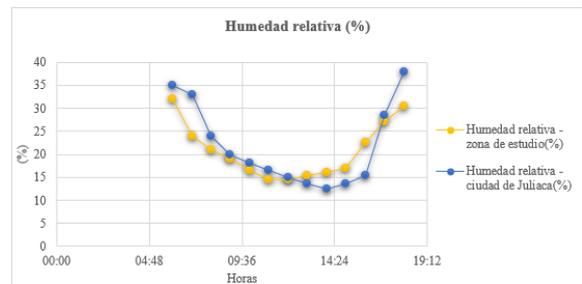


Figura 6. Gráfico de a humedad relativa, diferencias.

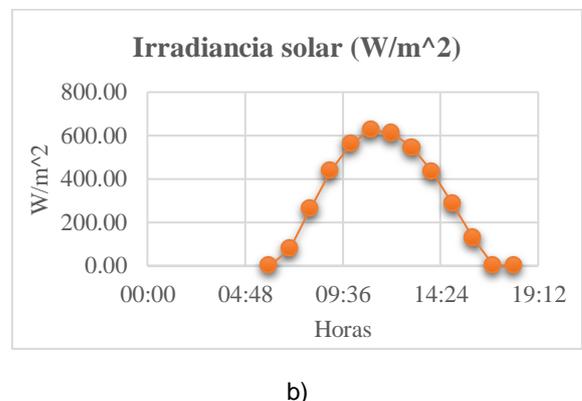
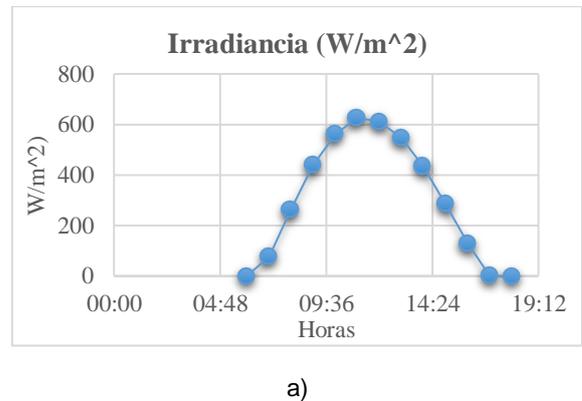


Figura 7. Gráficos de irradiancia solar. a) zona de estudio, b) Ciudad de Juliaca.

Segunda etapa: Diseño eléctrico y modelado 3D

Se muestra el esquema eléctrico diseñado en el software fritzing, así mismo la conexión en el prototipo.

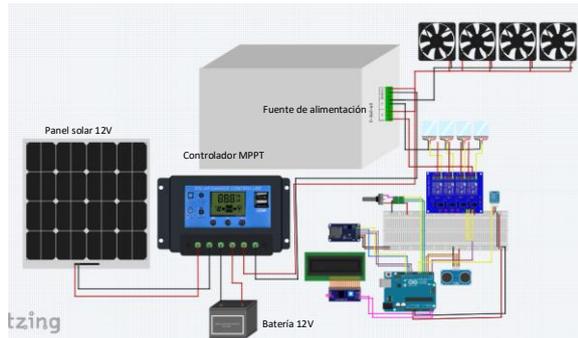


Figura 8. Esquema eléctrico en el software fritzing.

El modelado 3D es un paso esencial para realizar un prototipo exacto con todas las dimensiones determinadas para ello se muestra los resultados finales del diseño en SolidWorks.

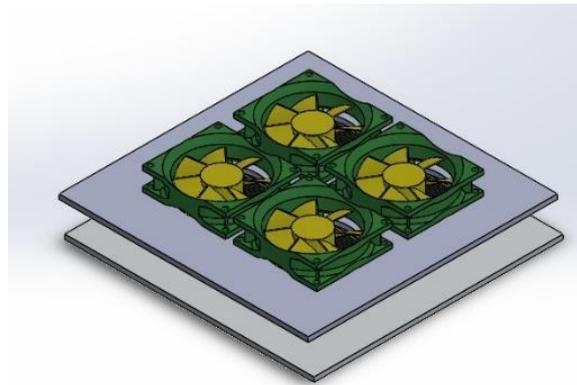


Figura 9. Modelado 3D del sistema de condensación vista isométrica.

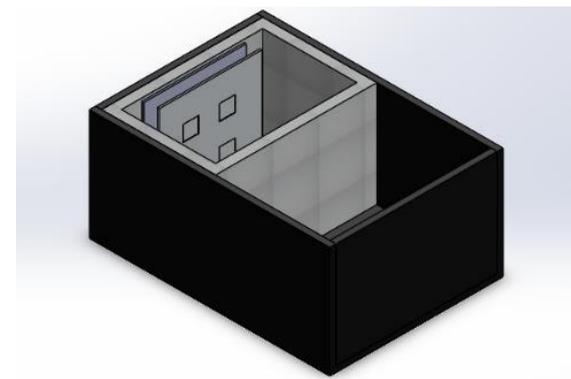


Figura 10. Modelado 3D del prototipo sin conexiones eléctricas vista isométrica.

Tercera etapa: Implementación del prototipo

Para la implementación se tomó en cuenta todos los diseños en el software fritzing y SolidWorks para lo cual también se realizó los análisis que se muestran en esta etapa para analizar los diferentes parámetros y cantidades correspondientes a la producción de agua.



Figura 11. Prototipo implementado del sistema de condensación.



Figura 12. Prototipo implementado

a) Análisis energético

Energía consumida

la energía consumida se calculó más en las celdas ya que estos tienen un alto consumo de corriente, en la siguiente tabla se muestra el consumo de voltaje y corriente de cada componente.

Tabla 5
 Capacidad de potencia de cada componente eléctrico.

Producto	Cantidad	Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Potencia Pico (W)	Horas de uso (h/día)	Energía consumida (W*h)
Ventiladores	3	12	0.2	1.92	5.76	8	46.08
Ventiladores	1	12	0.2	2.16	2.16	8	17.28
Celdas peltier 12706	3	12	6.5	78	234	8	1872
Celdas peltier 12705	1	12	5.4	64.8	64.8	8	518.4
Total				146.9	306.7	32	2453.76

La energía consumida en el sistema de condensación es 2.45 kW*h

Dimensionamiento del panel solar

Para determinar la cantidad de potencia del panel se determinó considerando la energía consumida y la HSP de muestra zona de estudio, para ello se hizo uso de las ecuaciones (4) y (5).

Considerando la energía consumida de nuestro sistema el cual según la tabla 5 especifica, es de 2453.76 W*h, el 30% de potencia aumentada sería, 3189.89, y con esto determinamos la potencia pico de nuestro panel con el dato de nuestra HSP de irradiancia en la zona de estudio el cual llega a promediar las 11:00 am con $6.25 \text{ KW}/\text{m}^2$.

La potencia de nuestro panel solar sería, 510 W aproximadamente, sin embargo, el panel más convencional que se usa en el prototipo es el que se especifica en la tabla 6, si consideramos la HSP de la Ciudad de Juliaca el cual llega a $6.7 \text{ KW}/\text{m}^2$.

Tabla 6
Características de la ficha técnica del panel solar

Especificaciones	JKM470N-7RL3
Maximum power	470 W
Maximum power voltage	43.32 V
Maximum power current	10.85 A
Open - circuit voltage	52.10 V
Short - circuit current	11.68 A
Modulo efficiency STC (%)	20.93

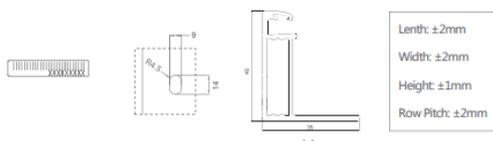
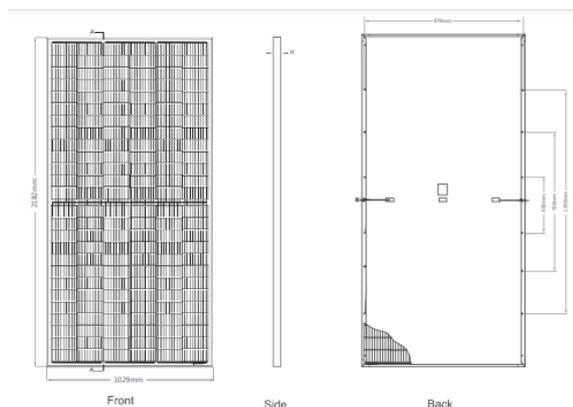


Figura 13. Modelado del panel solar, ficha técnica.

Tabla 7
Características de la ficha técnica del controlador MPPT.

Especificaciones	JKM470N-7RL3
Voltaje	12 – 24 V
Corriente	40 A



Figura 14. Controlador MPPT 40A – 12V

Tabla 8
Características de la ficha técnica de la batería gel.

Especificaciones	LPGS12-100
Voltaje	12 – 24 V
Corriente	100Ah
Temperatura de descarga	15 – 50 °C
Temperatura de carga	0 – 40 °C
Uso de ciclo	30.0 A. Voltaje

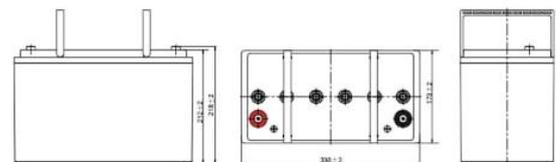


Figura 15. Dimensiones de la batería LPGS series – TRUE Hybrid Gel Battery.

b) Análisis de agua

Análisis de la muestra de agua

Se analizaron tres muestras de agua para poder analizar la calidad de este y que esté cumpliendo lo indicado en la Norma Técnica Peruana (NTP), entonces:

Muestra 1:

En esta muestra se tomó en consideración el agua de pozo de la zona de estudio

Tabla 9
Calidad de agua de pozo de la zona de estudio

Parámetro	Valor	Unidad
pH	5.93	-
Conductividad eléctrica	0.672	mS/cm
Salinidad	0.3	%
Sólidos Disueltos totales	32.1	mg/L
Alcalinidad	67.877	mg/L
Dureza Total	401.92	mg/L
Calcio	113.76	mg/L
Cloruros	143.955	mg/L

En la Tabla 7 se muestra que los valores en negrita, están por encima del rango recomendable en la NTP.

Muestra 2:

En esta muestra se tomó en consideración el pozo de una persona que vive en la zona rural de la ciudad de Juliaca

Tabla 10
Calidad de agua de pozo de la zona rural de la ciudad de Juliaca

Parámetro	Valor	Unidad
pH	7.61	-
Conductividad eléctrica	341000	mS/cm
Salinidad	0.4	%
Sólidos Disueltos totales	340	mg/L
Alcalinidad	134.965	mg/L
Dureza Total	391.04	mg/L
Calcio	104.44	mg/L
Cloruros	105.967	mg/L
Sulfatos	107.6	mg/L
Magnesio	31.577	mg/L
Turbiedad	0	NTU

En la Tabla 8 se muestra que los valores en negrita están por encima del rango recomendable en la NTP, que a diferencia de la muestra 1 este tiene más conductividad eléctrica y magnesio que son dañinos para el consumo humano.

Muestra 3:

Para hacer una comparación con la calidad de agua producida, también se realizó una muestra del servicio de agua de la empresa Seda Juliaca.

Tabla 11
Calidad de agua de la empresa de servicio de agua Seda Juliaca.

Parámetro	Valor	Unidad
pH	7.08	-
Conductividad eléctrica	558	mS/cm
Salinidad	0.3	%
Sólidos Disueltos totales	280	mg/L
Alcalinidad	37.09	mg/L
Dureza Total	170.24	mg/L
Calcio	49.856	mg/L
Cloruros	159.95	mg/L
Sulfatos	44.8	mg/L
Magnesio	11.083	mg/L
Turbiedad	0	NTU

En la Tabla 9 no se muestra ningún valor que este por encima del rango recomendable según la NTP.

Análisis de la cantidad de agua generada

Para determinar la cantidad de agua generada, tenemos que considerar el punto rocío que nos da nuestro sistema según el promedio de la humedad relativa y temperatura del día, para ello tomaremos los datos nombrados en la tabla 3, entonces:

Tabla 12
Promedio de las variables del sistema.

Variables	Promedio de variables de la zona de estudio
Temperatura	13.16
Humedad relativa	20.77
Irradiancia solar	305.26

Punto rocío

Este sucede cuando el aire se satura y el vapor de agua presente en el aire comienza a condensarse en forma de rocío el cual se determina con la ecuación (6), teniendo en cuenta el promedio de temperatura y humedad relativa de los datos recolectados.

Por tal el punto rocío nos resultó -109.18332, al tener el punto rocío en negativo este no indica necesariamente la presencia de condiciones climáticas adversas, pero sí indica que el aire tiene una capacidad limitada para retener la humedad en forma de vapor de agua antes de que comience a condensarse.

Agua generada según el punto roció en cada hora.

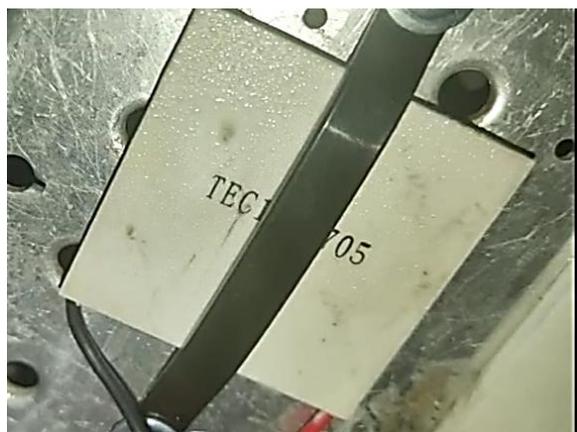
Se toma en consideración la presión atmosférica de la zona de estudio el cual es 1034 mbar, así mismo la presión de vapor del punto de roció, los cuales se indica en la siguiente tabla.

Tabla 13
Agua generada considerando el punto roció del sistema de condensación.

Hora	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Punto roció	Presión en el punto roció	Agua generada (ml)
06:00	2.03	32	-110.23	10.81	2.1
07:00	3.34	24	-110.15	10.81	1.58
08:00	7.62	21	-109.74	10.77	1.37
09:00	10.51	19	-109.47	10.74	1.24
10:00	12.65	16.5	-109.28	10.72	1.08
11:00	14.35	14.5	-109.13	10.71	0.94
12:00	16.19	14.5	-108.94	10.69	0.94
13:00	17.16	15.5	-108.83	10.68	1.01
14:00	17.69	16	-108.77	10.67	1.04
15:00	18.88	17	-108.64	10.66	1.1
16:00	18.48	22.5	-108.63	10.66	1.46
17:00	17.25	27	-108.72	10.67	1.75
18:00	14.90	30.5	-108.93	10.69	1.98
Promedio de agua generada por celda					17.59

Considerando este valor el agua que se genero con el prototipo es de 70.36 ml por día considerando el total de celdas usados.

Condensación en roció o escarcha del sistema.



a)



b)

Figura 16. Pruebas de la celda peltier, a) Escarcha de la celda peltier 12705 y b) Escarcha de la celda peltier 127060.

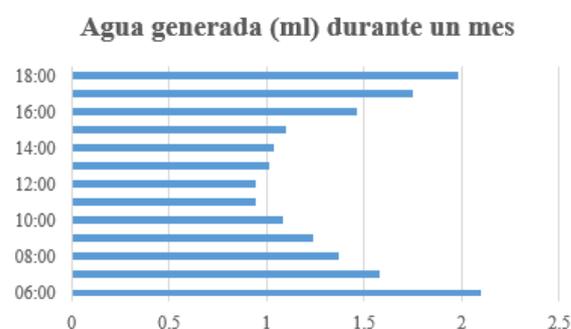


Figura 16. Agua generada durante un mes por cada una celda peltier en mililitros considerando el punto roció del sistema.

Conclusiones

Durante el periodo de recolección de datos entre mayo y junio de 2023 en la zona de estudio se registró las siguientes variables; temperatura ambiente 13.16 °C, humedad relativa 20.77%, irradiancia 305.26 W/m² y una cantidad de agua producida de 17.59 ml por cada celda durante un día llegando a la totalidad de 70.36ml en las horas de uso de nuestro sistema 6:00am a 18:00pm.

En los resultados se muestran datos de humedad relativa los cuales son bajos, estos llegan a afectar a la cantidad de agua recolectada, en cuanto al diseño se optó por aislar el sistema considerando la baja humedad en la zona de estudio el cual tendría como objetivo forzar el enfriamiento por medio de ventiladores y tener un ambiente húmedo considerando la temperatura del ambiente y del sistema de condensación, así mismo se tuvo una programación aplicable a cada sensor mostrado en los diagramas eléctricos.

Para poder llegar a la obtención de agua consideramos un punto roció de -109.18 °C donde indicamos que tener la temperatura negativa no es un obstáculo para que este llegue a la condensación esperada considerando la temperatura exterior e interior del sistema, dado que este es el efecto Peltier que se usa en el prototipo.

Finalmente podemos deducir que el estudio el cual se llevó a cabo durante el día tiene una humedad relativamente baja, sin embargo, si optamos por analizarlo durante la noche los resultados dan un cambio favorable de nuestro sistema, así mismo el consumo energético es de 2.45 kWh y al implementar el sistema fotovoltaico reduce los gastos energéticos.

Referencias bibliográficas

Agua potable renovable | *Agua SOURCE*. (2022, 18 febrero). SOURCE Water. <https://www.source.co/?lang=es>

Berrio Huarahuara, W. R., & Hanco Mamani, F. (2017). *Diseño de un prototipo de calefacción por m2 de superficie de piso radiante utilizando PCMS aprovechando la energía solar térmica en la ciudad de Puno*.

Chavez, E. (2019). *Propuesta de implementación del sistema de climatización para la ampliación del laboratorio de tuberculosis del Hospital Nacional Guillermo Almenara Irigoyen*. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Perú.

Gil Valencia, D. A. (2022). *Análisis de carga térmica para retirar el calor sensible del proceso de inyección de plástico, para implementar la distribución adecuada de cargas en los equipos de refrigeración y definir si el sistema cumple con la demanda y proyección en la empresa SI Plásticos*.

Higuera, J. d. I. C. (2017). *Sistemas Fotovoltaicos Conectados a Red*.

Ivan, S. S. (2017). *Strategic Orientation to Solar Energy Production and long-Term Financial Benefits*. *Arhiv za Tehnicke Nauke / Archives for Technical Sciences* (17), 1-12.

L. Guppy & K. Anderson. (2017). *Global Water Crisis: The facts*. Obtenido de <https://inweh.unu.edu/wp-content/uploads/2017/11/Global-Water-Crisis-The-Facts.pdf>

Rohland, L. (2017). *Solar cell: Salem Press*.

Sánchez Mendoza, L. E., & Herrera Estrella, J. E. (2022). *Diseño a través de un Simulador para la transformación de energía térmica a eléctrica, utilizando las celdas Peltier y el efecto Seebeck (Bachelor's thesis)*.

Valenzuela, R., & Yucra, Y. (2022). *Evaluación de la calidad de agua subterránea del Parque Industrial Taparachi del distrito de Juliaca*. *Ñawparisun - Revista de Investigación Científica*, 4(Vol. 3, Num. 4), 67-72. <https://doi.org/10.47190/nric.v3i4.8>