

Implementación de una interfaz digital para la medición de niveles de rayos ultravioleta en la ciudad universitaria de la Universidad Nacional de Juliaca en la Sede Ayabacas **implementation of a digital interface for the measurement of ultraviolet ray levels in the university city of the National University of Juliaca at the Ayabacas campus**

Javier Álvaro Rivera Suaña
jariveras.doc@unaj.edu.pe – Universidad Nacional de Juliaca, Perú
<https://orcid.org/0000-0002-8943-7414>

Raúl Reynaldo Ito Díaz
rritod.doc@unaj.edu.pe – Universidad Nacional de Juliaca, Perú
<https://orcid.org/0000-0003-3370-5990>

Armando Antonio Salinas del Carpio¹
a.salinas@unaj.edu.pe – Universidad Nacional de Juliaca, Perú
<https://orcid.org/0000-0002-1032-0388>

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

Resumen

Se puede observar que año tras año la incidencia de energía solar se incrementa llegando a sobrepasar los valores máximos permitidos. Dentro de los parámetros espectrográficos de radiación solar se encuentran los rayos ultravioletas. Médicos especialistas en el tratamiento de la piel han demostrado que la exposición prolongada a los rayos solares puede generar enfermedades a la piel por lo que se recomienda tener toda una serie de cuidados y protecciones. Actualmente no existe ningún dispositivo en la ciudad de Juliaca, que mida la incidencia de los rayos UV en la superficie en tiempo real y que muestre los resultados a través de una interface amigable para que cualquier persona pueda ver y entender los niveles a los que se está exponiendo. Para cumplir ese objetivo se ha implementado un dispositivo que se encargue de medir y evaluar los niveles de radiación solar en el transcurso del día y a través de un display y/o una señalización de colores pueda mostrar los niveles de radiación solar que existe en la zona. Se diseñó un dispositivo con sensores UV que sea capaz de recibir y almacenar los valores en una tarjeta micro SD. A través de un display montado en una estructura rígida, los datos registrados en el transcurso del día son mostrados y acompañados de una señalización de colores el cual indica el nivel de radiación solar en tiempo real. Finalmente se espera obtener un dispositivo que pueda ser fácil de replicar para que sea instalado en diversos puntos de la ciudad universitaria donde los estudiantes puedan observar y tengan conocimiento acerca de los riesgos y cuidados que se deben tener bajo el sol.

Palabras claves: *Dispositivo de medición, rayos UV, sistema de almacenamiento de datos.*

Como citar: Rivera-Suaña, J. A., Ito-Díaz, R. R. & Salinas-del Carpio, A. A. (2023). Implementación de una interfaz digital para la medición de niveles de rayos ultravioleta en la ciudad universitaria de la Universidad Nacional de Juliaca en la Sede Ayabacas. NAWPARISUN – Revista de Investigación Científica de Ingenierías, 4(3), 23-29.

¹ Corresponding author: a.salinas@unaj.edu.pe

Abstract

It can be seen that year after year the incidence of solar energy increases, reaching the maximum permitted values. Within the spectrographic parameters of solar radiation are ultraviolet rays. Medical specialists in skin treatment have shown that prolonged exposure to sunlight can cause skin diseases, so it is recommended to have a whole series of care and protections. Currently there is no device in the city of Juliaca that measures the incidence of UV rays on the surface in real time and that shows the results through a friendly interface so that anyone can see and understand the levels at which is exposing. To meet this objective, a device will be implemented that is in charge of measuring and evaluating the levels of solar radiation during the day and through a display and/or colored signage that can show the levels of solar radiation that exist in the area. A device with UV sensors will be designed that is capable of receiving and storing the values on a micro-SD card. Through a display mounted on a rigid structure, the data recorded during the day will be shown and accompanied by a colored signage which will indicate the level of solar radiation in real time. Finally, it is expected to obtain a device that can be easily replicated so that it can be installed in various points of the university city where students can observe and have knowledge about the risks and care that must be taken under the sun.

Keywords: *Datalogger, measuring device, UV rays.*

Introducción

Según el Ing. Orlando Ccoa Tuya, (Orlando et al., 2015) , la radiación UV “es un indicador de la intensidad de la radiación ultravioleta relacionado con el riesgo a la salud”.

El Senahmi (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología), en su boletín mensual, (“Boletín mensual de la uv-b ciudades del,” 2022), nos indica que se viene monitoreando a nivel nacional los índices de radiación UV-B en el Perú, y que es preocupante porque se puede observar que se va incrementando dependiendo de la estación en la que nos encontremos causando muchos impactos negativos en la salud.

Cabe señalar que la cantidad de estaciones a nivel nacional con la que cuenta el Senahmi son limitadas (*SENAMHI - Perú*, n.d.), por lo que la información es relativamente confiable en puntos específicos a nivel nacional.

La Organización Mundial de la Salud (OMS), (*Organización Mundial de La Salud Organización Meteorológica Mundial Programa de Las Naciones Unidas Para El Medio Ambiente Comisión Internacional de Protección Contra La Radiación No Ionizante*, n.d.) dividen en categorías la exposición al sol en función de los intervalos de valores de IUV como se muestra en la siguiente imagen:

Tabla 1
Índice UV

INDICE UV	RIESGO
0-2	Bajo
3-5	Moderado
6-7	Alto
8-10	Muy alto
11+	Extremadamente alto

Este incremento de radiación solar se ve reflejado en los efectos que causa en la piel por

la excesiva sobreexposición del cuerpo humano hacia los rayos solares por un largo tiempo sin la protección necesaria (Organización Mundial de la Salud, 2022).

Por lo que se recomienda una serie de recomendaciones para protegerse de los rayos solares, tales como: usar prendas protectoras como un sombrero de ala ancha, usar gafas de sol, utilizar filtro solar, resguardarse a la sombra evitando estar expuesto la menor cantidad de tiempo posible (Organización Mundial de la Salud, 2010).

Preocupados por la salud a nivel mundial, La Organización Mundial de la Salud (OMS), la Organización Meteorológica Mundial (OMM), el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización Internacional del Trabajo (OIT) han presentado una nueva aplicación para teléfonos móviles que proporciona información localizada sobre los niveles de radiación ultravioleta (UV) instalados en dispositivos electrónicos que utilizan los GPS para poder recibir la información meteorológica de la radiación solar y poder ayudar a las personas saber cuándo y cómo utilizar la protección solar necesaria según sea en el transcurso del día (Organización Mundial de la Salud, 2022).

La misma OMS, señala que los niveles de la radiación UV dependen de varios factores tales como:

- La elevación del sol: cuanto mayor sea su altura en el cielo, mayor es la radiación ultravioleta. Estos niveles varían en función de la hora del día y la época del año.
- La latitud: cuanto más próximo se está del ecuador, mayores son los niveles de radiación ultravioleta.

- La altitud: la radiación ultravioleta aumenta con la altitud, ya que el aire es menos denso y la absorbe menos.
- La nubosidad: los niveles de radiación ultravioleta son más altos bajo los cielos despejados, pero pueden ser elevados incluso con nubes.
- El ozono: absorbe parte de la radiación ultravioleta del sol. Donde hay menos ozono, esta radiación llega en más cantidad a la superficie de la Tierra.
- La reflexión: las superficies reflectantes, como el agua, la arena y la nieve fresca aumentan el nivel de radiación ultravioleta.
- El cambio climático: se prevé que afecte a los niveles de radiación ultravioleta en la superficie de la Tierra, por ejemplo, variando la cantidad de ozono y la nubosidad (Organización Mundial de la Salud, 2022).

La información acerca de los valores de los niveles de radiación UV, se encuentran disponibles en diversas páginas Online que utilizan información satelital, la cual es funcional pero no es precisa para puntos específicos sobre la superficie terrestre, por lo que existen varios trabajos de investigación los cuales utilizan circuitos electrónicos que permiten almacenar datos a través de sensores y dataloggers, pero por temas de diseño y económicos no son factibles.

En el trabajo de investigación (Muñoz et al., 2022), a través de un dispositivo tecnológico y la tecnología wearable, se puede conectar a cualquier dispositivo Android y en tiempo real realiza un monitoreo la radiación UV mandando los valores y las recomendaciones para ese momento.

En varios trabajos de investigación realizan campañas de informativas y de prevención de los efectos nocivos de los rayos UV, (Escuela de postgrado evaluación de las acciones de la educación preventiva contra los efectos nocivos por la exposición prolongada a la radiación solar (UV-B), 2018), pero no utiliza ningún dispositivo de medición.

En el trabajo de (Pinares Gamarra, 2022), utiliza como instrumento de medición los sensores de una estación meteorológica cerca al pueblo de Yaurisque en la ciudad de Cuzco, pero no tiene un dispositivo que muestre en tiempo real la radiación UV.

En la ciudad de Juliaca no existe ningún dispositivo que mida la incidencia de los rayos UV y que además los muestre a través de un display en tiempo real.

Se busca concientizar en la población estudiantil de la Universidad Nacional de Juliaca en la Sede Ayabacas sobre los niveles de

radiación UV a los que están expuestos, a través de un dispositivo de bajo costo que permita medir los niveles de incidencia de los rayos UV en la superficie en tiempo real y muestre los resultados a través de un display, que permita a los estudiantes, personal docente y administrativo de la universidad conocer los riesgos y cuidados que se deben tener a la hora de estar bajo el sol.

Materiales y métodos

Materiales

Los materiales que se van a utilizar son los siguientes:

- 01 estación meteorológica Vantage Pro2™ es el tope de gama de las estaciones meteorológicas de Davis Instruments.

El panel solar alimenta al Conjunto Integrado de Sensores (ISS) durante el día, a la vez que carga una batería interna que proporciona energía por la noche. Una pila de litio sirve de respaldo en caso de necesidad.

La consola permite visualizar todas las variables meteorológicas de forma simultánea y configurar la estación sin necesidad de un ordenador. Presenta un cómodo teclado y una gran pantalla LCD de 15 x 9 cm con retroiluminación, para una lectura perfecta tanto de día como de noche.

El ISS envía los paquetes de datos a la consola de forma inalámbrica a una distancia de hasta 300 metros, con una frecuencia de actualización de 2,5 segundos.



Figura 1. Estación Meteorológica Davis Advantage Pro2.

➤ Sistema de almacenamiento de datos

En la Figura 2, se observa el dispositivo que va a servir como la unidad de almacenamiento de datos, compuesta por un dispositivo que utiliza la tecnología de Arduino Nano (Figura 4), para poder almacenar datos a través de un módulo de tarjeta micro SD (Figura 6), que mediante los sensores ultravioletas (Figura 3) instalados en la parte superior son visualizados por el display (Figura 5) ubicado en la parte inferior.

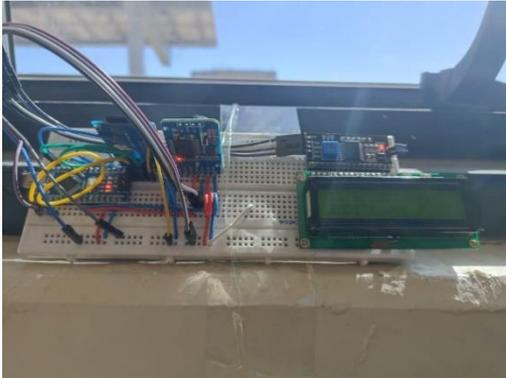


Figura 2. Dispositivo de almacenamiento de datos



Figura 3. Sensor ultravioleta.

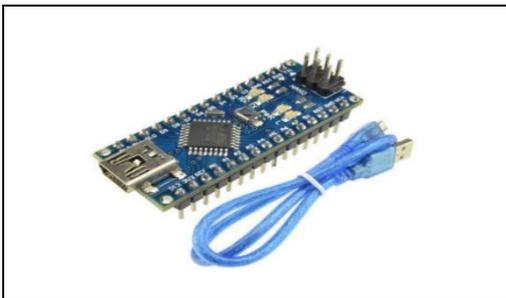


Figura 4. Arduino nano



Figura 5. Display Arduino

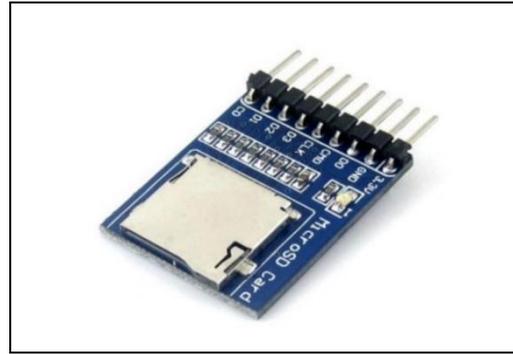


Figura 6. Módulo de tarjeta micro SD.

Metodología

Implementar un dispositivo de bajo costo para el monitoreo y medición de los rayos UV en tiempo real y que además sea capaz de mostrar los resultados en tiempo real instalado en un parante que se encuentre visible en la puerta de ingreso de la Escuela Profesional de Ingeniería en Energías Renovables que este ubicado en la Sede Ayabacas ($15^{\circ}24'33.93''S$ $70^{\circ}5'27.71''O$) en la parte norte de la ciudad de Juliaca a una altura de 3837 m.s.n.m., el cual será instalado en la puerta de entrada de la Escuela Profesional de Ingeniería en Energías Renovables (Figura 8).



Figura 7. Ubicación geográfica del proyecto.



Figura 8. Ubicación física del semáforo solar.

Para ello se requiere conectar al Arduino nano el sensor ultravioleta para que pueda monitorear y medir, para que la información sea almacenada se conectara el módulo de la tarjeta micro SD. Para que los resultados sean visibles, se conectara al módulo Arduino nano al display como se puede observar en la Figura 9.

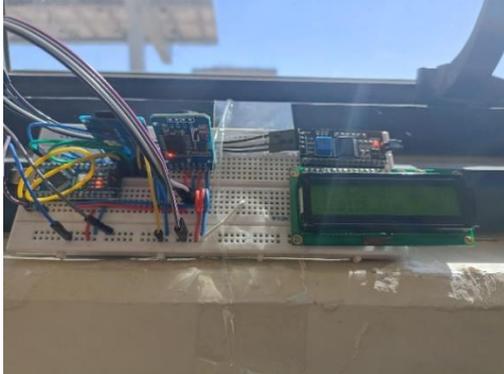


Figura 9. Montaje del dispositivo de medición.

La programación del dispositivo de medición está configurada para registrar y almacenar datos cada segundo del día durante los 365 días del año.

El procedimiento de funcionamiento es como sigue:

1. Desarrollo del sistema de detección UV:
Para este fin se utilizó de la mejor manera el dimensionamiento de los dispositivos de control y monitoreo a fin de cumplir con la detección de radiación UV, procesamiento y almacenamiento de datos, como se puede ver en la Figura 10.

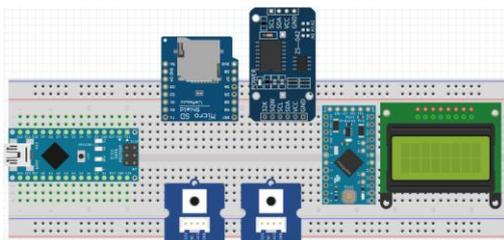


Figura 10. Diagrama de conexión del dispositivo de medición.

2. Desarrollo del algoritmo del sistema:
Para el desarrollo del algoritmo se sigue la secuencia de trabajo mostrada en la Figura 11.

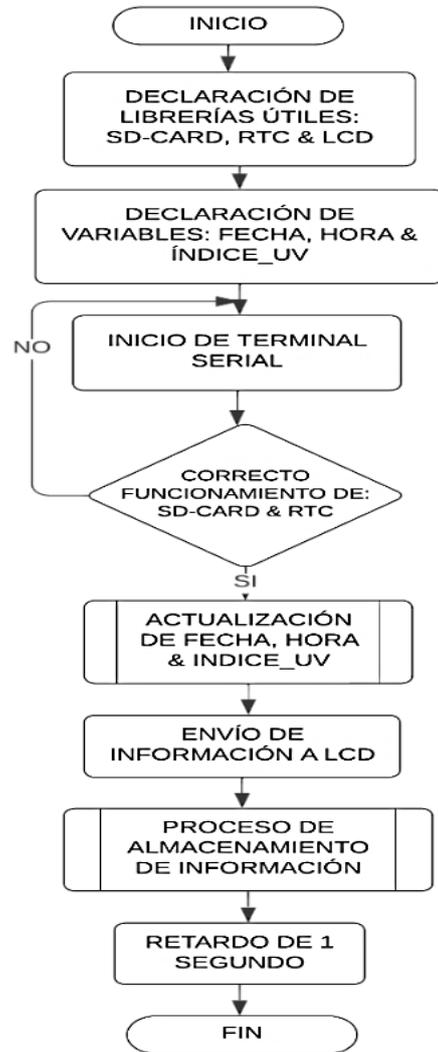


Figura 11. Diagrama de flujo del algoritmo del sistema.

3. Calibración del sistema:
Para realizar mediciones confiables con el sistema UV desarrollado, se utilizó la técnica de medición MSE (Mean Square Error) donde nos permitió establecer el factor de calibración de los sensores UV establecidos en el algoritmo de programación en el entorno de Arduino.

Esta técnica MSE es una forma de medir y comparar qué tan lejos está nuestra medición y calibración de la realidad, en este caso utilizamos la estación meteorológica DAVIS con fuente primaria confiable, instalada en la Escuela Profesional de Ingeniería en Energías Renovables de la UNAJ.

Por lo tanto, el error medio cuadrático está definido de la manera siguiente:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n [Valores_{(Davis)} - Valores_{(sistema_{UV})}]^2 \quad (1)$$

Donde:

n = Número de muestras o datos medidos

Resultados y discusiones

Realizado el proceso de implementación del prototipo, se procedió a realizar las mediciones en tiempos definidos para así comprobar el correcto funcionamiento del algoritmo de programación del sistema, a fin de cumplir con el proceso de: detección de la señal ultravioleta, procesamiento de dicha señal para visualizar los índices de radiación ultravioleta, y finalmente realizar el almacenamiento de datos de la señal.

La Figura 12 muestra el comportamiento de la señal UV monitoreada el día 12 de junio del presente en horarios de 12:21 a 14:51, donde se puede visualizar los valores de radiación UV medidos por debajo de un nivel de 8.

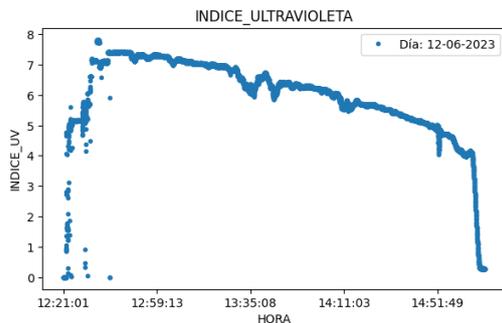


Figura 12. Comportamiento de medición UV para el día 12/06

En la Figura 13, se tiene una medición más extensa entre 08:59 hasta las 14:14 del día 13 de junio del presente, donde se puede observar que existe valores extremos de radiación UV aproximado de 8.7 en horarios de 11:00 a 13:00 horas del día.

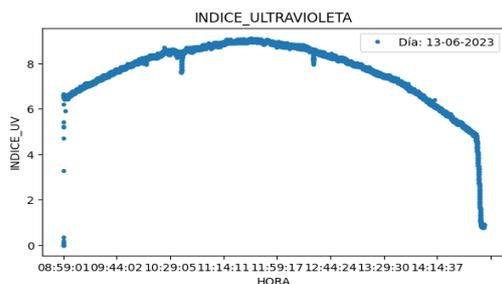


Figura 13. Comportamiento de medición UV para el día 13/06

La Figura 14 muestra otra medida del día 14 de junio en un periodo de tiempo desde las 08:33 hasta 14:37.

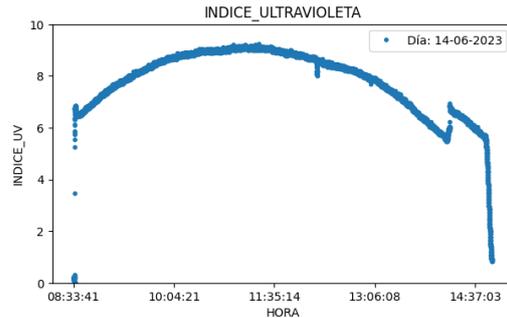


Figura 14. Comportamiento de medición UV para el día 14/06

Finalmente, se procedió a seleccionar el parámetro de calibración de los sensores UV con respecto a los resultados obtenidos, para así realizar una comparación con los resultados de medición de la estación Davis, según la Tabla 3.

Tabla 3.
Calibración del sensor UV.

Medición Realizada	Parámetro de sensor UV	MSE
12-06-2023	0.15	Alta
13-06-2023	0.11	Baja
14-06-2023	0.09	Alta

Por lo tanto, las mediciones realizadas por el sistema UV desarrollado tienen mejores mediciones con respecto a la estación Davis, con un factor de calibración de 0.11; donde se ha podido analizar que el error medio cuadrático tiene un valor bajo.

Conclusiones

Se implementó un dispositivo de medición y evaluación de los niveles de radiación ultravioleta para la Sede Ayabacas de la Universidad Nacional de Juliaca.

Se dimensionó la estructura de operación del sistema de detección UV con entornos de desarrollo de código abierto, como también la calibración del sensor UV con una estación meteorológica DAVIS.

En la zona de Santa María de Ayabacas, ubicada en la zona norte de la ciudad de Juliaca, durante el periodo de registro los índices de radiación UV oscilan entre valores de 8 y 9.

Como conclusión final según los parámetros obtenidos por el sistema de almacenamiento de datos, diariamente estamos sometidos a un nivel de radiación solar muy alto por lo que se recomienda el extremo cuidado de la piel para evitar enfermedades a la piel.

Con un registro de datos a largo plazo, podremos analizar el comportamiento de la radiación UV durante el transcurso del año evaluando las condiciones en las diferentes estaciones del año.

Referencias Bibliográficas

- BOLETÍN MENSUAL VIGILANCIA DE LA RADIACIÓN UV-B EN CIUDADES DEL PAÍS. (2022). *Senamhi (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología)*, 02. www.senamhi.gob.pe//1
- Pinares Gamarra, Carlos Enrique. (2022). *Estudio de la Radiación solar ultravioleta en el distrito de Yaurisque, Provincia de Paruro, departamento Cusco*.
- Muñoz, S., Casanca Oscorima, L. ;, & Ronaldo, M. (2022). *Solución tecnológica de monitoreo de radiación UV para la prevención de enfermedades cutáneas a través de un wearable Item Type info:eu-repo/semantics/bachelorThesis*. <http://hdl.handle.net/10757/661148>
- Organización Mundial de la Salud Organización Meteorológica Mundial Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente Comisión Internacional de Protección contra la Radiación no Ionizante. (n.d.). Retrieved October 1, 2023, from <http://www.who.int/uv>
- Orlando, I., Tuya, C., & Ejecutiva, P. (2015). *Radiación Ultravioleta-B, Vulnerabilidad y Riesgos en el Verano PERÚ Ministerio del Ambiente Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología-SENAMHI*.
- Pinares Gamarra, C. E. (2022). *UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO ESCUELA DE POSGRADO*.
- SENAMHI - Perú. (n.d.). Retrieved September 30, 2023, from <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>
- Buker, M., & Riffat, S. (2015). Building integrated solar thermal collectors - A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, pp. 327-346.
- Chwiduk, D. (2014). *Solar Energy in Buildings*. The Netherlands: Elsevier.
- Global Solar Atlas. (2016). <https://globalsolaratlas.info>. (World Bank Group) Retrieved Julio 01, 2019, from <https://globalsolaratlas.info/?c=-15.141067,-67.456055,7&s=-15.749963,-70.004883>
- Organizacion Mundial de la Salud. (2010, Diciembre 20). Retrieved from <https://www.paho.org/es/noticias/29-12-2010-recomendaciones-oms-para-protegerse-rayos-solares>
- Organizacion Mundial de la Salud. (2022, Junio 21). Retrieved from <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ultraviolet-radiation>
- Organizacion Mundial de la Salud. (2022, Junio 21). Retrieved from <https://www.who.int/es/news/item/21-06-2022-sunsmart-global-uv-app-helps-protect-you-from-the-dangers-of-the-sun-and-promotes-public-health>
- Qu, M., Yin, H., & Archer, D. (2010). A solar thermal cooling and heating system for a building: Experimental and model based performance analysis and design. *Solar Energy*.
- Yucra, R. (2010). Estudio para la climatización de la piscina y la producción de agua caliente sanitaria ACS con energía solar de la UNAP. In *de IV Conferencia Latino Americana de Energía Solar (IV ISES_CLA) y XVII Simposio Peruano de Energía Solar (XVII-SPES)*. Cusco.