



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

ÁREA TÉCNICA

TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

Harvesting de energía de gradiente térmico a través del efecto Peltier en condiciones extremas.

TRABAJO DE TITULACIÓN

AUTORAS: Ordóñez Bustamante, María José

Pineda Quirola, Stefany Nathaly

DIRECTOR: Jaramillo Pacheco, Jorge Luis, MsC.

LOJA – ECUADOR

2018



Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

2018

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

MsC.

Jorge Luis Jaramillo Pacheco.

DOCENTE DE LA TITULACIÓN

De mi consideración:

El presente trabajo de titulación: **“Harvesting de energía de gradiente térmico a través del efecto Peltier en condiciones extremas.”**, realizado por **Ordóñez Bustamante María José y Pineda Quirola Stefany Nathaly**, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, octubre de 2018

f)

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Nosotros, **Ordóñez Bustamante María José** y **Pineda Quirola Stefany Nathaly**, declaramos ser Autoras del presente trabajo de titulación: “Harvesting de energía de gradiente térmico a través del efecto Peltier en condiciones extremas”, de la Titulación de Electrónica y Telecomunicaciones, siendo **Jorge Luis Jaramillo Pacheco** director del presente trabajo; y eximimos expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente, declaramos conocer y aceptar la disposición del Art. 88 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado o trabajos de titulación que se realicen con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”

f.

Autor: Ordóñez Bustamante María José

Cédula: 1104592637

f.

Autor: Pineda Quirola Stefany Nathaly

Cédula: 1104959372

DEDICATORIA

A Dios y a Diego Patricio;

Me enseñaron que no se necesita una presencia física para amar y con su luz han guiado mi camino desde el inicio. Gracias por la paz y la fuerza que le han dado a mi corazón.

A la luz de mi vida, mis abuelitos;

Josefa y Marco Antonio, por enseñarme el amor y la constancia, por creer en mí y mostrarme que no tengo imposible; cada mirada y abrazo suyo me llevaron a querer superarme para verlos una vez más orgullosos de mí.

A Serafín, por dejar una huella impregnada en mi vida. Desde el cielo siempre me alcanza todo tu amor.

A mis padres;

Wilson y Silvana, que han dado todo por mí desde el día que empecé a vivir; por ayudarme a romper cada barrera que se ha presentado en mi vida. Gracias a su ejemplo de amor y perseverancia me he forjado como ahora soy.

A mis pequeños amores;

María Emilia y Mariángel, que desde el día que llegaron me enseñaron a vivir diferente; su amor y el querer ser un buen ejemplo para ustedes siempre será el motor de mis actos.

A mi familia y amigos;

Por ser, por estar; porque en su cariño encuentro la fuerza para no desmayar.

María José Ordóñez Bustamante

DEDICATORIA

A Dios.

Por haberme permitido llegar a la meta final de mi carrera para empezar mi camino por un nuevo objetivo, por haberme dado la fuerza y paciencia necesaria para no desistir con mis objetivos y haber abierto nuevas oportunidades para mi superación profesional y personal.

A mis abuelitos.

Por haberme inculcado la educación como herencia, por cada sonrisa y mirada de orgullo, las cuales son y serán, el mejor apoyo y motivación para seguir adelante, por cada palabra de aliento para desempeñarme honesta y responsablemente y todos los valores morales que hicieron parte de mi diario vivir; esta tesis va dedicada a ellos.

A mis padres y tíos.

Por haberme permitido realizar mis estudios para desempeñarme laboralmente, por ser ejemplo de perseverancia y constancia, por su motivación para mi preparación profesional continua; a mi papá y mi tío Jorge por haberme enseñado a observar, para tener claridad; todo este trabajo ha sido posible gracias a mi familia.

A mis amigos.

Con quienes siempre existió y existirá apoyo mutuo en nuestro desempeño académico y laboral, porque a lo largo de nuestras experiencias, se convirtieron en hermanos incondicionales, los logros, en experiencias gratas compartidas y los errores en enseñanzas con sabor a libertad.

Stefany Pineda

AGRADECIMIENTO

A nuestro director de Trabajo de Fin de Titulación, Ing. Jorge Luis Jaramillo por permitirnos trabajar con él y brindarnos sus conocimientos en cada parte del proyecto.

Al Ing. Tuesman Castillo y al Ing. Raúl Castro por la colaboración prestada en la revisión del proyecto y por compartir sus observaciones para la exitosa culminación del mismo.

A todas las personas que confiaron en nosotros, y que de una u otra forma estuvieron dándonos su apoyo durante toda la carrera universitaria.

María José y Stefany

ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	iii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.....	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	viii
INDICE DE FIGURAS.....	x
RESUMEN.....	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN.....	3
CAPÍTULO I.....	5
ESTADO DEL ARTE.....	5
1.1. Planteamiento del problema	6
1.2. Objetivos	6
1.2.1. Objetivo General.....	6
1.2.2. Objetivos Específicos.	6
1.3. Justificación e importancia del proyecto.....	6
1.4. Alcance del proyecto	6
1.5. Marco Teórico.....	6
1.5.1. Sobre los efectos Peltier y Seebeck.	6
1.5.2. Optimización del funcionamiento de una celda Peltier	8
1.5.3. Sobre los sistemas híbridos que capturan energía a partir del gradiente térmico. 9	
1.5.3.1. Selección de un modelo referencial.....	12
CAPITULO II.....	13
DISEÑO BÁSICO	13
2.1. Sobre la arquitectura propuesta.....	14
2.2. Diseño del tubo de Venturi.....	15
2.3. Diseño de la cubierta	16

2.4. Selección de celdas de Peltier	17
2.5. Selección de lentes de Fresnel	18
CAPÍTULO III.....	20
INGENIERÍA DE DETALLE Y EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO	20
3.1. Metodología.....	21
3.1.1. Diseño de la estación de experimentación.....	21
3.1.1. Selección de la instrumentación	23
CAPÍTULO IV	26
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	26
4.1. A manera de introducción	27
4.2. Resultados obtenidos en los experimentos.....	27
4.3. Una aproximación a la energía generada	33
CONCLUSIONES	34
RECOMENDACIONES.....	35
BIBLIOGRAFÍA.....	36
ANEXOS.....	38
ANEXO A.....	39
ANEXO B.....	41

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Corte transversal de una celda de Peltier.....	7
Figura 2. Evolución del rendimiento de conversión de energía térmica en eléctrica, en función del factor de mérito de algunos tipos de materiales	8
Figura 3. Prototipo de sistema termo solar tipo disco-Stirling	10
Figura 4. Vista general de una instalación tipo Light Farm, con uso de lentes esféricas para concentración de radiación solar	11
Figura 5. Arquitectura propuesta para el harvesting de energía ambiental bajo el efecto Peltier, en el presente proyecto	12
Figura 6. Arquitectura propuesta para el prototipo de harvesting de energía ambiental, sobre la base del efecto Peltier.....	15
Figura 7. Relación de las dimensiones para el diseño del tubo Venturi.....	16
Figura 8. Cotas de la vista general del tubo Venturi	16
Figura 9. Vista superior del prototipo base, incluyendo tubo de Venturi, lentes de Fresnel y cubierta.....	17
Figura 10. Vista general de la lente de Fresnel a utilizar durante el desarrollo del prototipo.	18
Figura 11. Vista lateral del prototipo modificado.....	19
Figura 12. Vista general del diseño de la estación de experimentación, en la que se incluye estructura de soporte, lente de Fresnel, celdas de Peltier y tubo de Venturi	22
Figura 13. Vista general de la estación de experimentación montada y en operación.....	22
Figura 14. Diferencia de potencial entre las dos caras de la celda de Peltier en función de la diferencia de temperatura entre las dos caras	24
Figura 15. Resultados obtenidos en pruebas en función del tiempo.....	25
Figura 16. Diferencia de potencial (mV) entre los extremos de la celda de Peltier, en función del gradiente térmico entre las caras de la celda. Experimento del 1 de mayo de 2018.....	28
Figura 17. Diferencia de potencial (mV) entre los extremos de la celda de Peltier, en función de la hora de observación. Experimento del 1 de mayo de 2018.....	29
Figura 18. Diferencia de potencial (mV) entre los extremos de la celda de Peltier, en función del gradiente térmico entre las caras de la celda. Experimento del 23 de junio de 2018.....	30
Figura 19. Diferencia de potencial (mV) entre los extremos de la celda de Peltier, en función de la hora de observación. Experimento del 23 de junio de 2018.	31
Figura 20. Diferencia de potencial (mV) entre los extremos de la celda de Peltier, en función del gradiente térmico entre las caras de la celda. Experimento del 30 de septiembre de 2018.	32

Figura 21. Diferencia de potencial (mV) entre los extremos de la celda de Peltier, en función de la hora de observación. Experimento del 30 de septiembre de 2018. 32

RESUMEN

En este trabajo se explica los efectos Peltier y Seebeck; se analiza algunas aplicaciones de estos efectos en el harvesting de energía ambiental y la generación de energía eléctrica en zonas de clima extremo; y, finalmente, se describe a nivel conceptual, un diseño propio para captura de energía sobre la base de la aplicación del efecto Peltier.

PALABRAS CLAVE: energía, energía ambiental, harvesting de energía ambiental, efecto Peltier, efecto Seebeck.

ABSTRACT

In the current work the Peltier and Seebeck effects are explained; a few applications of these effects are analyzed in the harvesting of environmental energy and in the generation of electric power in areas with extreme weather; finally, is conceptually described a own design that allow the capture of energy based on the application of the Peltier effect.

KEYWORDS: power, energy, environmental energy, harvesting of environmental energy, Peltier effect, Seebeck effect.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento poblacional y el aumento en la demanda per cápita de energía, presionan sobre los ya agotados recursos fósiles para la generación de energía. Esto ha llevado a la búsqueda de nuevas fuentes de energía aprovechables, priorizando las ambientalmente neutras.

Entre las opciones identificadas para la provisión futura y neutra de energía, especial interés merece la generación de electricidad a partir del gradiente térmico.

En este documento, se describe los efectos Peltier y Seebeck que sustentan la generación de electricidad a partir del gradiente térmico, se analiza la aplicación de estos efectos en el Harvesting de energía ambiental y la generación de energía eléctrica en zonas de clima extremo. Y, se describe a nivel conceptual, un diseño propio para captura de energía sobre la base de la aplicación del efecto Peltier.

CAPÍTULO I

ESTADO DEL ARTE

1.1. Planteamiento del problema

El crecimiento poblacional y el aumento en la demanda per cápita de energía, presionan sobre los ya agotados recursos fósiles para la generación de energía. Esto ha llevado a la búsqueda de nuevas fuentes de energía aprovechables, priorizando las ambientalmente neutras.

Entre las opciones identificadas para la provisión futura y neutra de energía, especial interés merece la generación de electricidad a partir del aprovechamiento micro solar. Este trabajo pretende aportar a ampliar el esfuerzo existente en esta área.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General.

- Diseñar e implementar un módulo de Harvesting de energía de gradiente térmico en condiciones extremas.

1.2.2. Objetivos Específicos.

- Diseñar un módulo Harvesting para capturar la energía calórica mediante la aplicación del efecto Peltier.
- Diseñar, construir y evaluar el desempeño del prototipo.

1.3. Justificación e importancia del proyecto

El presente trabajo busca diseñar, construir y evaluar un sistema Harvesting de energía que aproveche el gradiente térmico para abastecimiento en zonas extremas, considerando que en estas no se puede emplear las fuentes convencionales de provisión de energía debido a su condición climática y geográfica.

1.4. Alcance del proyecto

Como parte del proyecto, se diseñó, construyó y evaluó el desempeño de un prototipo de Harvesting de energía de gradiente térmico, aplicando el efecto Peltier, para zonas de clima extremo.

1.5. Marco Teórico

1.5.1. Sobre los efectos Peltier y Seebeck.

Se denomina efecto Peltier al apareamiento de una diferencia de temperatura entre las dos caras de un semiconductor cerámico, cuando a través de él circula una corriente eléctrica

(Duque, 2013). Bajo efecto Seebeck se conoce al fenómeno contrario, en el que una diferencia de temperatura entre los extremos de un semiconductor produce una corriente eléctrica.

Los efectos Peltier y Seebeck son ampliamente empleados para la conversión de energía térmica a energía eléctrica en los denominados generadores térmicos, construidos sobre la base de celdas Peltier. Una celda Peltier posee elementos semiconductores altamente impurificados, dispuestos eléctricamente en serie mediante conductores de cobre, y aislados por una placa de cerámica. (ver Figura 1). (Sandoval, Espinosa, & Barahona, 2007). Una diferencia de temperatura entre ambas caras de la celda, produce una diferencia de potencial entre los elementos de cobre que dispone cada una de las celdas; o la entrega de cierto potencial a los elementos de cobre, produce una diferencia de temperatura entre las caras de la celda.

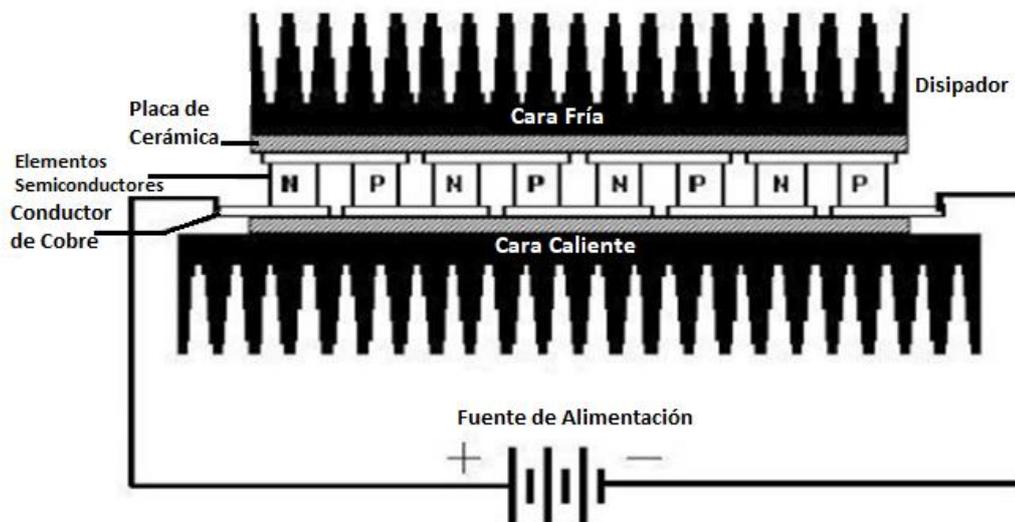


Figura 1. Corte transversal de una celda de Peltier
Fuente: Tomada de (Sandoval, Espinosa, & Barahona, 2007)
Elaboración: Una alternativa para sistemas de enfriamiento con base en semiconductor.

La diferencia de potencial entre los electrodos de una celda Peltier se determina de acuerdo a la expresión 1 (Duque, 2013).

$$V = \alpha(T_c - T_f) \quad (1)$$

En dónde,

V, es el voltaje entre las placas de la celda Peltier, V

α , es el coeficiente de Seebeck, adimensional

T_c, es la temperatura mayor, °C

T_f, es la temperatura menor, °C

Por su parte, el coeficiente de Seebeck se relaciona con el coeficiente de Peltier, mediante la ecuación 2 (Duque, 2013)

$$\pi = \alpha T_c \quad (2)$$

En dónde,

π , es el coeficiente de Peltier, adimensional

α , es el coeficiente de Seebeck, adimensional

T_c , es la temperatura mayor, °C

Los generadores térmicos se construyen a partir de buenos materiales termoeléctricos. El desempeño termoeléctrico de un material es el resultado de la interacción de tres variables: el efecto Seebeck o el efecto Peltier, la conductividad eléctrica y la conductividad térmica (Duque, 2013). En la práctica, el desempeño termoeléctrico de un material se explica en función de la diferencia de temperatura y de un coeficiente adimensional denominado factor de mérito ZT. En la Figura 2 se muestra la evolución del rendimiento de conversión de energía térmica en eléctrica, en función del factor de mérito de algunos tipos de materiales.

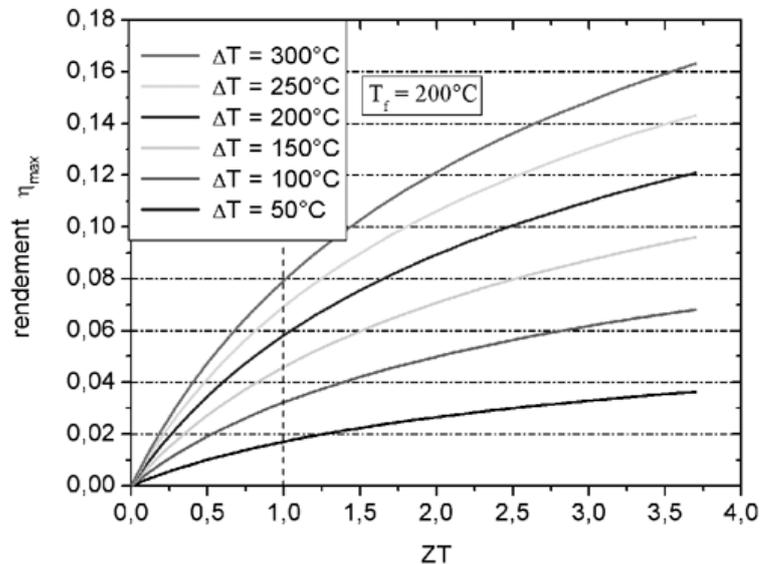


Figura 2. Evolución del rendimiento de conversión de energía térmica en eléctrica, en función del factor de mérito de algunos tipos de materiales

Fuente: Tomada de (Nye & Nye, 2008)

Elaboración: Physical properties of crystals. Oxford University

1.5.2. Optimización del funcionamiento de una celda Peltier

La optimización del funcionamiento de una celda Peltier pasa por ampliar el gradiente de temperatura entre las dos caras de la celda.

Para aumentar la temperatura de una de las caras de la celda, los concentradores solares son una buena opción. El uso de concentradores solares evita la disipación de calor en el ambiente, concentrándolo en áreas muy pequeñas sobre la celda. Entre los concentradores solares potencialmente aplicables, se menciona a los de esfera, de lente convexa, y a los que utilizan lentes de Fresnel.

Por otra parte, se puede reducir la temperatura en la otra cara de la celda utilizando ventilación forzada o tubos de Venturi

1.5.3. Sobre los sistemas híbridos que capturan energía a partir del gradiente térmico.

Se denomina sistema híbrido para generación de energía a la asociación de dos o más fuentes de energía con el objetivo básico de generar energía eléctrica (Ávila, Alesanco, & Veliz, 2011)

La búsqueda bibliográfica ha permitido identificar algunas propuestas para sistemas híbridos que aprovechan el gradiente térmico. En (Zurdo, Miguel, & Martínez, 2013) se describe el diseño de un generador termoeléctrico capaz de operar en emplazamientos próximos a volcanes o desiertos, en los que se registra cambios bruscos de temperatura durante el día y la noche.

En (Roldán Vilorio & Toledano Gasca, 2013) se describe un sistema que opera con gradiente térmico en el mar. El denominado sistema CETO, en honor a la expresión griega que define los peligros del océano, succiona el agua tibia de la superficie del océano hacia un intercambiador de calor, para generar vapor que pasa a una turbina que acciona un generador eléctrico. El agua fría que se bombea de las profundidades del océano, se emplea para enfriar el fluido de trabajo, el que, al condensarse, vuelve al estado líquido para nuevamente comenzar con el ciclo de generación.

En (Ramírez Pareja, 2015) se describe el modelo termodinámico de un sistema termo solar tipo disco Stirling (ver Figura 3), que enfoca concentradores solares en una misma superficie cóncava de incidencia de radiación. Sobre la base de este modelo, y para diversos tipos de seguimiento solar, en el estudio se evalúa el desempeño de diferentes tipos de colector en términos de aumento de temperatura (ver Tabla 1).

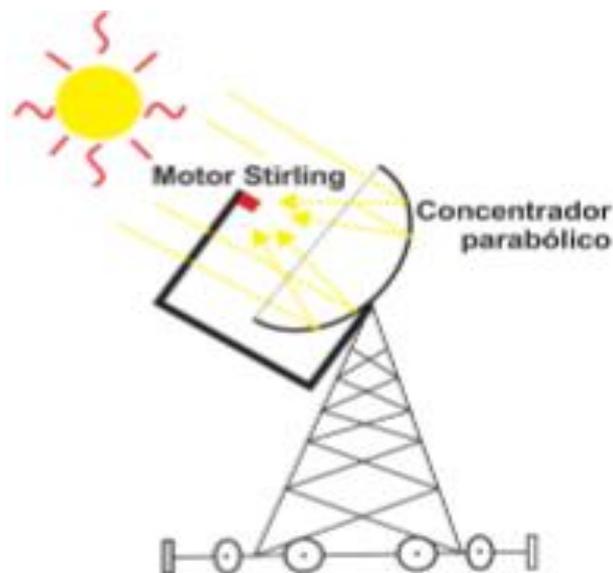


Figura 3. Prototipo de sistema termo solar tipo disco-Stirling

Fuente: (Ramírez Pareja, 2015).

Elaboración: Desarrollo de un modelo termodinámico Termo solar Disco - Stirling.

Tabla 1. Eficiencia de la concentración de rayos directos por reflexión para diversos tipos de colector y de seguimiento solar

Tipo de Seguimiento	Tipo de colector	Convergencia	Relación de concentración	Rango de temperatura
Estacionario	Colector liso plano	Planar	1	30-80
	Colector de tubos de vacío	Planar-Tubular	1	50-200
	Colector compuesto parabólico	Tubular	1-5	60-240
Seguimiento con un solo eje	Colector compuesto parabólico		5-15	60-300
	Reflector lineal Fresnel	Tubular	10-40	60-250
	Colector Cilíndrico-pequeña superficie	Tubular	15-50	60-300
	Colector Cilíndrico Parabólico	Tubular	10-85	60-400
Seguimiento con dos ejes	Reflector Disco Parabólico	Puntual	600-2000	100-1500
	Campo de heliostatos	Puntual	300-1500	150-2000

Fuente: Tomada de (Calvopiña, 2015)

Elaboración: (Calvopiña, 2015)

En (Calvopiña, 2015) se describe el uso de lentes esféricas para concentrar radiación solar sobre paneles fotovoltaicos. De esta forma, se puede enfrentar limitaciones en cuanto a

espacio disponible, peso y costo de instalación de proyectos fotovoltaicos. En aplicaciones como Light Farm, los lentes concentradores se ubican en fachadas y techos, doblando la eficiencia en paneles fotovoltaicos (ver Figura 4).



Figura 4. Vista general de una instalación tipo Light Farm, con uso de lentes esféricas para concentración de radiación solar

Fuente: Tomada de (Calvopiña, 2015)

Elaboración: Análisis Energético De La Radiación Solar Concentrada Utilizando Lentes Y Espejos Parabólicos

Como una opción alternativa a los concentradores cilíndricos parabólicos fotovoltaicos, se propone el uso de lentes de Fresnel. En (Calvopiña, 2015) se describe el uso de lentes rectangulares de Fresnel, mientras que en (Pigueiras, 2007) se analiza el efecto de utilizar una lente híbrida de vidrio silicón. En (Jaramillo, 2009) se describe el diseño de un concentrador solar con lente de Fresnel para propósitos académicos y de experimentación.

En (Zurdo et al., 2013) se destaca el aprovechamiento de entornos fríos, utilizando celdas Peltier y aislantes térmicos. Un sistema termoeléctrico instalado en la Antártida, es capaz de obtener gradientes de más de 75 °C, con temperaturas anuales medias de -50 °C.

1.5.3.1. Selección de un modelo referencial

Como resultado del análisis del estado del arte, el equipo de trabajo decidió apostar al uso de un sándwich Peltier: sobre una de las caras de la celda, se concentrará radiación solar empleando lentes de Fresnel, mientras que la otra se enfriará a través de un tubo de Venturi.

Para mejorar el harvesting de energía, se propone utilizar un arreglo de estos sándwiches Peltier. Para cubrir el movimiento del Sol, se podría utilizar tres lentes de Fresnel, una para cada sección del día (alba, medio día y ocaso). El arreglo debería tener la capacidad de girar de forma tal que la entrada del tubo de Venturi, este siempre alineada a la dirección del viento.

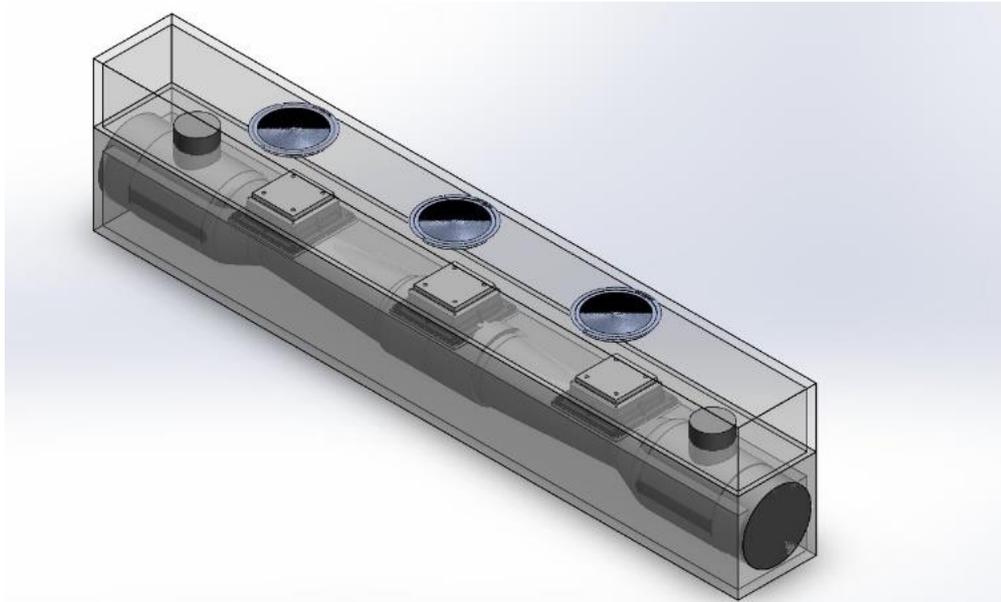


Figura 5. Arquitectura propuesta para el harvesting de energía ambiental bajo el efecto Peltier, en el presente proyecto

Fuente: Autoras

Elaboración: Autoras

CAPITULO II
DISEÑO BÁSICO

Tal como se describió en el capítulo anterior, se analizó el estado del arte en el harvesting de energía ambiental y generación de energía eléctrica en zonas de clima extremo, basado en efecto Peltier.

Como resultado del análisis del estado del arte, el equipo de trabajo decidió apostar al uso de un sándwich Peltier: sobre una de las caras de la celda, se concentrará radiación solar empleando lentes de Fresnel, mientras que la otra se enfriará a través de un tubo de Venturi.

En este documento, se describen los resultados obtenidos en la etapa de ingeniería básica de diseño de un prototipo.

2.1. Sobre la arquitectura propuesta

La Figura 6 muestra la arquitectura propuesta para el prototipo de Harvesting de energía ambiental sobre la base del efecto Peltier. Una estructura rectangular soporta un tubo de Venturi, tres celdas Peltier y tres lentes de Fresnel.

En la parte superior del tubo de Venturi, se distribuyen tres celdas Peltier, ubicadas en el foco de tres lentes Fresnel, respectivamente. Las lentes se soportan sobre una cubierta de acrílico.

Por la parte inferior, las celdas están en contacto con la corriente de aire de un tubo de Venturi, que tiene por objetivo disminuir la temperatura de esta cara.

Como idea principal para la construcción del prototipo, se consideró el uso de una estructura metálica, junto al material cerámico de las celdas Peltier, sobre las celdas Peltier se consideraron las tres lentes Fresnel de acrílico, por su disponibilidad en el mercado.

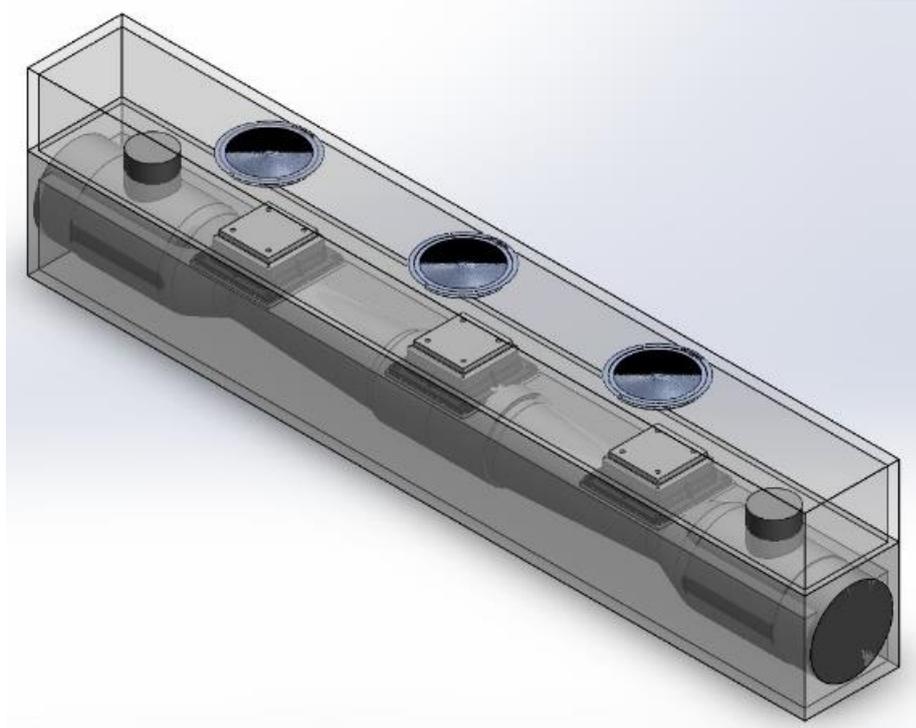


Figura 6. Arquitectura propuesta para el prototipo de harvesting de energía ambiental, sobre la base del efecto Peltier.

Fuente: Autoras

Elaboración: Autoras

2.2. Diseño del tubo de Venturi

El tubo Venturi es un flujómetro, cuyo principio de funcionamiento se basa en la ecuación Bernoulli, que plantea que la suma de las alturas de posición, cinética y piezométrica es constante en un flujo de fluido ideal y representa la ley de conservación de la energía. tal como lo muestra la expresión 3(Nakayama & Boucher, 2000)

$$Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\gamma} = Z_2 + \frac{V_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\gamma} = \text{constante} \quad (3)$$

En dónde,

Z, es la altura de posición, m.

$\frac{v^2}{2g}$, es la altura cinética, m.

$\frac{P_2}{\gamma}$, es la altura piezométrica, m.

Por otra parte, en la bibliografía (Nakayama & Boucher, 2000) se sugiere que las dimensiones fundamentales del tubo Venturi correspondan a las relaciones mostradas en la Figura 7.

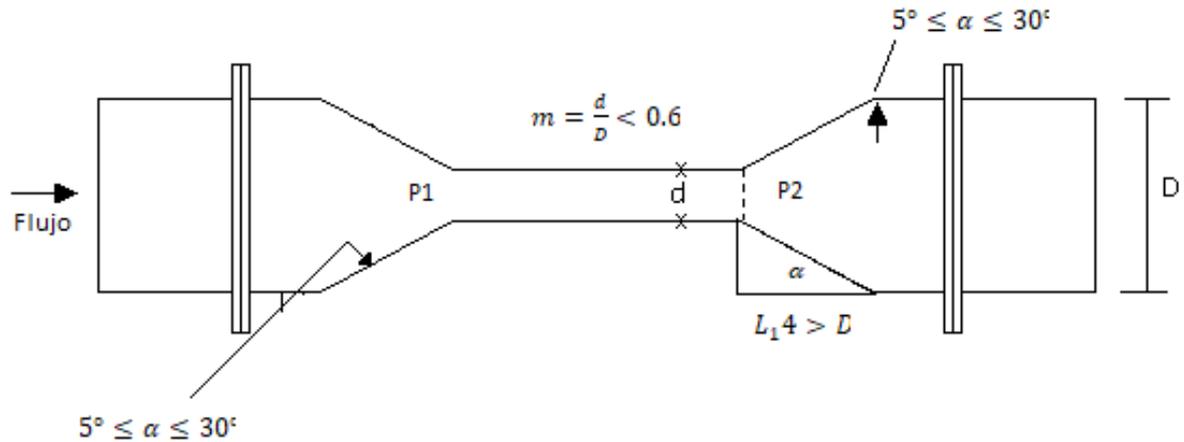


Figura 7. Relación de las dimensiones para el diseño del tubo Venturi
Fuente: Tomada de (Nakayama & Boucher, 2000)
Elaboración: Tubo Venturi

La Figura 8 muestra el diseño del tubo Venturi para este proyecto. Dos tubos laterales (de entrada y salida) de 80 mm de diámetro y 80 mm de largo, se unen a través de tubos divergentes a un tubo central o garganta de 280 mm largo y de 60 mm diámetro.

Las celdas de Peltier se ubican sobre el tubo, a una distancia de 80 mm entre sí. Para un mejor soporte, el tubo se coloca dentro de una estructura de forma de prisma rectangular de 440 x 112 x 81 mm.

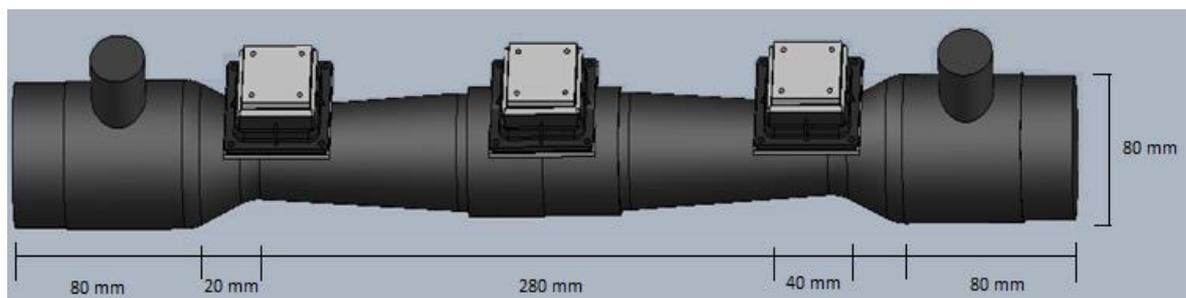


Figura 8. Cotas de la vista general del tubo Venturi
Fuente: Autoras
Elaboración: Autoras

2.3. Diseño de la cubierta

La cubierta mostrada en las Figuras 8 y 9, se diseñó acorde a la geometría del tubo Venturi y la distribución de las lentes Fresnel. Para la construcción se empleó metal y acrílico. La

cubierta se diseñó para resistir los cambios climáticos y facilitar la ubicación en diversos lugares.

Las celdas de Peltier se ubican sobre el tubo, a una distancia de 80 mm entre sí. Para un mejor soporte, el tubo se coloca dentro de una estructura de forma de prisma rectangular de 440 x 112 x 81 mm.

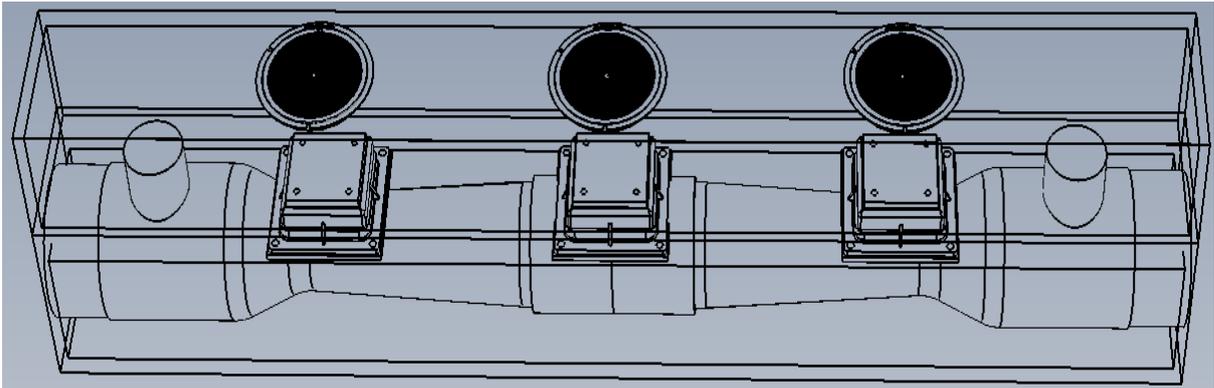


Figura 9. Vista superior del prototipo base, incluyendo tubo de Venturi, lentes de Fresnel y cubierta

Fuente: Autoras

Elaboración: Autoras

2.4. Selección de celdas de Peltier

Para este proyecto se seleccionó celdas cerámicas tipo TEC-12706 capaces de operar en temperaturas máximas de 138° C, con un tiempo de vida de hasta 200 000 h y una tasa de error de 0.2 %. Las características técnicas de estas celdas se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Características técnicas de las celdas TEC-12706

Parámetro	Temperatura del lado caliente (°C)	
	25	50
Qmax (W)	50	57
Delta Tmax (°C)	66	75
I _{max} (A)	6.4	6.4
V _{max} (V)	14.4	16.4
Resistencia (Ω)	1.98	2.30

Fuente: Tomada de (Hebei I . T .Shanghai Co , 2018)

Elaboración: Shanghai Co.

2.5. Selección de lentes de Fresnel

En función de la disponibilidad en el mercado, para este proyecto se seleccionó lentes de Fresnel de acrílico, como las mostradas en la Figura 10.

Ante la imposibilidad de adquirir en el mercado lentes de Fresnel acrílicas de dimensiones ajustables al diseño del prototipo base, el equipo de trabajo decidió modificar el prototipo hacia un modelo de un único segmento, que incluya una lente, una celda y un tubo Venturi (ver Figura 11)

Durante la construcción del prototipo modificado, se pudo constatar que el metal utilizado para la construcción del tubo no aislaba térmicamente las dos caras de la celda, por lo que la generación de FEM era limitada. Ante esta situación, se decidió construir el tubo de plástico.



Figura 10. Vista general de la lente de Fresnel a utilizar durante el desarrollo del prototipo.

Fuente: Autoras

Elaboración: Autoras

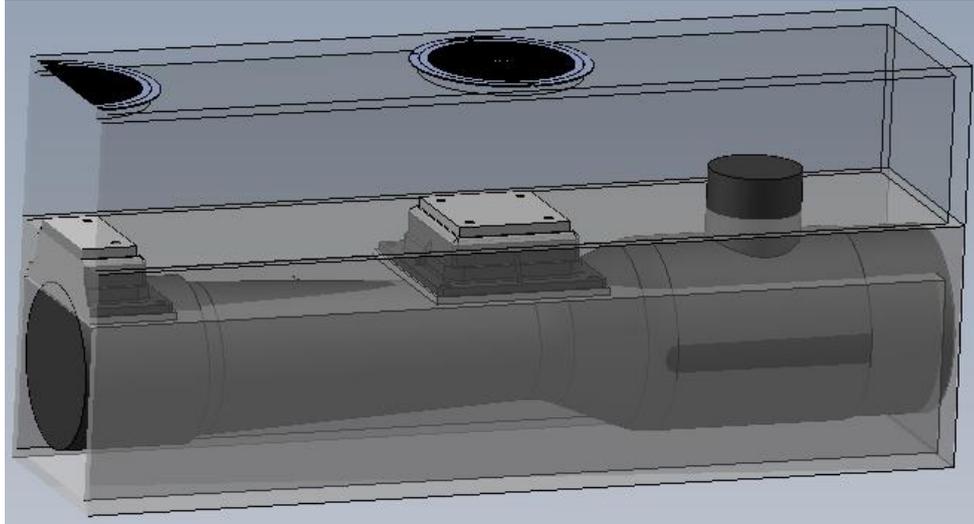


Figura 11. Vista lateral del prototipo modificado
Fuente: Autoras
Elaboración: Autoras

CAPÍTULO III

INGENIERÍA DE DETALLE Y EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO

En este trabajo se muestran los resultados obtenidos al evaluar el desempeño de un prototipo diseñado para el aprovechamiento del efecto Peltier en la generación de energía eléctrica en zonas del clima extremo.

Se parte de la explicación de la metodología utilizada, se describe la estación experimental ideada para evaluar el desempeño, y se discuten los resultados obtenidos.

3.1. Metodología

El equipo de trabajo decidió ejecutar dos experimentos.

En el primero, se registró la diferencia de potencial generada entre las dos caras de las celdas de Peltier, ante la exposición del prototipo a la luz solar, y contrastada con la diferencia de temperatura de las dos caras de las celdas. La observación se realizó en el período comprendido entre las 10h00 y las 15h00, consideradas las horas de mayor exposición solar. Las mediciones se realizaron a la intemperie.

En el segundo, se registró la diferencia de potencial generada entre las dos caras de las celdas de Peltier, en el período comprendido entre las 6h00 y las 18h00. Las mediciones se realizaron a la intemperie.

El primer experimento se realizó el día 1 de mayo, mientras que, el segundo experimento se realizó el día 23 de junio. De acuerdo al INAMHI, el primer día del experimento se registró una temperatura máxima de 22°C, una velocidad del viento de 13km/h, un estado parcialmente nublado, una humedad relativa del 45% y un índice UV igual a 4, durante el segundo día del experimento, se registró una temperatura máxima de 23°C, una velocidad del viento de 7 Km/h, un estado parcialmente soleado, una humedad relativa del 28%, y un índice UV igual a 6.

3.1.1. Diseño de la estación de experimentación

Para optimizar la evaluación del desempeño del concepto desarrollado en este trabajo, se decidió montar una estación de experimentación conformada por un soporte sobre el que descansa una única lente Fresnel, en cuyo foco se ubican 3 celdas de Peltier, una de cuyas caras se asienta sobre un tubo de Venturi.

La estación de experimentación se diseñó utilizando el aplicativo de software libre SelfCad 3D, y tiene una geometría general de 280 x 280 x 180 mm, tal como se muestra en la Figura12.

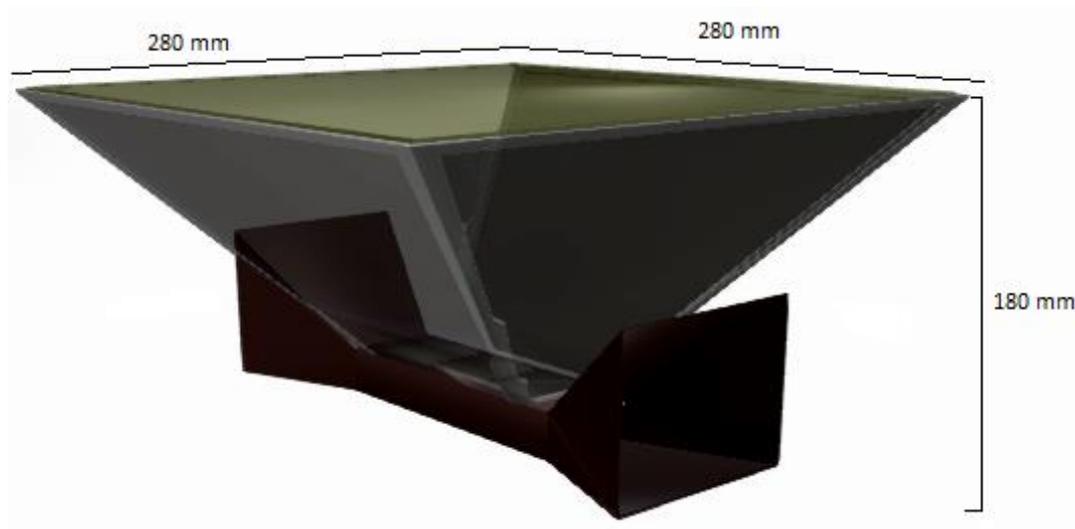


Figura 12. Vista general del diseño de la estación de experimentación, en la que se incluye estructura de soporte, lente de Fresnel, celdas de Peltier y tubo de Venturi
Fuente: Autoras
Elaboración: Autoras

Las celdas Peltier se conectan en serie y se disponen horizontalmente sobre el tubo de Venturi. El tubo de Venturi fue diseñado en base a un trapecio de 100mm como longitud, 95mm de altura y 127mm de ancho en la toma de alta presión; y, de 190 mm de longitud, 40mm de altura y 60mm de ancho en la toma de baja presión



Figura 13. Vista general de la estación de experimentación montada y en operación
Fuente: Autoras
Elaboración: Autoras

Las primeras pruebas mostraron que no se podía conseguir una diferencia de temperatura aceptable entre las caras de las celdas, por lo que se procedió a incluir un cerramiento de aluminio entre la lente y la parte superior del tubo Venturi, aumentando la generación de las celdas. La Figura 13 muestra la estación de experimentación montada y en operación.

3.1.1. Selección de la instrumentación

Para registrar la diferencia de potencial entre las caras de las celdas de Peltier, se empleó el multímetro OTC STINGER 3514 (OTC Tools, 2018)

Para el registro de la diferencia de temperatura entre las dos caras de las celdas de Peltier, se utilizó termómetros digitales DS18B20 Dallas Semiconductor (Mouser Electronics, 2018). Los sensores DS18B20, pueden ser alimentados entre 3 y 5.5 V, su rango de medición oscila entre los -55 y los 125°C, y tienen una precisión de $\pm 0.5^\circ\text{C}$ entre los -10 y los 85°C.

Los sensores digitales se conectaron a una tarjeta ARDUINO UNO (ARDUINO, 2018) a través de un resistor de 4.7 K Ω . En ARDUINO IDE se programó el registro de la temperatura en ambas caras de la celda, cada 4 minutos. Anexo A. Muestra el código de programación utilizado. Las Figuras 14 y 15 muestran los resultados obtenidos.

TEMPERATURA [°C] EN CADA UNA DE LAS CARAS DE LAS CELDAS PELTIER EN FUNCIÓN DEL TIEMPO

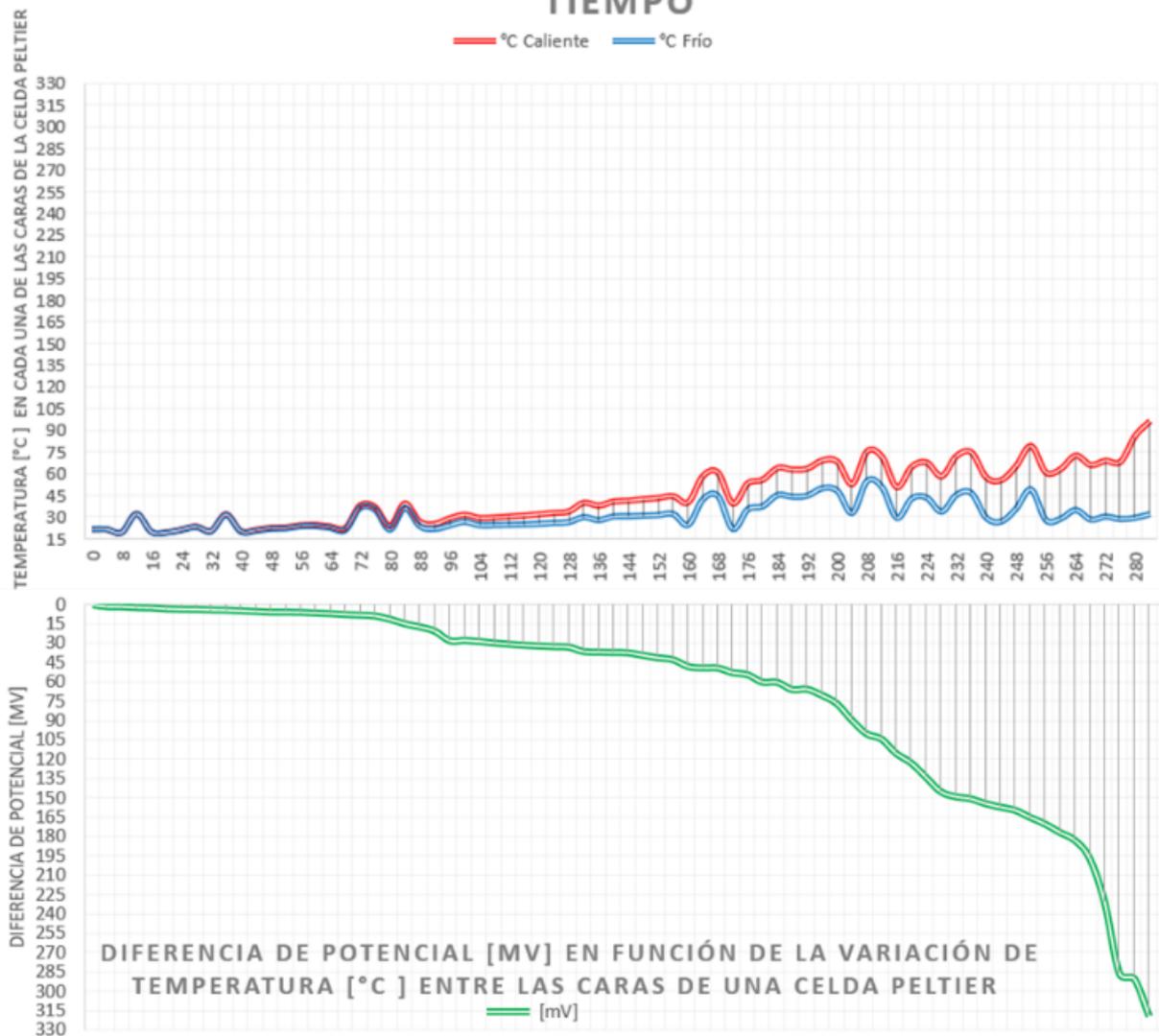
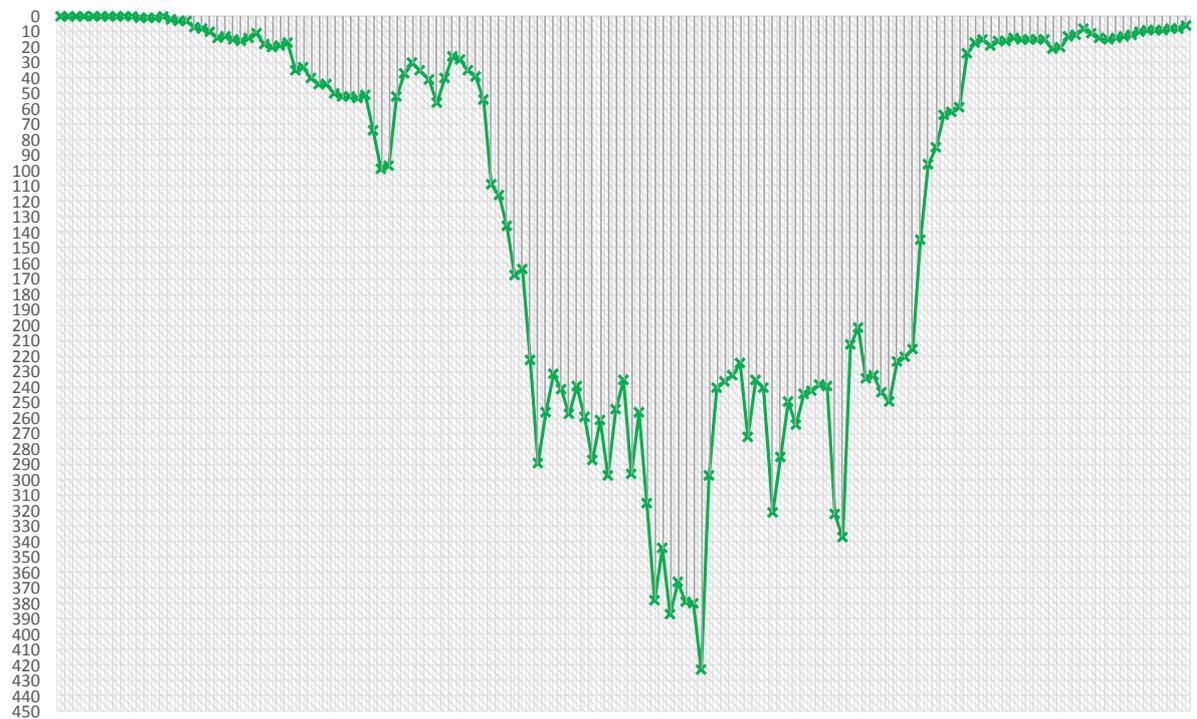
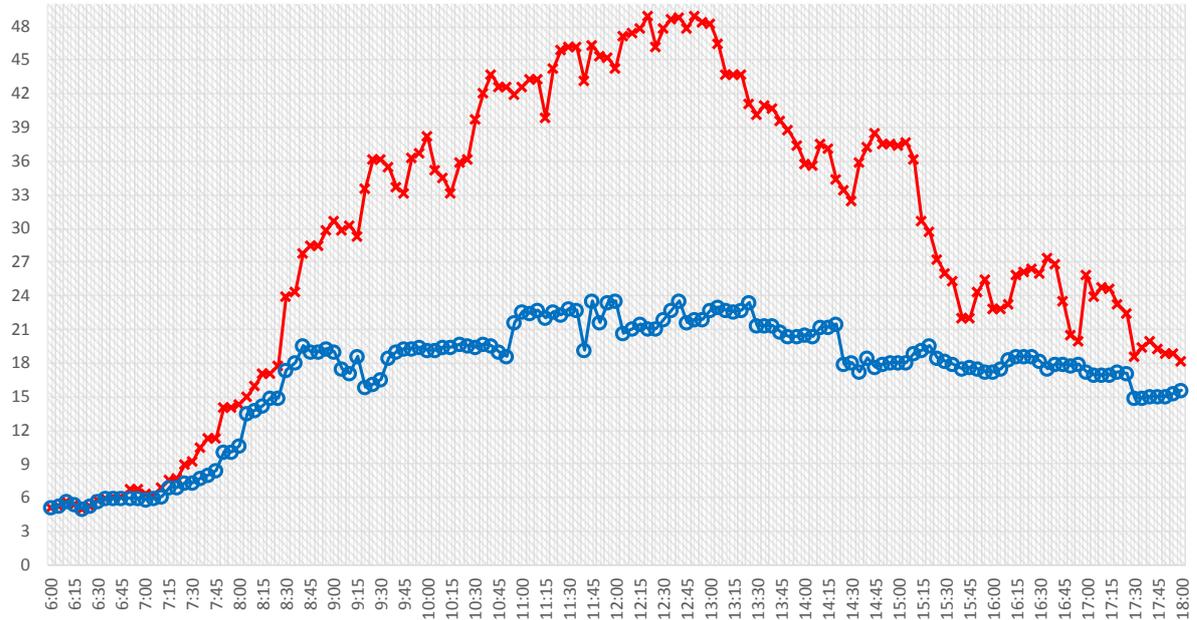


Figura 14. Diferencia de potencial entre las dos caras de la celda de Peltier en función de la diferencia de temperatura entre las dos caras

Fuente: Autoras

Elaboración: Hoja de Cálculo Excel

TEMPERATURA [°C] EN CADA UNA DE LAS CARAS DE LAS CELDAS PELTIER EN FUNCIÓN DEL TIEMPO



DIFERENCIA DE POTENCIAL [MV] EN FUNCIÓN DEL TIEMPO [HORA] ENTRE LAS CARAS DE UNA CELDA PELTIER

Figura 15. Resultados obtenidos en pruebas en función del tiempo.

Fuente: Autoras

Elaboración: Hoja de Cálculo Excel

CAPÍTULO IV
DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. A manera de introducción

En este apartado se discuten los resultados obtenidos con anterioridad. La discusión se centra en aportar objetividad a la evaluación del desempeño del prototipo implementado como resultado de este proyecto y basado en un sistema pasivo conformado por celdas de Peltier, lentes Fresnel y tubos Venturi. Para tal efecto, se decidió utilizar el análisis comparativo con los resultados descritos en el trabajo de (Godoy, 2016), que explica el funcionamiento de un sistema basado en celdas de Peltier para la refrigeración de vacunas. En (Godoy, 2016) se indica que, debido a la distribución electrónica en los metales, los potenciales de contacto de las celdas de Peltier son muy bajos, del orden de los 100 mV, y por tanto, el intercambio de energía en el efecto Peltier es muy pequeño.

Por otra parte, el diseño de prototipo desarrollado en este trabajo, no solo incluye el uso de celdas de Peltier como un sistema pasivo, sino que también prevé la utilización de lentes de Fresnel y tubos Venturi para ampliar el gradiente térmico (la diferencia de temperatura) entre las dos caras de las celdas. Los resultados previos demuestran que el uso de este concepto híbrido, puede ampliar la diferencia de potencial entre los extremos de la celda de Peltier hasta cuatro veces.

En los siguientes apartados se discutirá las razones por las cuales, los resultados obtenidos difieren entre ambos trabajos.

4.2. Resultados obtenidos en los experimentos

Una vez implementado el prototipo diseñado, el equipo de trabajo efectuó tres experimentos de acuerdo a la metodología descrita en el capítulo 3. Con la intención de evaluar el desempeño del prototipo en diferentes escenarios de clima, se programó experimentos para el 1 de mayo, el 23 de junio y el 30 de septiembre de 2018. Los parámetros del clima en los días de experimentación se muestran en la Tabla 1.

Tabla 3. Condiciones de clima en los días de experimentación

Día	Temperatura máxima. °C	Velocidad del viento, Km/h	Estado	Humedad relativa, %	Índice UV
1.05.2018	22	13	Parcialmente nublado	45	4
23.06.2018	23	7	Parcialmente soleado	28	6
30.09.2018	32	6	Parcialmente soleado	24	8

Fuente: Autoras

Elaboración: Inamhi (INAMHI, 2018)

La Fig. 16 muestra los resultados obtenidos el primer día de experimentación. La gráfica muestra la diferencia de potencial entre los extremos de la celda de Peltier en correspondencia al gradiente térmico entre las caras de la celda. La forma de la gráfica corresponde a lo esperado de acuerdo a la teoría del efecto Peltier, a mayor diferencia de temperatura entre las celdas, mayor es la diferencia de potencial entre los electrodos de la celda. El valor máximo de diferencia de potencial registrado, corresponde a 315 mV, valor tres veces mayor al descrito en (Godoy, 2016).

En la Fig.17, que muestra la variación de la diferencia de potencial entre los electrodos de la celda y la hora de observación. En la gráfica son visibles marcadas oscilaciones de la diferencia de potencial respecto a la envolvente de la gráfica, lo que se puede explicar por la cantidad de ráfagas de viento de alta velocidad que se registraron en ese día. El pico de diferencia potencial se produce pasado el mediodía, momento en el cual se logró estabilizar la temperatura dentro de la cámara conformada por la lente de Fresnel y el tubo Venturi.

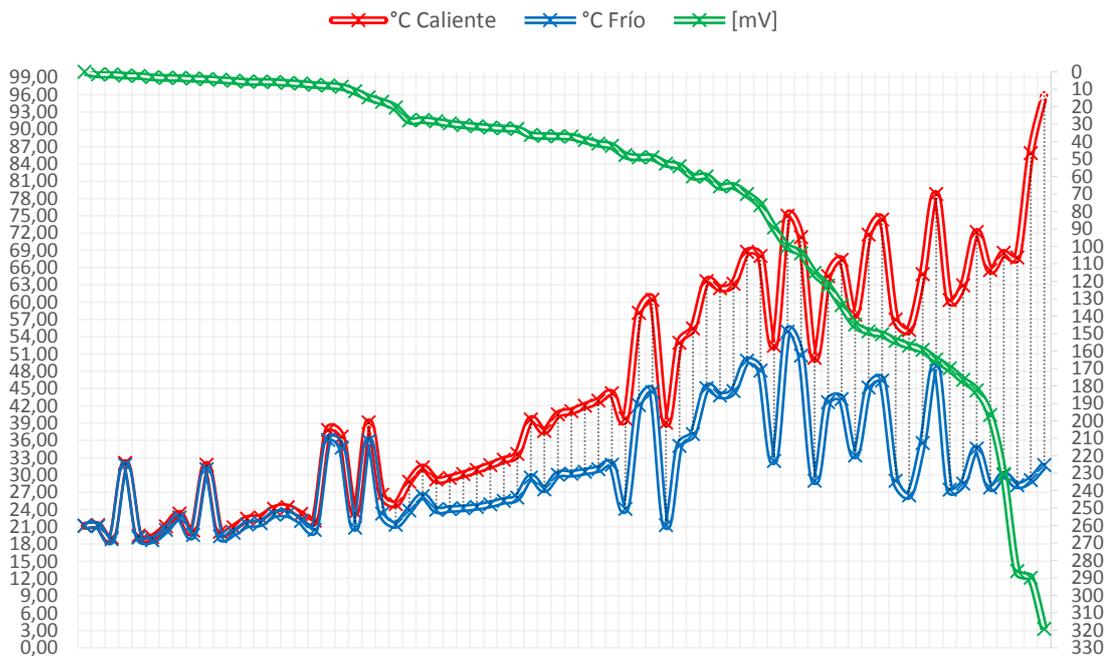


Figura 16. Diferencia de potencial (mV) entre los extremos de la celda de Peltier, en función del gradiente térmico entre las caras de la celda. Experimento del 1 de mayo de 2018.

Fuente: Autoras

Elaboración: Hoja de Cálculo Excel



Figura 17. Diferencia de potencial (mV) entre los extremos de la celda de Peltier, en función de la hora de observación. Experimento del 1 de mayo de 2018.

Fuente: Autoras

Elaboración: Hoja de Cálculo Excel

La Fig.18 muestra la diferencia de potencial entre los extremos de la celda de Peltier en correspondencia al gradiente térmico entre las caras de la celda, durante el experimento del 23 de junio de 2018. En este día parcialmente soleado y de un índice UV de 6, se registró un pico de diferencia de potencial de 405 mV. En la Fig. 19 se muestra una variación de la diferencia de potencial mucho más estable en función de la hora de observación, como resultado de la ausencia de ráfagas de viento en este día.

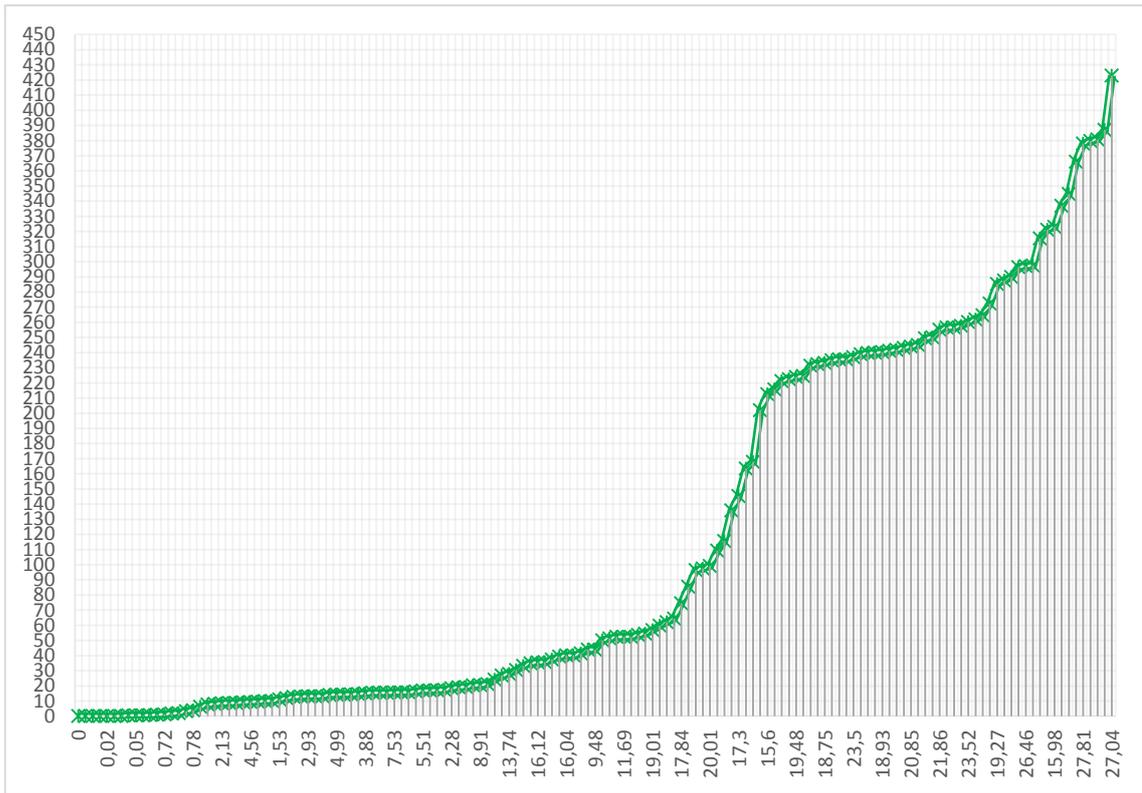


Figura 18. Diferencia de potencial (mV) entre los extremos de la celda de Peltier, en función del gradiente térmico entre las caras de la celda. Experimento del 23 de junio de 2018.

Fuente: Autoras

Elaboración: Hoja de Cálculo Excel

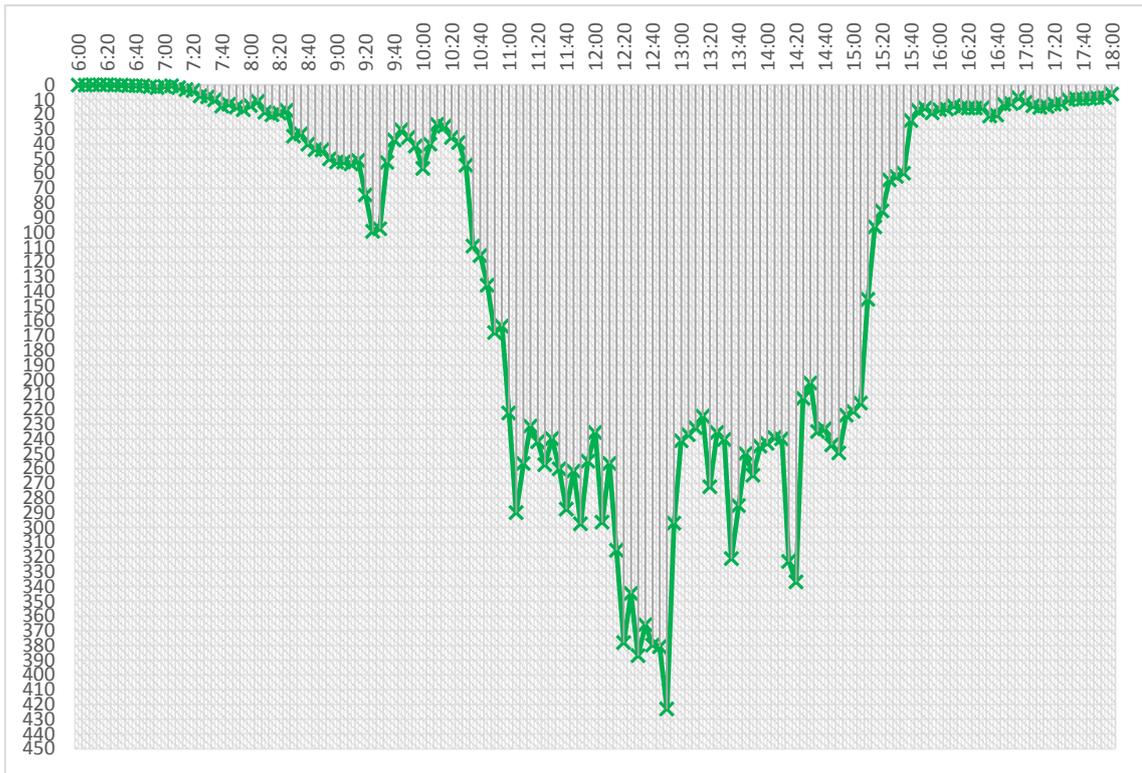


Figura 19. Diferencia de potencial (mV) entre los extremos de la celda de Peltier, en función de la hora de observación. Experimento del 23 de junio de 2018.

Fuente: Autoras

Elaboración: Hoja de Cálculo Excel

La Fig.20 muestra la diferencia de potencial entre los extremos de la celda de Peltier en correspondencia al gradiente térmico entre las caras de la celda, durante el experimento del 30 de septiembre de 2018. En este día parcialmente soleado y de un índice UV de 8, se registró un pico de diferencia de potencial de 425 mV. En la Fig. 21 se muestra una variación de la diferencia de potencial mucho más estable en función de la hora de observación, como resultado de la ausencia de ráfagas de viento en este día.

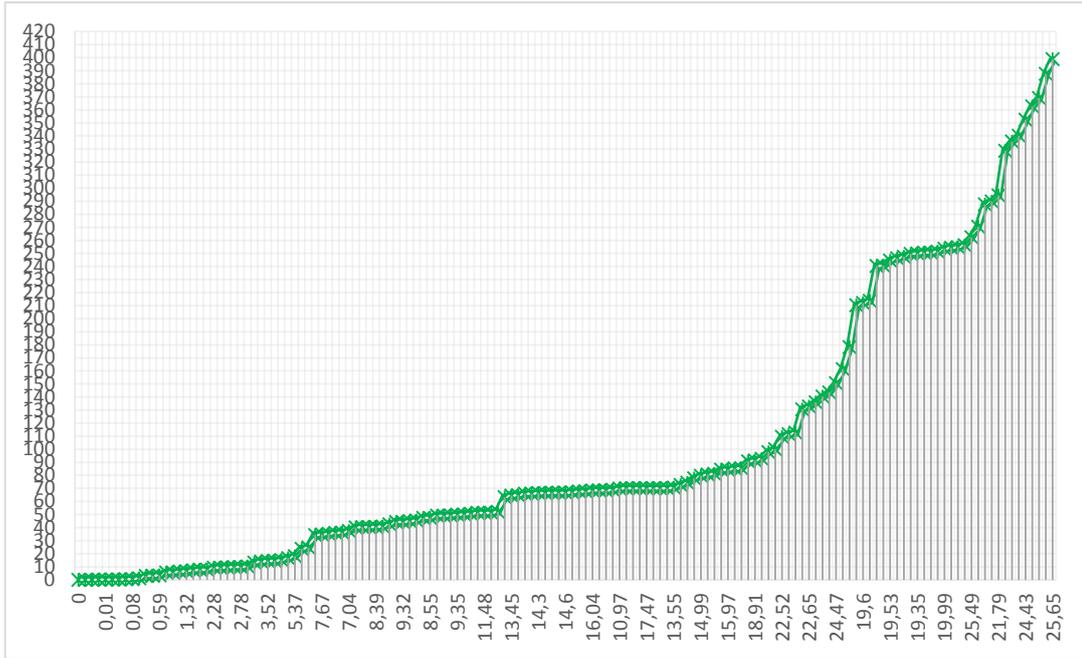


Figura 20.. Diferencia de potencial (mV) entre los extremos de la celda de Peltier, en función del gradiente térmico entre las caras de la celda. Experimento del 30 de septiembre de 2018.

Fuente: Autoras

Elaboración: Hoja de Cálculo Excel

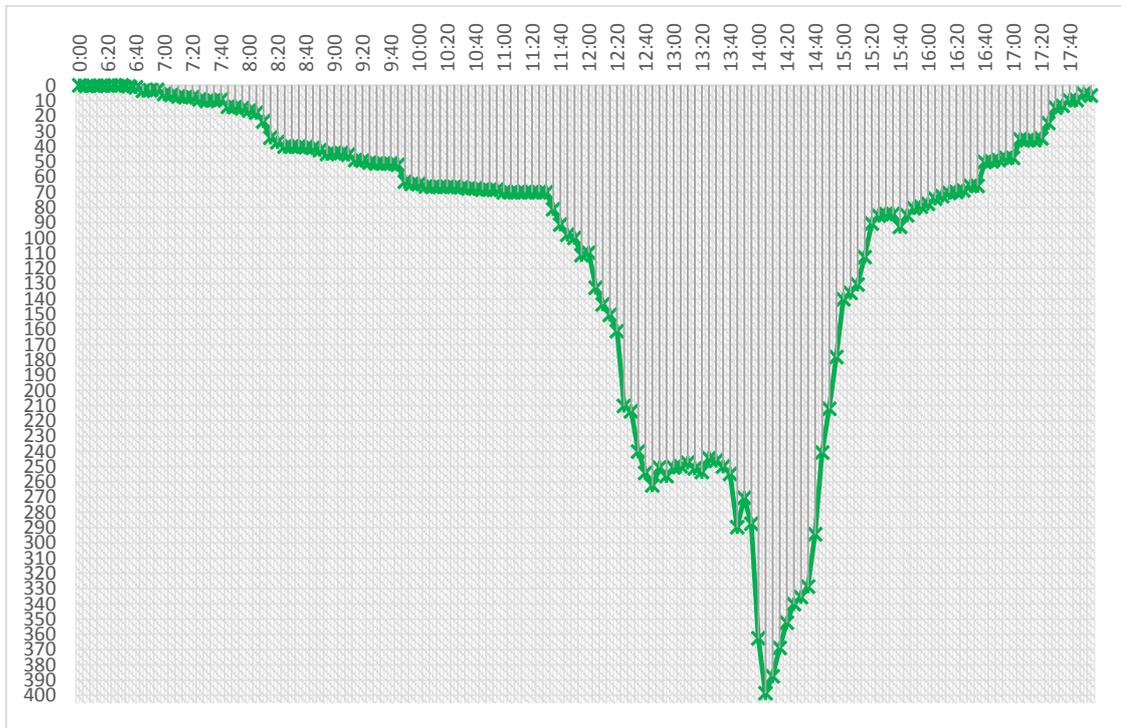


Figura 21. Diferencia de potencial (mV) entre los extremos de la celda de Peltier, en función de la hora de observación. Experimento del 30 de septiembre de 2018.

Fuente: Autoras

Elaboración: Hoja de Cálculo Excel

Los resultados obtenidos muestran la efectividad del sistema celda de Peltier – lente de Fresnel – tubo Venturi para ampliar el gradiente térmico entre las caras de la celda. También muestran la vulnerabilidad de la estructura que soporta el sistema frente a las ráfagas de viento, razón por la cual se han de adoptar medidas para aislar térmicamente la cámara.

4.3. Una aproximación a la energía generada

Considerando que, de acuerdo a la expresión (4.1), el voltaje se define como la diferencia de potencial entre dos puntos cualesquiera A y B, y que esto es igual al trabajo realizado para llevar una carga puntual unitaria y positiva desde A hasta B.(Montoya, 2007); y, que la energía es la capacidad de la materia para producir trabajo en forma de calor; entonces, la energía potencialmente aportada por el sistema diseñado se aproximó utilizando el método de los trapecios para obtener el área bajo la curva de la diferencia de potencial en función del tiempo.

$$V_{AB} = \varphi_B - \varphi_A = \left[\frac{\text{Joules}}{\text{Coulomb}} \right] = [\text{Volts}] \quad (4.1.)$$

Para el cálculo del área bajo la curva, se utilizó el aplicativo Matlab (“MATLAB and Simulink,” 2018), y en particular la función TRAPZ(x,y). El código utilizado se muestra en el Anexo B. La Tabla 2 muestra los resultados obtenidos en Joules.

Tabla 2. Energía y potencia obtenidas de cada uno de los días de experimentación

Experimento	Horario de observación	Energía [J]	Potencia [W/s]	Potencia [W/h]
1.05.2018	10h00 a 15h00	24303	24303	6.75
23.06.2018	6h00 a 18h00	72256	72256	20.07
30.09.2018	6h00 a 18h00	83241	83241	23.12

Fuente: Autoras

Elaboración: Autoras

En correspondencia con lo esperado, el sistema tiene la capacidad de capturar energía del ambiente a través del efecto Peltier. Las prestaciones son mayores mientras mejores son las condiciones del clima que favorecen la ampliación del gradiente térmico entre las caras de la celda.

CONCLUSIONES

- En la Figura 14, la línea roja registra la variación de temperatura en la cara “caliente”, mientras que la línea azul muestra la temperatura en la cara “fría”. La línea verde muestra la variación de la diferencia de potencial medido entre ambas caras de la celda. Los resultados obtenidos confirman el funcionamiento esperado de las celdas de Peltier, corroborando que, a mayor diferencia de temperatura entre las caras de la celda, mayor es la diferencia de potencial generado entre las caras de la celda.
- Por otra parte, se puede afirmar que la estructura de aluminio permite mantener el calor generado en la lente por mucho más tiempo, facilitando el aumento de la temperatura en la cara “caliente”. Así mismo, durante el experimento se presencié el apareamiento de ráfagas fuertes de viento, que provocaban el enfriamiento súbito de la cara “fría”, provocando picos en las gráficas y evidenciando el desempeño correcto del tubo de Venturi.
- La Figura 15 muestra la variación de temperaturas en las caras “caliente” y “fría” de las celdas y de la diferencia de potencial entre las caras de la celda, a lo largo del día. Los resultados obtenidos muestran que la mayor generación de energía eléctrica corresponde a la región del mediodía.
- Gracias al diseño de la estación, en el área encapsulada se logró alcanzar temperaturas de hasta 50°C.
- Finalmente, la presencia de ráfagas de viento permitió registrar saltos de diferencia de potencial de 300 a 430 mV.

RECOMENDACIONES

- Para un mejor aprovechamiento del prototipo se recomienda que en futuros trabajos se implemente un sistema regulador de energía y almacenamiento para mejor aprovechamiento y control de la energía generada., y un aislante térmico para limitar la dependencia del desempeño respecto a las ráfagas de viento.

BIBLIOGRAFÍA

- Calvopiña, R. (2015). Análisis Energético De La Radiación Solar Concentrada Utilizando Lentes Y Espejos Parabólicos Para Aplicaciones En Zonas De Latitud 0o. Universidad De las Fuerzas Armadas. Retrieved from <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/12483/1/T-ESPE-049715-.pdf>
- Campos, O. (2008). Programa de cómputo para dimensionar medidores de flujo por presión diferencial en líquidos. México. Instituto Politécnico Nacional. Retrieved from <http://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/30/1/Tesis Omar Campos.pdf>
- Duque, M. (2013). Diseño de paneles generadores de electricidad por efecto seebeck. Escuela de ingeniería de Antioquia.
- García, A., García, L., & Gaviria, E. (2009). Diseño y montaje del laboratorio de hidráulica de tuberías "Banco de Pruebas Tubo Venturi." Corporación Universitaria Minuto de Dios.
- Jaramillo, A. (2009). Diseño de un concentrador solar con lente de Fresnel para propósitos académicos y de experimentación. Universidad Nacional Autónoma de México. Retrieved from: <http://www.jstor.org/stable/20695494><http://www.jstor.org/><http://www.jstor.org/action/showPublisher?publisherCode=iif>.
- Pedro, F. (2000). Energía Maremotérmica. In Energía Geotérmica (pp. 128–146). Cantabria.
- Hebei I. T. (Shanghai) Co., L. (2018). Thermoelectric Cooler TEC1-12706.
- Nakayama, Y. (Yasuki), & Boucher, R. F. (Robert F. (2000). Introduction to fluid mechanics. Butterworth-Heinemann.
- Pigueiras, E. (2007). Contribución a la teoría de diseño y a la tecnología de las lentes de Fresnel para su uso como concentradores en aplicaciones fotovoltaicas. Universidad Politécnica de Madrid.
- Ramírez Pareja, D. M. (2015). Desarrollo de un modelo termodinámico de un sistema Termo solar Disco - Stirling. Universidad Nacional de Colombia.
- Roldán Vilorio, J., & Toledano Gasca, J. C. (2013). Energías renovables. España: Paraninfo.
- Sandoval, A., Espinosa, E., & Barahona, J. (2007). Celdas Peltier: Una alternativa para sistemas de enfriamiento con base en semiconductor. Instituto de Electrónica. México. Retrieved from <http://www.utm.mx/~mtello/Extensos/extenso020709.pdf>

- Zurdo, R. M., Miguel, A., & Martínez, L. (2013). Diseño de un sistema termoeléctrico aprovechando características geotérmicas. Universidad Politécnica Cataluña.
- OTC Tools. (2018). Bosch Automotive Service Solutions. Retrieved from <https://www.otctools.com/>
- Mouser electronics. (2018). Dallas Semiconductor. Retrieved from <https://www.mouser.ec/dallassemi/>
- ARDUINO. (2018). open-source electronics platform. retrieved from <https://www.arduino.cc/>
- Godoy, F. (2016). Diseño, construcción y evaluación energética de una cámara con celdas Peltier (efecto termoeléctrico) para refrigeración de vacunas. Escuela Politécnica Nacional. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.27011.09763>
- MATLAB and Simulink. (2018). Retrieved October 9, 2018, from https://la.mathworks.com/?s_tid=gn_logo
- Montoya. (2007). Guía Conceptual de Termodinámica. españa. Retrieved from http://www.guiasdeapoyo.net/guias/cuart_fis_e/Diferencia de Potencial , Potencial Absoluto.pdf

ANEXOS

ANEXO A

Código fuente empleado en ARDUINO IDE para la obtención de datos de temperatura de las caras de las celdas Peltier.

```
#include <OneWire.h>

#include <DallasTemperature.h>

OneWire ourWire1(2);          //Se establece el pin 2 como bus OneWire

OneWire ourWire2(3);          //Se establece el pin 3 como bus OneWire

DallasTemperature sensors1(&ourWire1); //Se declara una variable u objeto para nuestro
sensor1

DallasTemperature sensors2(&ourWire2); //Se declara una variable u objeto para nuestro
sensor2

void setup() {

delay(1000);

Serial.begin(9600);

sensors1.begin(); //Se inicia el sensor 1

sensors2.begin(); //Se inicia el sensor 2

}
```

```
void loop() {  
  
  sensors1.requestTemperatures(); //Se envía el comando para leer la temperatura  
  
  float temp1= sensors1.getTempCByIndex(0); //Se obtiene la temperatura en °C del sensor 1  
  
  sensors2.requestTemperatures(); //Se envía el comando para leer la temperatura  
  
  float temp2= sensors2.getTempCByIndex(0); //Se obtiene la temperatura en °C del sensor 2  
  
  
  Serial.print("Temperatura 1 = ");  
  
  Serial.print(temp1);  
  
  Serial.print(" C");  
  
  Serial.print("  Temperatura 2 = ");  
  
  Serial.print(temp2);  
  
  Serial.println(" C");  
  
  delay(10000);  
  
}
```

ANEXO B

Código Matlab para la obtención del área bajo la curva junto a las respectivas gráficas por día de medición

```
hora=[0:5:720];

mV2=[0.1    0    0.3 0.1 0.1 0.1 0    0    0.5 1.1 3.4 3.1 2.9 5.6 6.2 7.13
7.69    7.6 9.1 10.1    9.7 9.3 13.85    14.21    14.96    16.54    17.89
23.65    34.21    37.25    40.12    40.13    40.16    40.5    40.86    42.35
44.87    44.21    44.22    45.36    48.96    49.25    50.48    51.22    51.21
51.18    52    63.21    64.52    64.63    66.33    66.42    66.58    66.58
66.56    66.95    67.59    67.62    68.42    68.42    68.44    70.03    70.03
69.99    70.01    70.03    70.03    69.98    81.13    91.26    97.85    99.98
111.4    109.58    132.65    143.52    150.58    161.25    210.23    213.62    240.21
254.23    262.31    250.62    256.32    250.61    249.67    247.36    251.31    253.61
244.6    246.21    249.87    254.69    289.67    270.46    287.54    362.58    398.71
387.54    369.01    352.31    340.21    335.61    328.67    294.31    240.67    212.01
178.21    140.25    135.98    130.58    112.54    90.62    85.32    84.25    84.25
92.64    85.21    80.56    79.58    77.63    74.21    72.65    70.58    69.87
68.78    65.87    65.85    50.13    49.69    48.97    47.36    47.36    35.23
36.01    35.89    34.58    24.56    14.52    13.21    9.68    9.54    5.62
6.61];

areacurva2=trapz(hora,mV2)

figure(1)

plot(hora,mV2,'r*')

hold on

stem(hora,mV2)

title({'Diferencia de potencial [mV] en función del tiempo
[ minutos]';'entre las caras de una Celda
Peltier'},'fontsize',15,'fontweight','bold','color',[0.5 0.5 0.5])

xlabel('6:00-18:00 expresado en Minutos')

ylabel('[mV]')

grid minor

axis([0 730 0 405])

set(gcf,'color',[1 1 1])
```

```

mV1=[0.1    0.1 0    0    0    0.1 0.2 0.6 0.7 0.5 1.2 1.8 1    0.6 2    3.3
3.9 7.6 8.1 10.1    14.4    13.2    15.1    16.9    14.1    11.1
18.5    20.3    19.3    17.3    34.9    33.23    40.12    43.87    44
50.1    52.4    52.34    53.65    51.23    74.54    99.2    97.52    52.45
37.46    30.4    35.7    41.4    56.7    40.1    26.8    28.01    35.6
39.2    54.5    109.23    115.7    135.86    167.9    163.5    222.5    290
256.7    231.4    241.9    257.6    239.7    260.2    287.6    261.8    297.54
255.1    235.6    296.5    256.7    315.5    378 344.7    387 366 379.76
380.8    423 297.1    241.2    237.1    232.4    224.5    272.5    235.6
240.3    321.2    285.3    250 264.7    245 243.1    239 239.9    323 337
212.54    202 235 233.2    244 249.5    223.9    221.3    215.7    145.3
96.32    85.45    64.45    62.1    59.8    24.12    17.2    15.8    19.1
16.89    16.3    14.3    15.43    15.65    15.76    15.48    21.1    20.58
13.2    12.7    8.6 11.87    14.3    15.4    14.68    13.2    12.86
10.11    9.4 9.6 9.23    8.76    8.7 6.2];

areacurval=trapz(hora,mV1)

figure(2)

plot(hora,mV1,'r*')

hold on

stem(hora,mV1)

title({'Diferencia de potencial [mV] en función del tiempo
[ minutos]';'entre las caras de una Celda
Peltier'},'fontsize',15,'fontweight','bold','color',[0.5 0.5 0.5])

xlabel('6:00-18:00 expresado en Minutos')

ylabel('[mV]')

grid minor

axis([0 730 0 425])

set(gcf,'color',[1 1 1])

```

```

horat=[0:4:300];

mVt=[0  1.4  1.5  2.1  2.3  3.1  3.4  3.5  3.9  4.1  4.6  5.1  5.7  5.7  5.8  6.3  6.8
7.5  7.9  8.6  11.2    14.7    17.1    20.4    27.8    27.6    28.4
29.6    30.5    31.3    31.9    32.4    32.8    36.2    36.7    36.9
37.2    39.2    41.1    42.5    47.8    49  49  52.6    54.1    59.9
60  65.7    65.4    70.1    76.5    89.2    100  104  115.3    122.6
133.7  144.9  148.8  150.4  154.2  156.9  159.4  164.9  170
176.6  182.6  196.7  230.6  286.1  290  319.3  320.56  324.56  324.56
330.08];

areacurvat=trapz(horat,mVt)

figure(3)

plot(horat,mVt,'r')

hold on

stem(horat,mVt)

title({'Diferencia de potencial [mV] en función de la variación de
temperatura [°C]';'entre las caras de una Celda
Peltier'},'fontsize',15,'fontweight','bold','color',[0.5 0.5 0.5])

xlabel('10:00-15:00 expresado en Minutos')

ylabel('[mV]')

grid on

axis([0 302 0 332])

set(gcf,'color',[1 1 1])

```