

Implementación de un sistema de calefacción solar para un aula universitaria de la Universidad Nacional de Juliaca

Implementation of a solar heating system for a college classroom at the National University of Juliaca

Henry Pizarro Viveros

h.pizarro@unaj.edu.pe - Universidad Nacional de Juliaca

José Manuel Ramos Cutipa

joseramosc@gmail.com.pe - Universidad Nacional del Altiplano

Elmer Rodrigo Aquino Larico

rodrigo19_x@hotmail.com - Universidad Nacional de Juliaca

Vilma Sarmiento Mamani

vilmasm1@gmail.com - Universidad Nacional de Juliaca

Norman Jesús Beltrán Castañón

normanjesus@gmail.com - Universidad Nacional de Juliaca

Resumen

La ciudad de Juliaca, ubicada en la región Puno, se encuentra por encima de los 3800 msnm, tiene una temperatura media anual de 16.8°C y una irradiación de 5.9 kWh/m² con aproximadamente 8.2 hrs de sol en promedio. Este potencial de energía solar térmica es utilizado comúnmente para calentamiento de agua de uso doméstico, sin embargo no existen aplicaciones del uso de la energía solar térmica para la calefacción solar de aulas universitarias. Este artículo describe el uso de la energía solar térmica para la calefacción de un aula universitaria de 66 m² en el pabellón académico de la Universidad Nacional de Juliaca. El sistema de calefacción solar consiste en dos colectores solares de tubos de vacío que calientan el agua hasta una temperatura promedio de 78°C. Una bomba trifásica de ½ HP es usada para forzar la circulación del agua caliente al interior del aula universitaria. El agua caliente circula por un radiador de agua caliente y un piso radiante de tubos de cobre de ½ pulgada de diámetro. Mediante cinco sensores de temperatura PT100 son medidas las variaciones de temperatura. Las pruebas experimentales han sido realizadas en las estaciones de verano y otoño de 2019. Los resultados del sistema de calefacción en la estación de verano muestran el incremento de la temperatura en promedio 2°C estando el aula universitaria sin alumnos. Para la estación de otoño, el incremento de temperatura en promedio fue de 5°C estando el aula universitaria con 20 alumnos. Estos resultados son alentadores porque muestra la utilidad del sistema de calefacción en los meses más fríos del año.

Palabras claves: *Calefacción solar; Energía solar térmica; Piso radiante, Energía solar.*

Abstract

The city of Juliaca is located in the southern Andes of Peru, above 3800 msnm with the mean annual temperature of 16.8°C, and receives annual total radiation of 5.9 kWh/m² with approximately 8.2 hours of daily sunlight. This potential for solar thermal energy is mainly used for heating water used for domestic use. However there are no projects that use this solar thermal energy for heating college classrooms. This paper describes the use of solar thermal energy for heating of a college classroom of 66 m² of the academic pavilion of the National University of Juliaca. The solar heating system consists of two vacuum tube solar collectors that heat the water to a temperature of 78°C. A 1/2 HP three-phase pump used to circulation of hot water inside the college classroom. Hot water circulates through a hot-water radiator and a solar radiant floor of copper tube with diameter ½ inch. Five PT100 temperature sensors used to measure the temperature variation. The experimental tests carried out during the summer and autumn seasons of 2019. The results show that the temperature of the college classroom without a solar heating system is 13.5°C. The results of the solar heating system in the summer season show the average temperature increase in 2°C in the college classroom without students. On the autumn season, the average temperature increase is 5°C with the college classroom with 20 students. The results are encouraging because it shows the utility of the solar heating system in the coldest months of the year.

Keywords: Solar heating; Thermal solar energy; Solar radiant floor; Solar energy.

Introducción

La ciudad de Juliaca, ubicada en la región Puno, se encuentra por encima de los 3800 msnm. Tiene una temperatura media anual de 16.8°C y con una irradiación de 5.9 kWh/m² con aproximadamente 8.2 hrs de sol en promedio (Yucra, 2010; Senamhi, 2019). En la ciudad de Juliaca, las estaciones climatológicas son variadas, los veranos son cortos y nublados, los inviernos son muy fríos y despejados, el resto del año es seco. Los índices de radiación ultravioleta UV también son considerables en la región y en esta época alcanza niveles extremadamente altos (Figura 1). La Universidad Nacional de Juliaca, ubicada en la Urbanización La Capilla, presenta en su pabellón académico algunas aulas universitarias que son extremadamente frías. El aula 105 ubicada en el primer nivel es el aula más fría de ese pabellón con una temperatura promedio de 13.5°C.

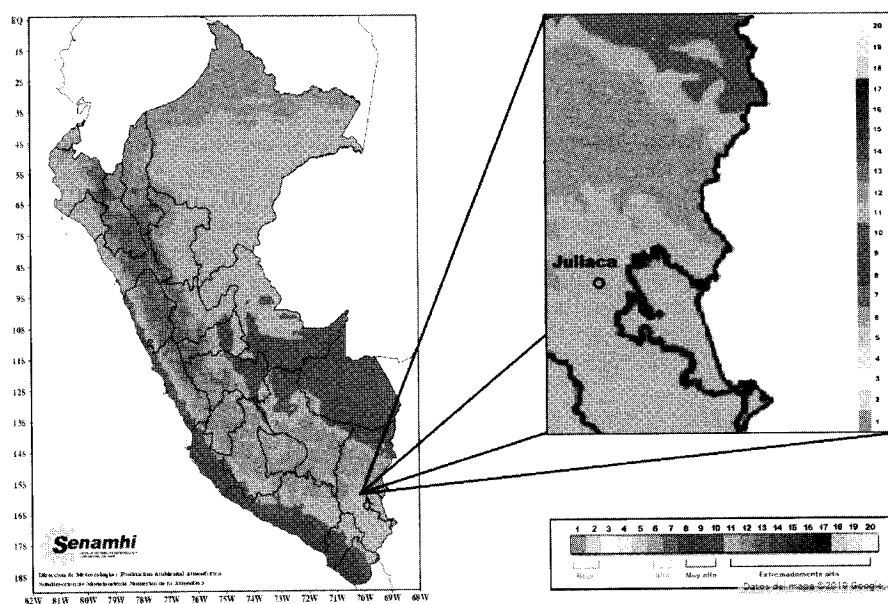


Figura 1. Índice de radiación ultravioleta sin nubosidad para el mediodía solar del 22-07-2019 (Senamhi, 2019). Para mitigar estas bajas temperaturas en el aula se plantea la implementación de un sistema de calefacción solar.

Muchos sistemas de calefacción utilizan el típico calefactor eléctrico que es una resistencia eléctrica cuyo calor generado es disipado mediante convección natural, este sistema presenta un aumento considerable de los costos de energía eléctrica. Una alternativa a estos sistemas tradicionales son los sistemas de calefacción solar. Estos sistemas de calefacción solar permiten un gran ahorro económico y contribuyen a reducir los gases de efecto invernadero (Chwiduk, 2014; Buker & Riffat, 2015; Vargas, Yampasi, Tirado, & Patzi, 2016).

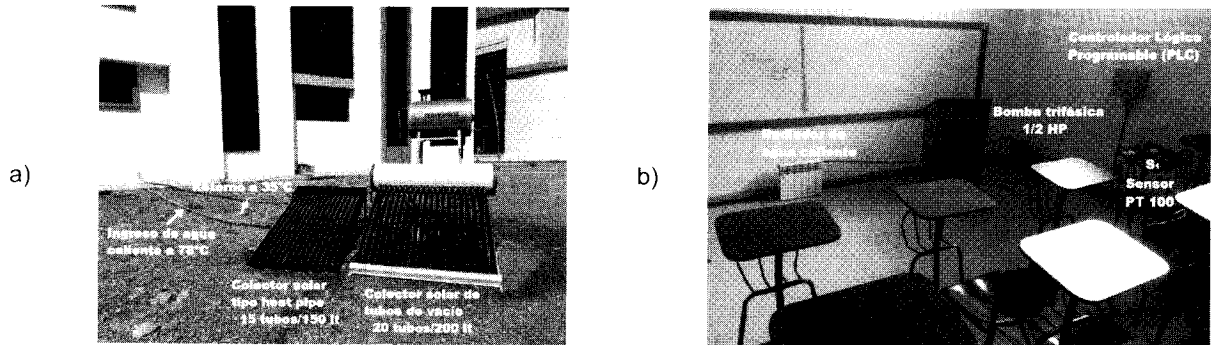


Figura 2. Sistema de calefacción solar. (a) Colectores solares para calentamiento; (b) Sistema de control y medición (elaboración propia).

El presente artículo describe el uso de la energía solar térmica a través de colectores solares para la calefacción solar de un aula universitaria de 66 m² utilizando un radiador de agua caliente y un sistema adaptado de piso radiante (Sarabastall, 2009; Garcia, 2010; Qu, Yin, & Archer, 2010).

Los resultados experimentales de medición de temperatura del aula 105, consideran las estaciones de verano y otoño de 2019. La estación de verano (22/dic a 21/mar) típicamente lluviosa con pocas horas de sol (6.3 hrs) con una irradiación promedio de 5.9 kWh/m² y la estación de otoño (22/mar a 21/jun) típicamente seca con aumento de horas de sol (9.3 hrs) con una irradiación promedio de 5.5 kWh/m² y con descenso de la temperatura ambiente, llegando por las noches a temperaturas negativas.

Materiales y métodos

El sistema de calefacción solar del aula académica consiste en un circuito cerrado de circulación forzada de agua caliente (420 lt) calentada en dos módulos de colectores solares (Figura 2.(a)). Para las mediciones de las variaciones de temperatura el sistema de calefacción tiene cinco sensores de temperatura PT100 instalados estratégicamente y que registran las variaciones de temperatura a cada 30 min. Se consideraron dos etapas, la primera etapa (estación de verano), se midió las temperaturas del aula con el sistema de calefacción activo sin alumnos. En la segunda etapa (estación de otoño) se midió las temperaturas del aula con el sistema de calefacción activo con 20 alumnos del primer semestre de la Escuela Profesional de Ingeniería en Energías Renovables asistiendo en el periodo de la tarde.

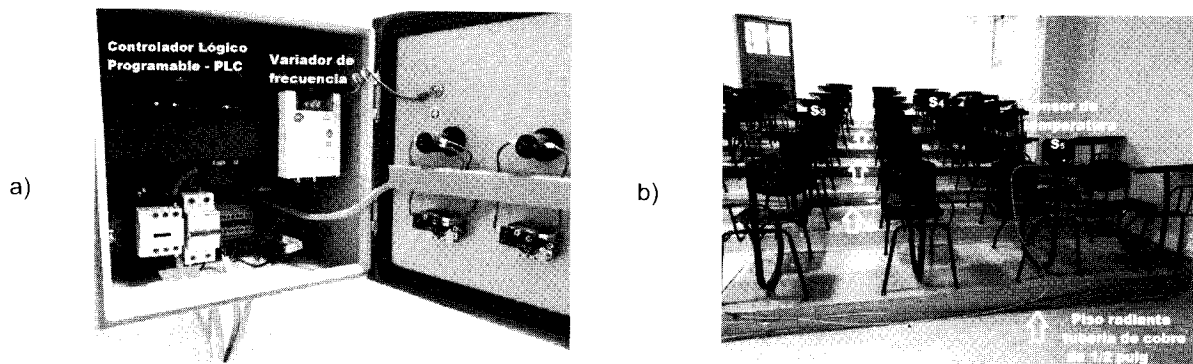


Figura 3. (a) Sistema de control PLC con bomba trifásica y radiador de agua caliente. (b) Piso radiante con tubería de cobre (elaboración propia).

Este sistema de calefacción solar funciona de manera automática de lunes a domingo desde las 10:00 a 18:00 hrs activado a través de un Controlador Lógico Programable (PLC) que enciende automáticamente una bomba centrífuga trifásica de ½ HP para forzar la circulación del agua caliente (Figura 2.(b)). Para ambas etapas, las mediciones son consideradas desde 12:00 a 18:00 hrs periodo en el cual el aula es utilizada por los alumnos del turno tarde.

El agua es calentada en dos colectores solares conectados en serie. El primero es un colector solar de tubos de vacío de 20 tubos y un tanque de almacenamiento de 200 lt (Figura 2.(a)). El segundo colector solar es del tipo heat pipe de 15 tubos. El

agua es calentada aproximadamente hasta los 78°C y luego de transferir el calor, el agua retorna al sistema de calentamiento a 35°C. Ambos colectores solares tienen un área total de 4.7 m² y están ubicados en los exteriores del pabellon académico al mismo nivel del aula a calefaccionar.

El sistema de control está compuesto por un Controlador Lógico Programable (PLC) de marca Siemens y de gama SIMATIC s7-1200. Este sistema activa automáticamente una bomba centrífuga trifásica de ½ HP a una velocidad de rotación de $\Omega=15\text{Hz}$ (900 rpm) regulada por un variador de velocidad para forzar la circulación del agua caliente en el sistema de calefacción (Figura 3.(a)).

La adquisición de datos de las variaciones de temperatura en el interior del aula es realizada las 24 horas del día mediante el PLC a través de cinco sensores de temperatura PT100 a una tasa de muestreo de 0.0005Hz (cada 30 min). Para el análisis son considerados solamente las temperaturas en el periodo de utilización del aula universitaria (12:00 a 18:00) y concatenados todos los valores diarios para ser presentados en una figura que representará un mes de medición.

El circuito de transferencia de calor se inicia con el radiador de agua caliente al cual fue adaptado un ventilador de bajo costo e instalado en la parte posterior para acelerar la transferencia de calor. Este radiador es de la marca Aumax, de material aluminio con alta producción térmica y de dimensiones 380*80*85(mm) con un peso aproximado de 1.10 Kg. El piso radiante corresponde al segundo circuito por donde circula el agua caliente. Son tubos de cobre de

½ pulgada de diámetro que están instalados en la parte lateral de las gradas ascendentes del interior del aula universitaria 105 (Figura 3.(b)).

Resultados y discusión

Las mediciones de las variaciones del sistema de calefacción solar del aula universitaria presenta los siguientes resultados: La temperatura del aula sin sistema de calefacción solar es en promedio de 13.5°C. Temperatura que será utilizada como referencia para comparar los incrementos de la temperatura.

Para la primera etapa, estación de verano y sin alumnos correspondiente a los meses de enero, febrero y marzo los resultados están mostrados en la Figura 4.

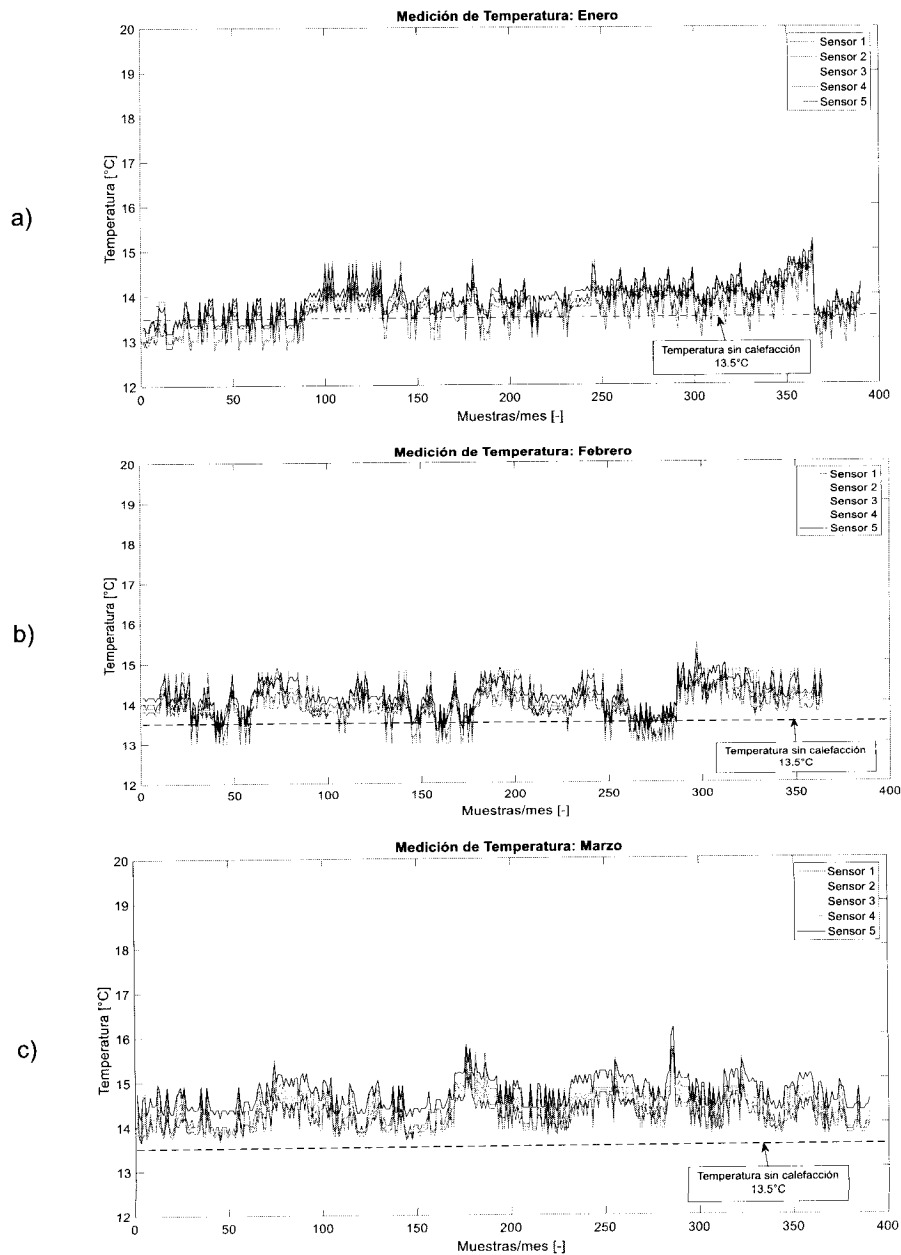


Figura 4. Primera etapa: estación verano y sin alum nos. (a) Mes de enero. (b) Mes de febrero. (c) Mes de marzo. (Elaboración propia).

Se observa que en el mes de enero el incremento de temperatura fue aproximadamente de 0.5°C. En el mes de febrero se observó un ligero aumento de temperatura de 1°C. Ya en el mes de marzo la temperatura aumento aproximadamente 2°C. Este incremento gradual de temperatura está relacionado con la reducción de la temporada de lluvias y el incremento de horas de sol.

Para la segunda etapa, estación de otoño y con 20 alumnos utilizando el aula 105 en el periodo de 12:00 a 18:00. Correspondiente a los meses de abril, mayo y junio están mostrados en la Figura 5.

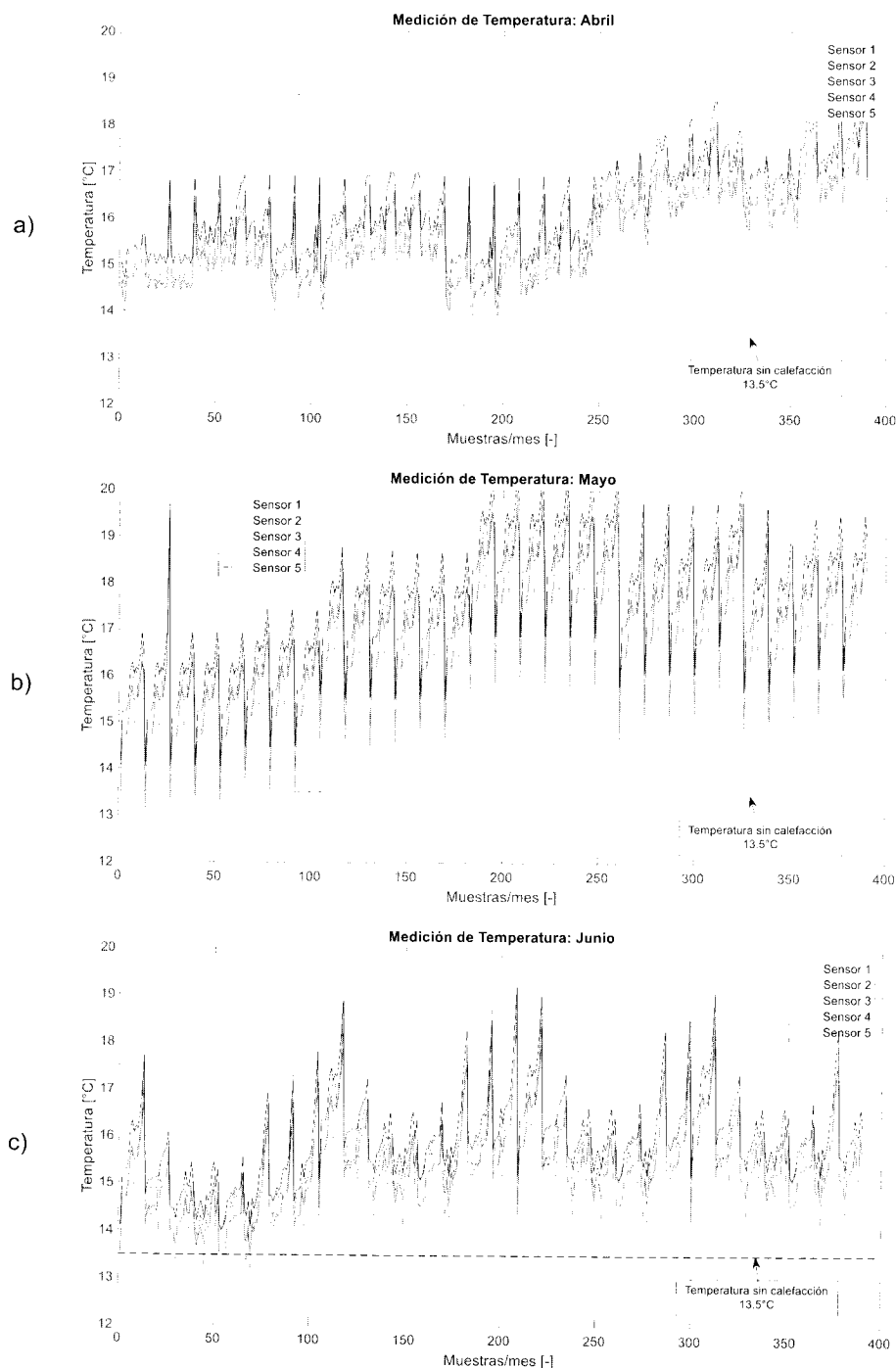


Figura 5. Segunda etapa: estación otoño y con alumnos. (a) Mes de abril. (b) Mes de mayo. (c) Mes de junio. (Elaboración propia).

Se observa que para el mes de abril el incremento de temperatura fue aproximadamente de 3°C. En el mes de mayo el incremento de temperatura aumentó a 5°C. En el mes de junio la temperatura incrementó solamente en 4°C. Este leve descenso de temperatura se debe a la reducción de la temperatura ambiente debido a la cercanía de la estación de invierno, que en las noches llega a temperaturas negativas.

Conclusiones

La implementación de un sistema de calefacción solar instalado en el aula universitaria 105 de la UNAJ que utilizó un radiador de agua caliente y un circuito de piso radiante presenta las siguientes conclusiones:

Para las dos etapas consideradas se tomó como referencia la temperatura promedio del aula sin sistema de calefacción que es 13.5°C.

En la primera etapa, correspondiente a la estación de verano, típicamente lluviosa con pocas horas de sol (6.3 hrs) y una irradiación promedio de 5.9 kWh/m², el sistema de calefacción incrementó la temperatura en promedio 2°C estando el aula sin alumnos.

En la segunda etapa, correspondiente a la estación de otoño típicamente seca con aumento de horas de sol (9.3 hrs) y una irradiación promedio de 5.5 kWh/m², el sistema de calefacción incrementó la temperatura en hasta 5°C estando el aula con 20 alumnos sin considerar el incremento de temperatura corporal de los alumnos que es de 1.5°C.

Finalmente podemos concluir que el sistema de calefacción solar con radiador de agua caliente y piso radiante para la estación de otoño, especialmente en el mes de junio (con temperaturas negativas por las noches) incrementó la temperatura del aula universitaria en hasta 4°C. Este resultado es alentador porque muestra su utilidad en los meses más fríos del año.

Referencias bibliográficas

- Buker, M., & Riffat, S. (2015). Building integrated solar thermal collectors - A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, págs. 327-346.
- Chwiduk, D. (2014). *Solar Energy in Buildings*. The Netherlands: Elsevier.
- García, J. (2010). Diseño y cálculo de la Instalación de calefacción para una vivienda en Benalua de Guadix. Benalua de Guadix.
- 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*.
- Sarabastall. (2009). *Manual de instalación: Sistemas y elementos de calefacción*. Barcelona: Sarabastall D&P.
- Senamhi. (2019). <https://www.senamhi.gob.pe>. (World Bank Group) Recuperado el 22 de Julio de 2019, de <https://www.senamhi.gob.pe/?p=radiacion-uv-numerico>
- Vargas, J., Yampasi, P., Tirado, X., & Patzi, A. (2016). Implementación de un sistema de calefacción solar térmico: Análisis energético y económico. *Investigación & Desarrollo*, 1(16), 49-60.
- 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.

Agradecimientos

A la Vicepresidencia de Investigación de la UNAJ por el soporte financiero. Al Laboratorio de Control de la EPIER-UNAJ por el soporte técnico. A los integrantes del semillero de investigación INTIPOWER por el esfuerzo y dedicación al proyecto.