

COMPARACIÓN DEL GRADIENTE DE TEMPERATURA EN ESPACIOS CÚBICOS CONTROLADOS CON CELDA PELTIER EN FUNCIÓN A DOS AISLANTES TÉRMICOS

COMPARISON OF THE TEMPERATURE GRADIENT IN CUBIC SPACES CONTROLLED WITH PELTIER CELL ACCORDING TO TWO THERMAL INSULATORS

Juan Antonio Gutiérrez

Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, México
Jantonio24031989@gmail.com

Jorge Luís Camas Anzueto

Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, México
jcamas@ittg.edu.mx

Joel Gómez Pérez

Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, México

Madaín Pérez Patricio

Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, México
mperez@ittg.edu.mx

Carlos Ríos Rojas

Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, México
crios@ittg.edu.mx

Recepción: 21/octubre/2019

Aceptación: 23/noviembre/2019

Resumen

Este trabajo estudia el gradiente de temperatura en espacios cúbicos de dimensiones pequeñas utilizando dispositivos de enfriamiento peltier. Se demuestra que el material, el volumen, potencia y temperatura exterior afecta la eficiencia de un elemento termoeléctrico. Los materiales seleccionados en la construcción de los espacios cúbicos cuentan con baja conductividad térmica, a fin de evitar que la temperatura exterior afecte a la medición. Se tomaron periódicamente valores de temperatura en espacios cúbicos. El banco de prueba consiste en microcontrolador, disipadores de calor en lado frío y caliente y módulos peltier. Se realizó la comparación de los valores que obtienen en cada volumen. Se determina el uso de

mayor cantidad de celdas peltier, optimizando el tiempo de enfriamiento y la potencia necesaria que se requiera. Según las ecuaciones que se obtienen el comportamiento del enfriamiento en espacios cúbicos es semejante, la eficiencia que se presenta en enfriamiento a espacios es reflejada en material, volumen, potencia de enfriamiento y temperatura externa.

Palabras Claves: Gradiente, modelado, Optoelectrónica, Peltier, temperatura.

Abstract

This paper studies the temperature gradient in cubic spaces of small dimensions using peltier cooling devices. The dependency of the material, volume, power and external temperature was studied, which it affects the efficiency of a thermoelectric element. The materials selected for the cubic spaces elaboration were chosen with low thermal conductivity, since this avoid the room temperature affecting the measurement. The internal temperature of the cubic spaces was taken at periodic intervals to observe its behavior. The characterization was carried out using a microcontroller, heat sinks on cold and hot sides, and peltier modules. The temperature was compared between each volume used to obtain an optimization as a function of peltiers cells, in a minimal time of set point of cooling temperature and the power required. The equation obtain in According to the equations that are obtained the behavior of movement in cubic spaces is similar, the efficiency that is presented in space limitations is reflected in material, volume, cooling power and external temperature.

Keywords: Gradient, modeling, Optoelectronics, Peltier, temperature.

1. Introducción

En dispositivos opto electrónicos si la temperatura cambia provoca inestabilidad, afectando la intención del funcionamiento para cada dispositivo que depende directamente de una temperatura estable. Se propuso investigar sobre comportamiento del gradiente de temperatura utilizando celdas peltier en escalas de espacios, con el fin de observar el comportamiento de la fibra óptica con base a la temperatura y tiempo que emplea la celda peltier en alcanzar la deseada.

En la actualidad el sistema de enfriamiento con celdas peltier se ha convertido en tema fundamental para el desarrollo de nuevas tecnologías en laboratorios donde se requieren sistemas convencionales y prácticos para tecnologías que requieren poco espacio y ruido en sus aplicaciones.

[Alaoui, 2011]. De acuerdo al estudio del modelado de la temperatura y coeficiente de rendimiento (COP por sus siglas en ingles) en las celdas peltier es proporcional a la variación de intensidad de corriente. Existe un factor, tal vez despreciable, como la temperatura ambiente, donde se aprecia que la temperatura disminuye conforme mayor sea la intensidad de corriente.

La etapa de aplicación se empieza a considerar importante cuando el comportamiento de una celda peltier es adecuado para lo que es requerido según [Faudoa, 2018]. Se centra en el control de la temperatura en el interior de una cámara de transporte de órganos. Dicha respuesta en temperatura presenta un comportamiento y lo representa según la ecuación para el comportamiento y adquisición del control.

En [Fernandez, 2015] se presentó el diseño, la construcción y la caracterización de calibración en frío para un radiómetro de microondas, operado a 110 GHz, para la detección de espectros ampliados por presión a partir del ozono atmosférico. El objetivo se enfría con elementos Peltier. Se realizó simulaciones de transferencia de calor para optimizar el diseño y minimizar los gradientes de temperatura. Se realizó varias pruebas con un analizador vectorial de redes, un radiómetro y una red de termómetros para caracterizar el cuerpo negro construido.

En el tema termoeléctrico, según [Field, 1979], define que son bombas de calor de estado sólido que se utiliza en aplicaciones donde se requiere estabilización de temperatura, ciclos de temperatura o enfriamiento por debajo de la temperatura ambiente. El efecto peltier es uno de los tres efectos termoeléctricos. Los otros dos son conocidos como el efecto Seebeck y el efecto Thomson. Si se desconoce la resistencia térmica del disipador de calor, las estimaciones del aumento de temperatura aceptable por encima de la temperatura ambiente son: Convección natural (20 a 40 °C), convección forzada (10 a 15 °C) y enfriamiento liquido (2 a 5 °C).

Para la aplicación de la tecnología termoeléctrica cada fabricante especifica las curvas de rendimiento y varios valores límite. Se presentó un método para calcular las características físicas de un módulo termoeléctrico [Godfrey, 1996].

El desarrollo que ha pasado y la importancia de los elementos termoeléctricos en el desarrollo tecnológico e industrial. En el tiempo con un punto de vista científico. Su funcionamiento ha requerido la mejora de la eficiencia en cada componente termoeléctrico, ha sido con la mejora de los materiales fabricados. Se compara el esquema investigativo elaborado hasta la actualidad, según [Liao, 2018], explica de manera teórica el funcionamiento y destaca la producción de algunos modelos matemáticos, el cual aclara que es un elemento poco explotado por las empresas que fabrican tecnología electrónica debido a la dificultad de obtener un comportamiento estructurado o detallar un patrón de funcionamiento.

El estudio de las aplicaciones se ha enfocado en tecnologías embebidas como lo hizo [Mejía, 2018] aplico al sistema de enfriamiento de la Unidad central de procesamiento (CPU por sus siglas en inglés) de una computadora embebida por medio de una celda peltier, proponiendo el modelo matemático para determinar la temperatura del CPU. El resultado obtenido se compara con trabajos realizados anteriormente, ya que, si es cierto que el sistema peltier demanda más energía eléctrica que una computadora, concluye que puede disminuir hasta 30°C la temperatura del procesador.

La importancia de los modelos matemáticos de las celdas peltier, representado en transferencia de calor, es la base para comprender el funcionamiento del comportamiento del lado frío y el lado caliente. De acuerdo a [Moreno, 2017] presentó un modelo de la dinámica de transferencia de calor en dispositivos termoeléctricos: Se siguió el modelado microscópico a través de paquete de software con análisis de elementos finitos.

El comportamiento de la termoelectricidad da camino para buscar aplicaciones auxiliares en procesos de refrigeración ya existente. En [Sulaiman, 2017] se estudió la integración de la refrigeración termoeléctrica en un sistema de refrigeración en una sala de profesores. El área estudiada se encuentra encapsulada en pared, techo, piso y ventanas de vidrio. El módulo termoeléctrico se colocó en la ventana

de cristal. El prototipo se diseñó utilizando un contenedor como cabina. Con este estudio se analiza el tipo de elemento termoeléctrico y la cantidad de módulos a utilizar. Se refleja el rendimiento del enfriamiento, dando la posibilidad de integrar un elemento termoeléctrico a un sistema de enfriamiento para minimizar el trabajo de compresión de aire acondicionado. Siendo el objetivo principal derivar un modelo matemático que sea capaz de relacionar el uso de elementos termoeléctricos y el trabajo de compresión del aire acondicionado.

Según [Sun, 2017], La importancia que tiene la disipación de calor en el lado caliente de una celda peltier lo ha llevado a investigaciones donde el diseño y desarrollo del sistema esta acoplado a un tubo auxiliar para mejorar la disipación de calor del lado caliente. Se construyó un experimento de cámara climática. La capacidad de enfriamiento, la temperatura del aire de entrada y salida se comparó con la de disipador de calor de aluminio. La capacidad de enfriamiento se mejoró en un 73.54%.

Las aplicaciones de los elementos termoeléctricos pueden estar conectados para generar refrigeración y para generar energía con el diferencial de temperatura [Teffah, 2018] Hace referencia a su trabajo en celdas peltier, que comparo un elemento termoeléctrico y un termo generador. Hace un modelado grafico a diferentes voltajes y esto es utilizado para visualizar, en la celda peltier, el comportamiento y aprovechamiento del calor disipado por el elemento termoeléctrico. En [Wang, 2017] Propuso un modelo matemático para los elementos termoeléctricos de varias etapas y resistencias térmicas de ambos lados, los parámetros de rendimiento dependen del voltaje.

Las celdas peltier tiene como principal aplicación elementos con volumen definido, en [Wilcox, 2018] propone y diseñó a nivel estructural y en forma de transferencia de calor, un dispositivo para almacenamiento y conservación de vacunas sostenibles, que sea amigable con el medio ambiente. El elemento peltier juega un papel importante, ya que se encarga de extraer el calor del interior de la cámara. Dados los resultados y prueba del equipo, se consideró factible la construcción del equipo. Junto con el modelo teórico del mismo, se obtiene resultados factibles para la operación.

Según [Yamanashi, 1996] Analizo las condiciones de diseño optimas del elemento termoeléctrico en un sistema con intercambiadores de calor, con el cual se obtiene el máximo rendimiento bajo un gradiente de temperatura constante y carga de calor constante. Menciona que se ha demostrado que la degradación del intercambiador de calor del lado caliente tiene mayor efecto sobre la degradación del lado frío. Aunque el intercambiador del lado frío afecta el rendimiento del sistema, el lado caliente afecta el rendimiento y al rango de corriente de operación.

Según [Zhao, 2014], El sistema de refrigeración con celdas peltier posee la ventaja de que puede ser alimentado con fuente de corriente continua, tales como fotovoltaicas, células de combustible y fuentes de corriente de vehículos. La principal desventaja del sistema termoeléctrico de enfriamiento es alto costo y la baja eficiencia energética. Esto ha reducido su aplicación en los casos donde el costo y la eficiencia energética son más importantes. También hace relevancia en la parte que el disipador de calor es el lado caliente, la cual es más importante que el disipador del lado frío debido a la densidad de flujo de calor, que es mayor. También reviso el desarrollo del enfriamiento termoeléctrico en la última década, a partir de aspectos en los materiales, modelado y aplicaciones.

En este trabajo se propone la investigación sobre el comportamiento del gradiente de temperatura con un sistema de enfriamiento por celdas peltier en escala de espacios, con el fin de observar el comportamiento de la fibra óptica con base a la temperatura deseada. Esto se hace con el objetivo de trazar una función matemática por ajuste de curva con la finalidad de conocer parámetros ópticos para una aplicación específica. Se analiza, además, el cambio que existe en el gradiente de temperatura con diferentes materiales de aislamiento.

2. Métodos

La investigación tiene como objetivo la caracterización del sistema de refrigeración en un espacio volumétrico, siendo útil para diseños futuros de espacios controlados donde se requiera conocimientos para mayor aprovechamiento del sistema, se genera mayor eficiencia a un sistema donde requiere sea estable para dispositivos opto electrónicos y experimentos físicos.

Seleccionamos el material con baja conductividad térmica, resistente a la deformación, acoplado las partes para formar un espacio volumétrico en forma de cubo; con material tal que se construye dos escenarios: $k_1: 0.5 \frac{Btu \cdot in}{hr \cdot ft^2 \cdot ^\circ F}$ $\frac{Btu \cdot in}{hr \cdot ft^2 \cdot ^\circ F}$ conductividad térmica de lámina de PVC. $k_2: 0.16$ conductividad térmica de espuma de poliuretano.

Con la caracterización que se obtuvo, se analizó las variables que definen el comportamiento en tiempo, corriente, voltaje, dimensión del espacio, potencia, material. En la figura 1 se presenta el arreglo experimental que se utilizó para llevar a cabo la caracterización de los espacios cúbicos. Se utilizó una celda peltier TECH4, un sensor de temperatura TH100PT con una tolerancia de ± 0.3 °C y cuyo intervalo de medición va de -70 a 400 °C. Va conectado a un módulo Max31865 se encarga de realizar la lectura de resistencia del sensor PT100 y convertir esta señal analógica en dato digital para ser interpretado por un microcontrolador.

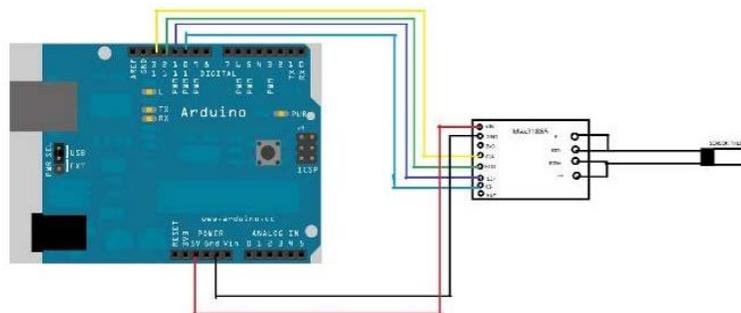


Figura 1 Circuito para la señal del sensor.

3. Resultados

En la figura 2 se muestra la caracterización del comportamiento del sistema de enfriamiento con 44.8 W y la escala cubica realizada con dos materiales térmicos, material de PVC y material poliuretano. El PVC y poliuretano con una conductividad térmica k_2 y k_1 respectivamente. Donde se expresa de 1-13 volts aplicado al sistema de enfriamiento. La disminución de temperatura es considerable según la escala, donde se aprecia que, en los últimos voltajes que se aplica, la disminución de temperatura es poco notable. Tomando la referencia de una temperatura inicial igual para obtener ecuaciones que se asemejen en el comportamiento inicial, se

puede trazar la curva con los datos obtenidos y ajustar un comportamiento que nos ayuda a predecir el comportamiento del sistema, conforme mayor voltaje, mayor descenso de la temperatura.

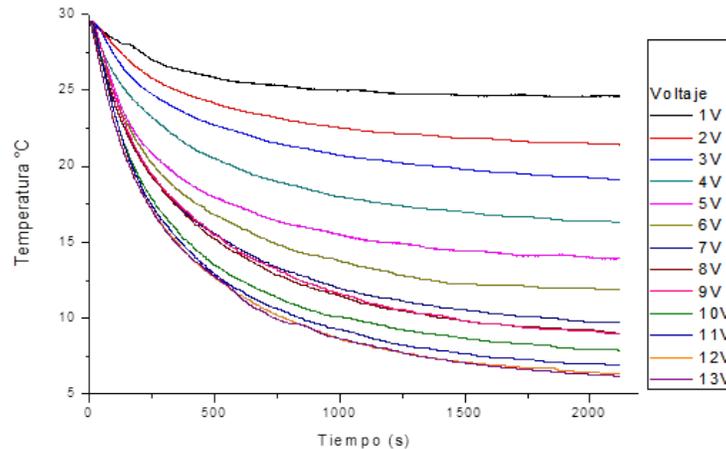


Figura 2 Caracterización espacio 1000 cm^3 con aislante térmico.

Como se muestra en la figura 3, describe el comportamiento con voltaje de 1-13 de manera ascendente del mismo sistema, y sin un material aislante, la escala está realizada con material PVC y conductividad térmica de este material k_1 .

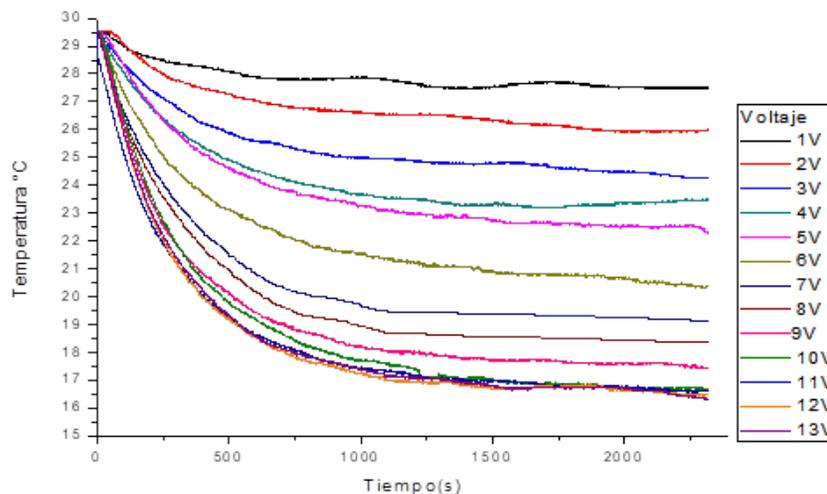


Figura 3 Caracterización espacio 1000 cm^3 sin aislante térmico.

La caracterización de la temperatura con respecto al sistema nos muestra una eficiencia menor en un tiempo similar y con la caracterización del voltaje

correspondiente. En la figura 3, logramos definir los puntos que corresponde a la curva con respecto al voltaje del sistema. Se definió los puntos máximos alcanzables de temperatura y poder tener un margen de funcionamiento para poder aplicar un sistema eficiente y estable.

En la figura 4 se muestra la curva que se traza con los datos que obtenemos de la figura 1, donde se toman las temperaturas mínimas con el voltaje que es correspondiente y se puede trazar un punto donde el sistema pasa a ser poco eficiente. El comportamiento del ajuste de curva está definido por la ecuación 1 donde podemos apreciar los puntos de la temperatura ambiente y la temperatura mínima de este sistema para un espacio definido. Donde la temperatura T está en grados centígrados, la tensión v está en voltios aplicado al sistema y y_0 es la temperatura mínima a la que se aproxima la función decreciente.

$$T = A_1 e^{\frac{-v}{\tau}} + y_0 \quad (1)$$

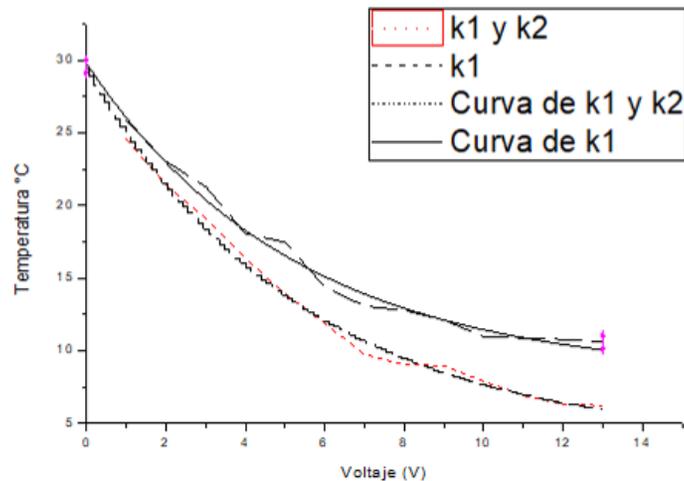


Figura 4 Ajuste de curva para cada material.

En la figura 4 podemos localizar la caracterización y comportamiento del mismo sistema, pero con un aislante menor. Esto hace que el comportamiento de la temperatura refleje la poca eficiencia del sistema, generando una función con un comportamiento como lo describe la ecuación 2, donde se aprecia una respectiva variación en cuanto a la función que describe el sistema en diferente escenario.

$$T = 25.79966e^{\frac{-v}{5.36006}} + 3.67052 \quad (2)$$

Por ajuste de curva se obtiene la función mostrada en ecuación 3. La ecuación 2 es para un volumen con dos tipos de material y la ecuación 3 para un solo tipo de materiales.

$$T = 21.52209e^{\frac{-v}{5.23315}} + 8.25657 \quad (3)$$

4. Discusión y Conclusiones

A partir de los resultados de la caracterización a la temperatura con respecto a un sistema de enfriamiento en espacios definidos volumétricamente, podemos apreciar los datos obtenidos del material, al cual se construyó el volumen, incide en la temperatura que se desea, generando mayor o menor eficiencia al enfriamiento alcanzado. Esto se logró obteniendo una comparación del mismo sistema en diferentes escenarios, donde se modificó las propiedades térmicas del espacio a controlar la temperatura, el comportamiento según la ecuación es el mismo, las temperaturas deseadas cambian y esto hace que la eficiencia del sistema sea predominante con base al material y la temperatura exterior. Los datos experimentales que se usaron para poder obtener cada función del sistema y poder evaluar las condiciones necesarias para obtener temperatura deseada en cada volumen. Así podemos definir que no para todos los casos, se puede obtener una temperatura deseada, con el mismo sistema de enfriamiento, Esto depende de la conductividad térmica del material con el que se construye el espacio cubico, el volumen determina la temperatura mínima a alcanzar, a menor volumen, mayor enfriamiento, potencia de enfriamiento que está determinado por la cantidad de corriente eléctrica que se suministra al sistema y temperatura externa que se encuentre el laboratorio o lugar donde se haga el experimento, a menor temperatura, mayor enfriamiento se obtendrá, Para cada sistema se define una ecuación que ayuda a predecir la temperatura mínima que puede llegar a obtenerse según se requiera. Con estas ecuaciones que se obtienen se puede obtener temperaturas más bajas al modificar las variables que representan a los materiales del sistema o el área donde se trabaja. Se puede concluir que, si se desean temperaturas bajas, dependerá de la temperatura externa donde se instale el sistema, el material térmico con el cual se trabaja el espacio cubico, la intensidad

de corriente eléctrica, el volumen a enfriar y las condiciones de temperatura donde se realiza el experimento.

5. Bibliografía y Referencias

- [1] Alaoui, C. (2011). Peltier thermoelectric modules modeling and evaluation. *International Journal of Engineering (IJE)*, 5(1), 114. pg.121(pdf) 114(revista)
- [2] Faudoa, I., Gonzalez, R., Sifuentes, E., Díaz, J., Gandara, A., Garcia, D., ... & Cota, J. (2018). Cámara climática portable para el transporte de órganos humanos y animales. *CULCyT*, (63).
- [3] Fernandez, S., Murk, A., & Kämpfer, N. (2015). Design and characterization of a Peltier-cold calibration target for a 110-GHz radiometer. *IEEE transactions on geoscience and remote sensing*, 53(1),
- [4] Liao, M., He, Z., Jiang, C., Fan, X. A., Li, Y., & Qi, F. (2018). A three-dimensional model for thermoelectric generator and the influence of Peltier effect on the performance and heat transfer. *Applied Thermal Engineering*, 133, 493-500.
- [5] Field, R. L., & Blum, H. A. (1979). Fast transient behavior of thermoelectric coolers with high current pulse and finite cold junction. *Energy conversion*, 19(3), 159-165.
- [6] Godfrey, S. (1996). An introduction to thermoelectric coolers. *Electronics cooling*, 2, 30-34.
- [7] Mejía, V. D. T., Robles, M. Á. O., & López, P. G. (2018). Análisis De Un Sistema De Enfriamiento Del CPU De Una Computadora Embebida Por Medio De Una Celda Peltier. *Pistas Educativas*, 39(128).
- [8] Moreno-Navarro, P., Pérez-Aparicio, J. L., & Gómez-Hernández, J. J. (2017). Optimization of pulsed thermoelectric materials using simulated annealing and non-linear finite elements. *Applied Thermal Engineering*, 120, 603-613.
- [9] Sulaiman, A. C., Amin, N. A. M., Saidon, M. S., Majid, M. S. A., Rahman, M. T. A., & Kazim, M. N. F. M. (2017, October). Preliminary study of TEC application in cooling system. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 908, No. 1, p. 012080). IOP Publishing.

- [10] Sun, X., Yang, Y., Zhang, H., Si, H., Huang, L., Liao, S., & Gu, X. (2017). Experimental research of a thermoelectric cooling system integrated with gravity assistant heat pipe for cooling electronic devices. *Energy Procedia*, 105, 4909-4914.
- [11] Teffah, K., Zhang, Y., & Mou, X. L. (2018). Modeling and Experimentation of New Thermoelectric Cooler–Thermoelectric Generator Module. *Energies*, 11(3), 576.
- [12] Wang, N., Chen, M. M., Jia, H. Z., Jin, T., & Xie, J. L. (2017). Study of Voltage-Controlled Characteristics for Thermoelectric Coolers. *Journal of Electronic Materials*, 46(5), 3097-3102.
- [13] Wilcox, E., Jamal, M., Cedeño, J., & Harris, I. (2018). Refrigeración portátil de vacunas. *Revista de Iniciación Científica*, 4, 77-83.
- [14] Yamanashi, M. (1996). A new approach to optimum design in thermoelectric cooling systems. *Journal of applied physics*, 80(9), 5494-5502.
- [15] Zhao, D., & Tan, G. (2014). A review of thermoelectric cooling: materials, modeling and applications. *Applied Thermal Engineering*, 66(1-2), 15-24.