

# Introducción al análisis comparativo de tecnologías emergentes para la refrigeración portátil de vacunas

## Introduction to comparative analysis of emerging technologies for portable vaccine refrigeration

Harold Frankowski<sup>1</sup>, Jair Meneses<sup>1</sup>, Jorge Menchaca<sup>1</sup>, Itamar Harris<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Licenciatura en Ingeniería Electromecánica, Centro Regional de Panamá Oeste, Universidad Tecnológica de Panamá,

<sup>2</sup>Facultad de Ingeniería Mecánica, Centro Regional de Panamá Oeste, Universidad Tecnológica de Panamá

**Resumen** La refrigeración portátil de vacunas ha sido foco de estudio y desarrollo tecnológico debido a los requerimientos de la cadena de frío de las vacunas desde su almacenamiento hasta el momento de su aplicación. Llevar a cabo este proceso con bajo consumo energético y de manera sostenible, ha propiciado el estudio y desarrollo de diversas tecnologías innovadoras, basadas en técnicas de refrigeración tanto activas, como pasivas. En este estudio se presenta el estado del arte de las principales técnicas de enfriamiento consideradas en el desarrollo de los más recientes sistemas de refrigeradores portátiles para vacunas; siendo estas el uso de celdas Peltier como técnica activa y la aplicación de materiales de cambio de fase a lo interno del sistema, como técnica pasiva de enfriamiento. Finalmente, se presenta la simulación de un refrigerador portátil basado en el uso de materiales de cambio de fase (tetradecanol y dodecanol con grafito expandido), a manera de estudio preliminar comparativo de la factibilidad de ambas técnicas, bajo mismas condiciones operativas y medioambientales. Bajo condiciones climáticas de Panamá, se obtuvo de manera que el sistema simulado era capaz de mantener una temperatura entre 2°C y 8°C, durante aproximadamente 18 horas.

**Palabras clave** Celda Peltier, material de cambio de fase, refrigeración portátil, vacunas.

**Abstract** The portable refrigeration of vaccines has been a focus of study and technological development due to the cold chain requirements of vaccines from storage to application. Carrying out this process with low energy consumption and in a sustainable way, has led to the study and development of various innovative technologies, based on both active and passive cooling techniques. This study presents the art state of cooling techniques considered in the development of the latest portable vaccine refrigerator systems; these are the use of Peltier cells as an active technique and the application of phase change materials internally to the system, as a passive cooling technique. Finally, the simulation of a portable refrigerator based on the use of phase change material (tetradecanol and dodecanol with expanded graphite) is presented, as a preliminary comparative study of the feasibility of both techniques, under the same operational and environmental conditions. Under Panama's weather conditions, it was obtained in such a way that the simulated system was able to maintain a temperature between 2°C and 8°C, for approximately 18 hours.

**Keywords** Peltier module, phase change material, portable refrigeration, vaccines.

\* Corresponding author: itamar,harris@utp.ac.pa

### 1. Introducción

Una de las principales problemáticas experimentadas en el mundo moderno es la conservación de las vacunas en lugares remotos, de difícil acceso. Desarrollar mecanismos para suministro de vacunas en dichos sitios es una problemática para atender por las entidades gubernamentales y la comunidad científica [1].

La cadena de frío que requieren las vacunas, en su almacenamiento, transporte y distribución, es un proceso que consiste en asegurar que las vacunas sean conservadas constantemente a las temperaturas correctas para que estas no pierdan su efectividad [2].

Por otro lado, lugares lejanos que no cuentan con la tecnología requerida para mantener refrigeradores para

vacunas convencionales, se benefician del desarrollo de refrigeradores sostenibles energéticamente, ya sea mediante el uso de energía solar mediante paneles fotovoltaicos u otras técnicas [3].

Múltiples investigaciones aseguran que la construcción de un sistema de enfriamiento de vacunas empleando una celda termoeléctrica basada en el efecto Peltier (TEC) es factible [3], [4]. Para alimentación de esta celda, muchos autores coinciden que el hecho de que los sitios con alta radiación solar es una alternativa para alimentación de la celda, mediante el uso de paneles fotovoltaicos y baterías para el almacenamiento de la energía en los refrigeradores portátiles [3], [6]–[8].

Otra alternativa recientemente considerada es el uso de materiales de cambio de fase puesto que se ha demostrado que

cuentan con características propicias para la aplicación en cuestión [5].

Adicionalmente, es preciso realizar una adecuada selección de los materiales de aislamiento. Los más utilizados en los sistemas de enfriamiento para vacunas son los bloques de aluminio, y P3ductal [3], [6], [7].

En múltiples trabajos realizados, utilizando las técnicas mencionadas anteriormente, fue posible mantener las vacunas a una temperatura de 2° - 8° C en un rango de tiempo de 10 – 22 horas [3]- [5], [9].

Este documento pretende evaluar las diversas técnicas en la refrigeración portátil de vacunas, a fin de contemplar las posibles ventajas y desventajas de cada una de ellas. Desde este marco de comparación, se pretende que este estudio sirva de respaldo a la labor de incrementar la accesibilidad a vacunas en todas las partes del mundo, especialmente en las áreas rurales que cuenta con recursos escasos en temas medicinales.

## 1.1 Marco teórico

### 1.1.1 Requerimientos para la cadena de frío de vacunas

La cadena de frío es un proceso organizado de distribución, transporte, manipulación, conservación y almacenamiento en condiciones óptimas de luz y temperatura, garantizando en todo momento la inmunogenicidad y la eficacia protectora de las vacunas, desde que se produce la salida del laboratorio fabricante hasta el momento de la administración de la vacuna a los pacientes [2].

La administración de vacunas puede ser de dos maneras: cadena móvil, la cual se basa en el uso de vehículos frigoríficos, cajas isotérmicas, neveras portátiles, porta vacunas, acumuladores de frío (ice-packs) y controladores de temperatura. La otra manera de administración de vacunas es la cadena fija, en la cual se utilizan cámaras frigoríficas, congeladores y frigoríficos [10].

En el tema de transporte de vacunas se debe garantizar un control adecuado de la continuidad de la cadena de frío, dado que el caso contrario reduce la efectividad de la vacunación. En este marco es preciso el cumplimiento de las normas recomendadas por el laboratorio fabricante, mediante el uso de contenedores especiales que garanticen la temperatura estable de conservación durante todo el trayecto [10].

Los refrigeradores portátiles, utilizados para el transporte de unidades de vacunación y trayectos por recorrer, desde el punto de vacunación hasta otros lugares periféricos como consultorios locales, colegios o domicilios. Estas son utilizadas como material de almacenaje de vacunas cuando se produce un corte aislado del suministro eléctrico o una limpieza del frigorífico. Para lograr un buen funcionamiento es recomendable que se abra lo menos posible [11].

Existe una gran variedad de productos farmacéuticos como son vacunas e inmunoglobulinas las cuales deben ser almacenadas a temperaturas entre 2°C y 8°C sin interrupción hasta el momento de su uso, ya que de ser interrumpida la cadena de frío las mismas pueden perder su efectividad e incluso promover la enfermedad a la cual iban a combatir, por

otra parte también se debe evitar la congelación de las mismas ya que la misma puede ocasionar el mismo efecto de desnaturalización del producto, sabiendo así que la identificación del margen de la vacuna es muy necesaria. Entre algunas podemos mencionar: Vacuna Hepatitis A y B, Vacunas Tuberculina, Glucagón, BCG, V. Triple (Tos ferina, tétano y difteria), V. Doble (tétano y difteria), V. Sarampión, V. Varicela, V. Rubéola, V. Paperas, V. Neumocócica, V. Influenza [12].

### 1.1.2 Técnicas sostenibles de enfriamiento de vacunas

Tomando en cuenta los requerimientos de la cadena de frío para vacunas, y con la visión de poder administrar vacunas en todas las partes del mundo se buscan técnicas eficientes para mantener las vacunas en un rango óptimo de temperatura y tiempo, además siendo amigables con el medio ambiente.

#### 1.1.2.1 Técnicas activas

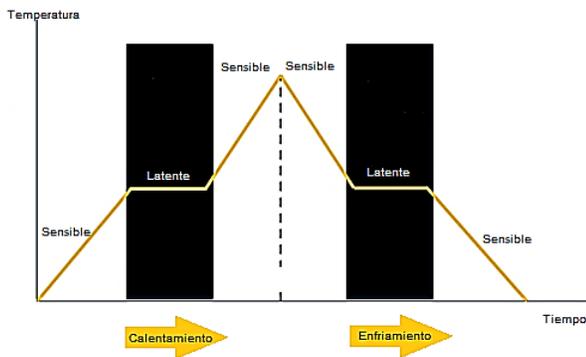
La refrigeración solar es la técnica activa más sustentable en la actualidad. La misma basa su funcionamiento en el uso de paneles fotovoltaicos o colectores solares térmicos. Para la implantación correcta de esta técnica es importante tener en cuenta datos tales como: nivel de irradiación solar diaria, condiciones climáticas, requerimientos de acondicionamiento, dimensiones del espacio a acondicionar, entre otras [13].

En el área de estudio de refrigeración portátil para vacunas, muchos autores coinciden en que el uso de celdas Peltier es una de las técnicas activas más prometedoras en la actualidad. Esta técnica requiere del uso de paneles solares fotovoltaicos y una batería para el almacenamiento de energía [3], [4], [6].

#### 1.1.2.2 Técnicas pasivas

Las técnicas de enfriamiento pasivo consisten en el acondicionamiento de espacios sin el uso de dispositivos con consumo energético. A fin de aumentar la eficiencia de la refrigeración pasiva, es posible utilizar técnicas de transmisión de calor mecánica, que mejoran los procesos de enfriamiento naturales. Al aplicar estas técnicas de mejora, el consumo de energía se mantiene a bajos niveles, a la vez que la eficiencia y aplicabilidad aumentan [14].

En las técnicas pasivas para refrigeradores portátiles para vacunas, se suelen utilizar materiales de cambio de fase (PCM), este tipo materiales basan su funcionamiento en el proceso de cambio de fase pues poseen la característica de almacenar una elevada cantidad de energía cuando el material pasa de un estado sólido a líquido o viceversa, cómo se muestra en la figura 1. Una de las características más importantes de los materiales de cambio de fase es que este proceso ocurre mientras que la temperatura de cambio de fase se mantiene constante en este proceso [15].



**Figura 1.** Esquema representativo de un proceso de cambio de fase en un PCM [16].

En términos generales, el rango de fluctuación de las propiedades térmicas y físicas de los materiales de cambio de fase, antes y después de un ciclo, es pequeño, lo que sugiere su estabilidad en su funcionamiento durante varios ciclos de operación. Cabe destacar que, en el estudio realizado por Zhao et al [5], el material de cambio de fase fue sometido a 400 ciclos de experimentación utilizando una cámara de prueba alterna de baja y alta temperatura para medir sus propiedades [5].

### 1.1.3 Comparación de las diversas técnicas utilizadas en el enfriamiento de vacunas

En la actualidad se han realizado múltiples trabajos relacionados con la refrigeración portátil de vacunas con técnicas pasivas y activas. A continuación, se muestra una comparativa de tres modelos de refrigeración portátil para vacunas en la tabla 1.

En los primeros dos modelos se presenta un sistema de refrigeración portátil, haciendo uso de una celda Peltier. Esta técnica requiere del uso de paneles solares fotovoltaicos para el correcto funcionamiento de la celda Peltier. Los paneles solares son utilizados para captar la luz solar y transformarla en energía eléctrica, la cual se dirige a un regulador de carga que alimenta el sistema y almacena parte de la energía en baterías. La energía eléctrica que se dirige al sistema pasa a un circuito eléctrico el cual consta de dos resistencias que protegen la celda Peltier, esta absorberá el calor que se encuentra dentro de la cámara, dejando así el frío dentro de la

misma y expulsando el calor fuera del sistema por medio de un disipador de calor [6]. El sistema descrito anteriormente se instala dentro de una caja la cual sus paredes están hechas de aislantes térmicos. En el primer modelo se utilizó Poliuretano con láminas de aluminio [6], y en el segundo se utilizó Foam [3].

El último modelo basa su funcionamiento en el uso de materiales de cambio de fase. En este estudio se seleccionó como material de baja temperatura el uso de una solución mixta de tetradecanol y dodecanol como líquido base. Debido a que estos materiales son conocidos por tener una baja conductividad, se le agrega un tercer material, el cual es grafito expandido, con la intención de mejorar la conductividad. En este modelo se realizaron las pruebas en una cámara de alta y baja temperatura. Sin embargo, a la hora de utilizar este modelo para el transporte de vacunas, se utiliza una caja de almacenamiento, la cual posee aislante térmico, en este sistema se optó por el uso de poliuretano. Este sistema promete ser revolucionario ya que permite monitorear la temperatura del refrigerador con uso de un teléfono móvil [5].

Luego de hacer una comparativa entre las técnicas activas y pasivas, se pudo observar que ambas cumplen la condición de mantener las vacunas en un rango de temperatura óptimo por un periodo de tiempo considerable. Consideraciones técnicas sobre el lugar de uso de equipo podría representar beneficios o dificultades en la operación del sistema, ya sea debido a los niveles de radiación o requerimientos asociados al tiempo de transporte de las vacunas.

A continuación, se analiza un sistema de refrigeración portátil de vacunas con PCM, basado en los sistemas propuestos por Wilcox et al. [6] y Zhao et al. [5] a manera de estudio preliminar comparativo de la factibilidad de ambas técnicas, bajo las mismas condiciones operativas y medioambientales.

## 2 Materiales y métodos

### 2.1 Características del sistema y suposiciones

El sistema en estudio consiste en un refrigerador portátil, con dimensiones similares al considerado por Wilcox et al [6], cuyas dimensiones principales se muestran, a continuación, en la figura 2.

**Tabla 1:** Comparativa de Técnicas de enfriamiento [3],[6],[5]

Referencia	Técnica	Sistema de enfriamiento interno.	Aislante	Temperatura
Wilcox, 2018	Activa	Celda Peltier	Poliuretano con láminas de aluminio	-8°C a -10°C
Reid, 2018	Activa	Celda Peltier	Foam	4°C - 8°C
Zhao, 2020	Pasiva	Solución mixta de tetradecano, dodecanol y grafito expandido	Poliuretano	2°C - 8°C

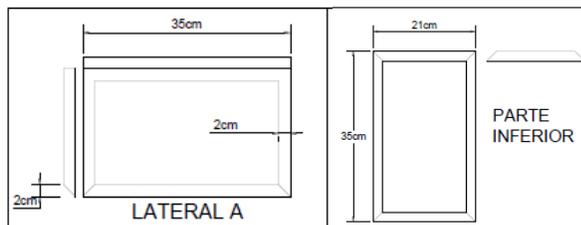


Figura 2. Dimensiones de refrigerador portátil. Basado en Wilcox et al. [6].

Al momento de realizar el estudio de transferencia de calor, se realizaron las siguientes suposiciones:

- Transferencia de calor unidimensional a través de las paredes del refrigerador, en régimen transitorio.
- Se considera despreciable la resistencia térmica por el contacto entre las diversas capas de material contemplado.
- Materiales homogéneos e isotrópicos.
- No existe generación de calor en las paredes.
- Transferencia de calor despreciable en la tapa del refrigerador portátil.

Finalmente, se considera convección natural en la frontera exterior de la pared y convección natural en la frontera interior como condiciones de frontera de nuestro modelo. Se busca evaluar la posibilidad de mantener una temperatura interna entre 2°C y 8°C y cantidad de horas que el sistema puede mantenerlas para un área de ubicación de las vacunas, central y de aproximadamente 10000 mm<sup>2</sup>.

En cuanto a las condiciones medioambientales, se consideran las correspondientes a las de Panamá, específicamente, las de la estación meteorológica 787955 de la American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) ubicada en Panamá Pacífico Intl, del día 21 de marzo del 2017 [17].

## 2.2 Modelo matemático

Luego de plantear las características y suposiciones del sistema, es preciso establecer el modelo de transferencia de calor adecuado para el estudio del sistema. Primeramente, definimos el balance de energía en las estructuras sólidas del refrigerador:

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} + \nabla \cdot \mathbf{q} = 0 \quad (1)$$

Donde  $\mathbf{q}$  corresponde al calor transferido por conducción.

$$\mathbf{q} = -k \nabla T \quad (2)$$

De igual manera, se modela el comportamiento del material de cambio de fase durante su operación. El calor específico del PCM está dado por:

$$C_p = \theta_1 C_{p,1} + \theta_2 C_{p,2} + L_{1 \rightarrow 2} \frac{\partial \alpha_m}{\partial T} \quad (3)$$

$$\alpha_m = \frac{1}{2} \frac{\theta_2 - \theta_1}{\theta_1 + \theta_2} \quad (4)$$

$$k = \theta_1 k_1 + \theta_2 k_2 \quad (5)$$

$$\theta_1 + \theta_2 = 1 \quad (6)$$

Donde  $\theta$  representa la fracción sólida del PCM,  $L$  representa el calor latente del material de cambio de fase, la fase 1 y fase 2 representa las fases sólidas y líquidas, respectivamente y  $k$  es la conductividad. Donde  $\theta$  representa la fracción sólida del PCM,  $L$  representa el calor latente del material de cambio de fase, la fase 1 y fase 2 representa las fases sólidas y líquidas, respectivamente y  $k$  es la conductividad.

Para modelar la transferencia de calor en el aire dentro del refrigerador es posible aplicar la ecuación (1) considerando que la densidad del aire estaría dada por,

$$\rho = \frac{P_A}{R_s T} \quad (7)$$

Por otra parte, en las fronteras internas del refrigerador,

$$-\mathbf{n} \cdot \mathbf{q} = q_0 \quad (8)$$

Donde,

$$q_0 = h(T_{ext} - T) \quad (9)$$

Se consideró transferencia de calor despreciable en la tapa del refrigerador portátil por lo que, en dicha sección,

$$-\mathbf{n} \cdot \mathbf{q} = 0 \quad (10)$$

## 2.3 Materiales seleccionados y sus propiedades

El material de cambio de fase utilizado es una solución mixta de tetradecano, dodecanol y grafito expandido (TD/LA/EG), basado en la selección de material realizado por Zhao et al 2020 [5], en bloques internos laterales de 100 mm x 100 mm x 30 mm. Las propiedades consideradas para este material se muestran a continuación en la tabla 2.

Tabla 2. Propiedades del material de cambio de fase considerado TD/LA/EG

Parámetro	Valor
Conductividad térmica	0.2737 W/(m·K)
Calor específico	2.22 J/(kg·K)
Densidad	0.824 kg/m <sup>3</sup>
Calor latente de fusión	2.471E5 J/kg
Temperatura de fusión	277.45 K

En cuanto al material considerado en las paredes del refrigerador portátil, se asumió poliuretano, dadas sus características aislantes y la frecuencia de utilización de este con respecto a la aplicación en estudio con base en la literatura (ver tabla I).

## 3. Resultados y discusión

Con base en las dimensiones del sistema mostrado en la figura 2, el refrigerador portátil de vacunas fue dibujado tridimensionalmente, en el entorno de simulación, COMSOL Multiphysics 5.5 para su estudio y análisis de respuesta con base en la técnica pasiva de enfriamiento de vacunas con el uso de materiales de cambio de fase, cómo se muestra en la figura 3.

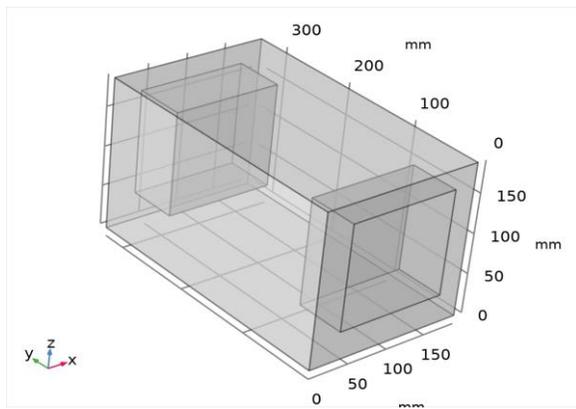


Figura 3. Modelo 3D de refrigerador portátil con material de cambio de fase.

En la figura 4 se puede observar en el plano x, y, z, las diferentes regiones que mantienen la temperatura según su color, y en un lapso de 9 horas prevalece una temperatura ideal entre 2°C y 8°C en casi todo el refrigerador, lo que demuestra el área inicial para colocar las vacunas.

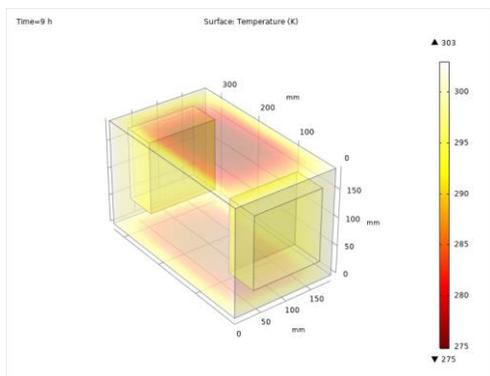


Figura 4. Modelo 3D de la simulación.

En las figuras 5, 6 y 7 se muestra en el plano xy, la región del refrigerador que mantiene una temperatura entre 2°C y 8°C (275K-283K), para 9h, 15h y 18h. Se asume que el sistema inicia su operación a las 0 h.

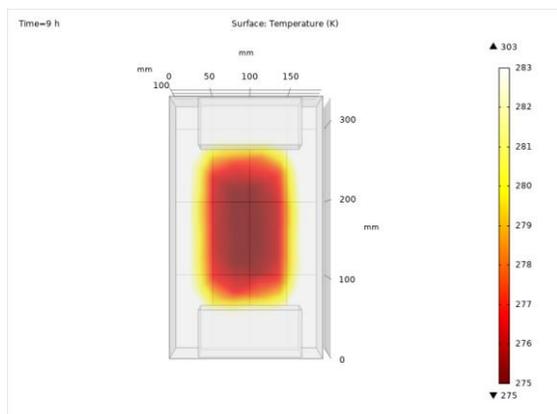


Figura 5. Región con temperaturas entre 275K-283K a las 9 h.

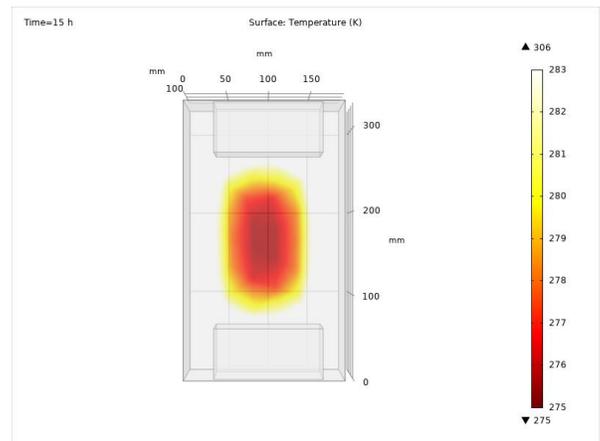


Figura 6. Región con temperaturas entre 275K-283K a las 15 h.

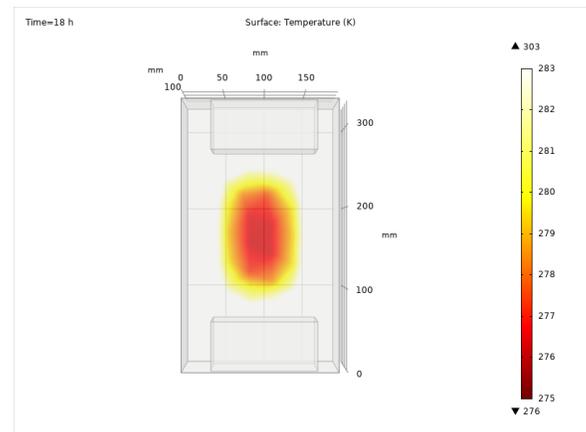


Figura 7. Región con temperaturas entre 275K-283K a las 18 h.

Es posible observar que el refrigerador modelado y simulado logró mantener una temperatura estable ideal entre 2°C y 8°C para las vacunas durante 18 horas.

Con base en los resultados obtenidos, es posible observar que las vacunas deben ser colocadas en el área central del refrigerador ya que en de área es donde se concentra una temperatura más baja.

## 4. Conclusiones

En este documento se han expuesto las características fundamentales de las principales tecnologías emergentes para la refrigeración portátil de vacunas y se realizó una comparación cualitativa de las mismas, con base en el estado del arte. Se pudo constatar que teóricamente las técnicas con celdas Peltier y con materiales de cambio presentan similares características de operación en términos de los niveles de temperatura requeridos. Un estudio comparativo cuantitativo debe ser realizado mediante el diseño de dos sistemas sometidos a los mismos requerimientos de operación. A manera de estudio preliminar se simuló la operación de un refrigerador portátil de vacunas con PCM. Dicho estudio

respalda su capacidad para mantener una temperatura dentro del rango de 2°C y 8°C durante un periodo aproximado de 18 horas. En la posterior continuación de este estudio se pretende realizar la simulación de un refrigerador con el uso de celdas Peltier, para así ampliar el alcance de estos resultados.

## AGRADECIMIENTOS

La adquisición del software COMSOL Multiphysics 5.5 se realizó mediante el financiamiento recibido de parte de la Secretaria Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT) en el marco del proyecto APY-NI-2019A-21.

## REFERENCIAS

- [1] F. Olayinka, "Opinión | África ante el encarecimiento de las vacunas." *El País*, Madrid, may. 23, 2016.
- [2] O. G. Reyes y C. R. Perales, "Conservación de las vacunas." *Medimay*, vol. 15, n.º 3, Art. n.º 3, dic. 2009.
- [3] E. Reid *et al.*, "Design and Testing of a Thermoelectrically-Cooled Portable Vaccine Cooler." *Journal of Young Investigators*, ago. 2018. doi: 10.22186/jyi.35.2.50-55.
- [4] P. Novisoff, R. Sitar, A. N. Perez, H. Lee, B. Ohara, y J. Soares, "Mobile thermoelectric vaccine cooler with a planar heat pipe." US9791184B2, oct. 17, 2017.
- [5] Y. Zhao, X. Zhang, X. Xu, y S. Zhang, "Development of composite phase change cold storage material and its application in vaccine cold storage equipment." *J. Energy Storage*, vol. 30, p. 101455, ago. 2020, doi: 10.1016/j.est.2020.101455.
- [6] E. Wilcox, M. Jamal, J. Cedeño, y I. Harris, "Refrigeración portátil de vacunas." *Rev. Iniciación Científica*, vol. 4, pp. 77-83, jun. 2018, doi: 10.33412/rev-ric.v4.0.1825.
- [7] H. Ozcan y U. D. Akyavuz, "Analysis of a solar-based portable refrigeration system for conservation of pharmaceutical and first-aid supplies at off-grid regions." p. 7, 2016.
- [8] H. Buitendach, I. N. Jiya, y R. Gouws, "Solar powered peltier cooling storage for vaccines in rural areas." *Indones. J. Electr. Eng. Comput. Sci.*, vol. 17, n.º 1, p. 36, ene. 2020, doi: 10.11591/ijeecs.v17.i1.pp36-46.
- [9] C. Thelin y L. Wright, "A heat transfer analysis of a portable vaccine cooler product using integral transforms." p. 4, 2018.
- [10] Comité Asesor de Vacunas de la Asociación Española de Pediatría, "Transporte y conservación de las vacunas." 2020. [En línea]. Disponible: <https://vacunasaep.org/documentos/manual/cap-6> [Accedido 16-oct-2020].
- [11] MPcontrol-Cámaras Climáticas, "Vacunas: la importancia de conservar la cadena de frío." MPcontrol, dic. 29, 2016 [en línea]. Disponible: <http://www.mpcontrol.es/index.php/2016/12/29/vacunas-la-importancia-de-conservar-la-cadena-de-frio/> [Accedido: 16-mar.-2020].
- [12] M. Domínguez, C. García, y J. M. Arias, "La Cadena del Frío de Productos Farmacéuticos." p. 12, 2009.
- [13] Y. Diaz Torres y M. Alvares-Guerra Plasencia, "Estado del arte de técnicas activas y pasivas de la climatización sustentable para edificaciones." 2016, doi: 10.13140/RG.2.1.5080.2327
- [14] W. I. W. M. Nazi, Y. Wang, H. Chen, X. Zhang, y A. Paul Roskilly, "Passive Cooling Using Phase Change Material and Insulation for High-rise Office Building in Tropical Climate." *Energy Procedia*, vol. 142, pp. 2295-2302, dic. 2017, doi: 10.1016/j.egypro.2017.12.632.
- [15] I. Harris, M. D. L. Á. Ortega Del Rosario, A. James, y D. Bruneau, "Introduction to the Application of Phase Change Materials under Tropical Climate of Panama." en 2019 7th International Engineering, Sciences and Technology Conference (IESTEC), oct. 2019, pp. 177-182, doi: 10.1109/IESTEC46403.2019.00-80.
- [16] K. Du, J. Calautit, Z. Wang, Y. Wu, y H. Liu, "A review of the applications of phase change materials in cooling, heating and power generation in different temperature ranges." *Applied Energy*, vol. 220, pp. 242-273, jun. 2018, doi: 10.1016/j.apenergy.2018.03.005.
- [17] ASHRAE, "ASHRAE climatic design conditions." 2017 [en línea]. Disponible: [http://ashrae-meteo.info/v2.0/index.php?lat=8.917&lng=-79.600&place=%27%27&wmo=787955&ashrae\\_version=2017%20\(Accedido%20nov.%2012,%202020\)](http://ashrae-meteo.info/v2.0/index.php?lat=8.917&lng=-79.600&place=%27%27&wmo=787955&ashrae_version=2017%20(Accedido%20nov.%2012,%202020)). [Accedido: 16-oct-2020].