



UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

DISEÑO A TRAVÉS DE UN SIMULADOR PARA LA TRANSFORMACIÓN DE
ENERGÍA TÉRMICA A ELÉCTRICA, UTILIZANDO LAS CELDAS PELTIER Y EL
EFECTO SEEBECK

Proyecto de titulación previo a la obtención del
Título Ingeniero Eléctrico

AUTORES: Lester Eduardo Sánchez Mendoza
Jordy Emmanuel Herrera Estrella

TUTOR: Ing. Juan Miguel Morales Oliva, MSc

Guayaquil – Ecuador

2022

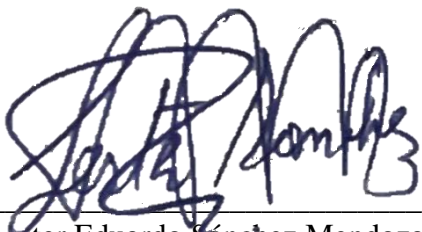
CERTIFICADOS DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TIULACIÓN

Nosotros, Lester Eduardo Sánchez Mendoza con documento de identificación No. 0941584690 y Jordy Emmanuel Herrera Estrella con documento de identificación No. 0953259587 manifestamos que:

Somos los autores y responsables del trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 2 de marzo del año 2022

Atentamente,



Lester Eduardo Sánchez Mendoza
0941584690



Jordy Emmanuel Herrera Estrella
0953259587

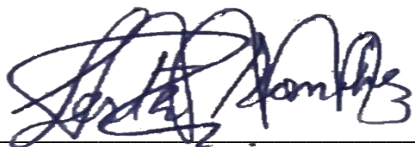
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, Lester Eduardo Sánchez Mendoza con documento de identificación No. 0941584690 y Jordy Emmanuel Herrera Estrella con documento de identificación No. 0953259587, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del proyecto técnico: DISEÑO A TRAVÉS DE UN SIMULADOR PARA LA TRANSFORMACIÓN DE ENERGÍA TÉRMICA A ELÉCTRICA, UTILIZANDO LAS CELDAS PELTIER Y EL EFECTO SEEBEK, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Eléctrico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

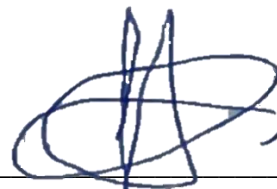
En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 2 de marzo del año 2022

Atentamente,



Lester Eduardo Sánchez Mendoza
0941584690

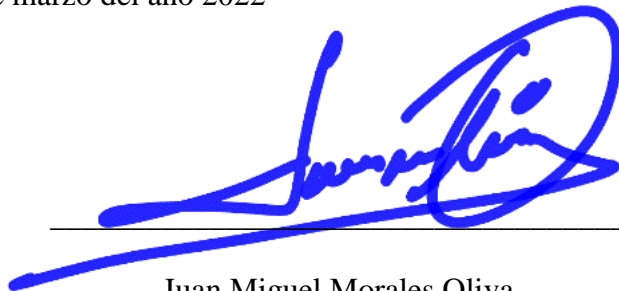


Jordy Emmanuel Herrera Estrella
0953259587

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Juan Miguel Morales Oliva con documento de identificación N. 0960155067, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO A TRAVÉS DE UN SIMULADOR PARA LA TRANSFORMACIÓN DE ENERGÍA TÉRMICA A ELÉCTRICA, UTILIZANDO LAS CELDAS PELTIER Y EL EFECTO SEEBEK, realizado por Lester Eduardo Sanchez Mendoza con documento de identificación N. 0941584690 y por Jordy Emmanuel Herrera Estrella con documento de identificación N. 0953259587, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de TRABAJO DE TITULACION que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 2 de marzo del año 2022



Juan Miguel Morales Oliva
0960155067

RESUMEN

El aprovechamiento de la energía residual producida en las industrias y más específicamente en los cuartos de máquinas o ambientes cerrados, ya que en la actualidad la eficiencia térmica en los sistemas de termoeléctricos de las industrias: vehiculares, navales, refinerías y constructoras es de aproximadamente el 15%. Debido al hecho de que no existe en la UPS un modelo didáctico para el acercamiento, dominio y análisis de los fenómenos termoeléctricos como el efecto Seebeck en un ambiente térmico simulado.

La propuesta que se plantea en este trabajo de titulación tiene como objetivo diseñar, simular y analizar energéticamente un sistema de ambiente térmico simulado a través del manejo de las denominadas células o celdas Peltier (efecto Seebeck) como fuente de energía auxiliar. Basándonos en el estudio bibliográfico, se definen los parámetros para poder diseñar un ambiente térmico simulado (STE) que alcance las temperaturas requeridas, esto incluye el estudio de los modelos físicos y matemáticos de los sistemas termoeléctricos.

Se revisan los diferentes modelos de celdas Peltier que se encontró en el estudio bibliográfico, se selecciona el modelo que cumpla con las características requeridas en un ambiente térmico real, dichas características y los valores de temperatura estarán restringidos a las temperaturas que se encuentran dentro de un cuarto de máquinas y la temperatura ambiente fuera del cuarto de máquinas.

Con estos datos se diseña el ambiente térmico simulado y las conexiones de las celdas Peltier que simularan por medio del uso del software PROTEUS un sistema de control y censado para que el equipo mantenga una temperatura y voltaje contante, que alimentara bajo requerimiento de carga como un panel de control y luces de acción, con esto a fin analizar energéticamente el ambiente térmico simulado, donde se registrarán los valores de temperatura de ingreso y los valores medidos en cada punto del sistema de alimentación y control del sistema completo para comprobar que tan eficaz y productivo es darle una aplicación en la industria a esa energía. Se logro modelar, parametrizar el ambiente térmico y el sistema de control y censado para mantener el diferencial de temperatura en rangos normales y como resultado se pudo validar la simulación, graficando la curva característica de la celda Peltier y el efecto Seebeck con los datos ingresados analizando cada cambio en el diferencial de temperatura y como afecta al voltaje (V) y a la potencia (W).

ABSTRACT

The use of residual energy produced in industries and more specifically in machine rooms or closed environments, since at present the thermal efficiency in the thermoelectric systems of the industries: vehicular, naval, refineries and construction is approximately fifteen%. Due to the fact that there is no didactic model in the UPS for the approach, mastery and analysis of thermoelectric phenomena such as the Seebeck effect in a simulated thermal environment.

The proposal that arises in this degree work aims to design, simulate and energetically analyze a simulated thermal environment system through the management of the so-called Peltier cells or cells (Seebeck effect) as an auxiliary energy source. Based on the bibliographic study, the parameters are defined to be able to design a simulated thermal environment (STE) that reaches the required temperatures, this includes the study of the physical and mathematical models of thermoelectric system.

The different models of Peltier cells that were found in the bibliographical study are reviewed, the model that meets the characteristics required in a real thermal environment is selected, these characteristics and the temperature values will be restricted to the temperatures that are within a machine room and the ambient temperature outside the machine room.

With these data, the simulated thermal environment and the connections of the Peltier cells are designed, which will simulate, through the use of the PROTEUS software, a control and sensing system so that the equipment maintains a constant temperature and voltage, which will feed under load requirement as a control panel and action lights, with this in order to energetically analyze the simulated thermal environment, where the input temperature values and the values measured at each point of the power supply and control system of the complete system will be recorded to verify how effective and productive is to give an application in the industry to that energy. It was possible to model, parameterize the thermal environment and the control and census system to maintain the temperature differential in normal ranges and as a result the simulation could be validated, plotting the characteristic curve of the Peltier cell and the Seebeck effect with the data entered by analyzing each change in the temperature differential and how it affects the voltage (V) and the power (W).

INDICE DE CONTENIDO

Contenido

INTRODUCCIÓN		1
MARCO TEÓRICO		4
1.1.	ENERGÍA TÉRMICA:	4
1.2.	CALOR Y TEMPERATURA	5
1.3.	TRANSMISIÓN DE CALOR	5
1.3.1.	CONDUCCIÓN	5
1.3.2.	CONVECCIÓN	6
1.3.3.	RADIACIÓN.	7
1.4.	TERMoeLECTRICIDAD	7
1.4.1.	FENÓMENOS TERMOELÉCTRICOS.	8
1.4.2.	EFEECTO SEEBEK.	9
1.4.3.	EFEECTO PELTIER.	12
1.4.4.	EFEECTO THOMPSON.	14
1.5.	RELACIONES KELVIN.	15
1.6.	EFICIENCIA TEG (GENERADOR TERMOELÉCTRICO)	15
1.7.	ESTUDIO DE MATERIALES TERMOELÉCTRICOS	19
1.8.	DISPOSITIVOS DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA	22
1.9.	TERMOCUPLAS Y TERMISTORES.	22
1.10.	CÉLULAS PELTIER	25
1.11.	COEFICIENTE DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN SISTEMA DE CALEFACCIÓN (COP)	27
1.12.	MÓDULOS TERMOELÉCTRICOS	29
1.13.	MODELO DE FUNCIONAMIENTO DE CELDAS PELTIER (EFEECTO SEEBEK)	31

1.14.	APLICACIONES POTENCIALES DE SISTEMAS TERMOELÉCTRICOS	32
1.14.1.	SISTEMA DE INTERCAMBIADOR DE MEDIO ORGÁNICO	33
1.14.2.	SISTEMA TERMOELÉCTRICO EN USO VEHICULAR.....	34
1.14.3.	LM35.....	36
1.14.4.	CARACTERÍSTICA DE FUNCIONAMIENTO	37
1.14.5.	DIAGRAMA DEL LM35.....	37
1.14.6.	ESQUEMAS DE MODELO DE CONEXIÓN DE CELDAS PELTIER ANALIZADOS.....	38
1.14.7.	REPRESENTACIÓN DE CELDA PELTIER PARA CONTROL DE TEMPERATURA	40
1.14.8.	CONTROL DE TEMPERATURA DE UN FRIGORÍFICO USANDO CELDAS PELTIER	41
MARCO METODOLOGICO.....		42
2.0.	DEFINICIÓN DE OBJETIVO	42
2.1.	FUNCIONABILIDAD DEL PROTOTIPO	44
2.2.	DESARROLLO DE SIMULACIÓN.....	44
2.3.	TRANSFORMACIÓN Y ELEVACIÓN DE VOLTAJE.....	47
2.4.	PARAMETRIZACIÓN DE LAS CELDAS PELTIER.....	48
2.5.	CELDAS PELTIER SIMULADAS CON LM35	49
2.6.	RESULTADO DE INVERSIÓN DE VOLTAJE DC/AC	52
2.7.	SISTEMA DE CONTROL.....	53
2.8.	MUESTRA DE RESULTADOS	55
2.9.	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	60
2.10.	MATERIALES.....	62
2.11.	PRESUPUESTO	63
CONCLUSIONES:		63
RECOMENDACIONES:		64

BIBLIGRAFIA:	64
---------------------------	-----------

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Tipos de transferencia de calor	7
Figura 2.- Cadena de contacto que representa el efecto Seebeck.....	10
Figura 3.- Efecto Seebek	11
Figura 4.-Efecto Peltier	12
Figura 5.-Diagrama de funcionamiento del efecto Peltier en un semiconductor.....	13
Figura 6.-Disipador térmico en celdas de refrigeración	14
Figura 7.-Esquemático de un generador térmico simple.....	16
Figura 8.-Dependencia de los portadores de carga en materiales.....	19
Figura 9.- Componentes principales para un sistema de generación termoeléctrica	20
Figura 10.- Factores de mérito (Z) vs Temperatura.....	21
Figura 11.- Termocupla básica	23
Figura 12.-Esquema de conexión de cable compensado y termocupla	24
Figura 13.-Formas de termistores.....	25
Figura 14.-Estructura interna de una celda de Peltier	26
Figura 15.-Esquema de la célula Peltier.....	27
Figura 16.- Celda Peltier CMO3262C.....	28
Figura 17.-Rango de temp. de la celda Peltier CMO.....	29

Figura 18.- Celdas Peltier de Uso General	30
Figura 19.- TEC profundas de enfriamiento.....	30
Figura 20.- Enfriadores Peltier con diseño especial	31
Figura 21.- Eficiencia en W y corriente generada	32
Figura 22.- Esquema de intercambiador de calor de medio orgánico como aplicación del sistema de generación termoeléctrico	34
Figura 23.- Estructura de la pila termoeléctrica, modulo TE e intercambiador de calor (b) balance del calor.....	35
Figura 24.- Sensor LM35 y rango máximo de temperatura	36
Figura 25.- Tensión de alimentación vs temperatura	37
Figura 26.- Diagrama de LM35 (fuente datasheet)	38
Figura 27.- Esquema de conexión de 72 celdas Peltier	39
Figura 28.- Control del LM35 a través del uso de Arduino UNO.....	40
Figura 29.- Diseño de control de temperaturas del lado frio de la celda Peltier	41
Figura 30:Diagrama de flujo de sistema de control de fuente de energía auxiliar	43
Figura 31.- Parametrización de la Celda Peltier	46
Figura 32.- Curva característica de la celda LM35.....	47
Figura 33.-Prueba de generación del efecto Seebek	48
Figura 34.- Escala de voltaje vs temperatura de trabajo.....	48
Figura 35.- Diseño realizado en PROTEUS 8 el cual simula el ambiente confinado con una salida de voltaje.....	50
Figura 36.- Representativo de conexión en serie de las celdas Peltier LM35	51
Figura 37.- Circuito de transformación y elevación de voltaje.....	52

Figura 38.- Conexión de componente irf540n con respecto a la entrada del transformador.....	53
Figura 39.-Sistema de control de temperatura del (STE).....	54
Figura 40.- Vista del comparador de tensión para conexión y desconexión de celdas Peltier	55
Figura 41.- Fuente de voltaje simuladaFigura 42.- Vista del comparador de tensión para conexión y desconexión de celdas Peltier	55
Figura 43.- Fuente de voltaje simulada.....	55
Figura 44.- Fuente de voltaje simuladaFigura 45.- Vista del comparador de tensión para conexión y desconexión de celdas Peltier	55
Figura 46.-Ambiente Térmico Simulado.....	56
Figura 47.-Conexión de transformador usado	57
Figura 50.- Parametrización de transformador 2P3S	57
Figura 51.-Curvas de temperatura y Voltaje del ambiente térmico simulado	59
Figura 52.-Curva de delta temperatura y Potencia generada en (mV) del ambiente térmico simulado.....	59

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1.-Coeficiente termoeléctrico Thomson	14
Ecuación 2.- Relación Coeficiente Seebek y Peltier.....	15
Ecuación 3.- Relación efecto Thomson.....	15
Ecuación 4.- Eficiencia de generador termoeléctrico ideal.....	16
Ecuación 5.- Eficiencia efecto Seebek	16
Ecuación 6.- Ecuación de eficiencia de un generador térmico simple.....	17

Ecuación 7.- Conductividad térmica de materiales N y P térmicamente en paralelo.....	17
Ecuación 8.-: Formula de temperatura media de trabajo	18
Ecuación 9.- Eficiencia del factor de merito.....	18
Ecuación 10.- Factor de mérito adimensional	18
Ecuación 11.- Diferencial de potencial de COP.....	27
Ecuación 12.- Calculo de V1celda Peltier.....	45
Ecuación 13.- Calculo de voltaje-corriente-potencia generada por la celda Peltier	49

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.-Dispositivos de medición de temperatura	22
Tabla 2.- Tabla característica de la celda Peltier modelo: CMO.....	29
Tabla 3.- Visualización de resultados por diferencial de temperaturas en el simulador PROTEUS.....	58

Introducción

Ya que dentro de los cuartos de máquinas que se encuentran en las industrias suelen irradiar temperaturas elevadas ya sean dentro de un cuarto de máquinas o a la intemperie, estas temperaturas son vistas como un desperdicio energético por lo cual, a través del uso de un software y un modelo didácticos, se realizara la simulación del ambiente térmico, la conexión de las celdas Peltier y el circuito eléctrico de control, con esto se podrá analizar la eficiencia energética del circuito termoeléctrico. Este proyecto plantea el diseño de un ambiente térmico por medio de un simulador (software PROTEUS), en donde se pueda convertir la energía calorífica en energía eléctrica, como objeto principal y utilizando el efecto termoeléctrico o “efecto Seebek” que es la producción de corriente por efecto del calor en uno o varios materiales relacionados entre sí, lo cual genera un aumento de temperatura constante obteniendo una salida de voltaje.

Se verifica el voltaje de salida en conjunto con otros dispositivos simulados como: transformadores, relés, breaker de control, modulo e indicadores digitales, con los resultados de la simulación se analiza la eficiencia energética y térmica del sistema simulado.

Planteamiento del problema:

La necesidad de aprovechar la energía térmica desperdiciada por los equipos industriales y usarla como fuente de energía auxiliar es el enfoque en el cual se enmarca la necesidad de buscar nuevas fuentes de energía limpia, por lo cual se ve en la necesidad de implementar un medio amigable, factible, eficiente, renovable. Este proyecto se basa en simular un circuito eléctrico con la ayuda de un software con la posibilidad de poder comprender de mejor manera como trabajan las células Peltier y el efecto Seebeck como medio de transformación de energía calorífica a energía eléctrica, cuáles son las variables de temperatura necesarias para recrear una fuente auxiliar de energía estable y sus posibles variaciones. Bajo este aspecto, se debe de saber que el 92% de la generación de energía del país proviene de las centrales hidráulicas, el 7% de las térmicas y solamente el 1% de fuentes poco convencionales como (eólica, fotovoltaica, biogás, entre otras). Actualmente la eficiencia termoeléctrica de un generador termoeléctrico es de hasta un 15%. [1][2]

Justificación:

El hecho de que no existe un simulador didáctico que facilite el acercamiento y dominio de estos conceptos por parte de los estudiantes de la UPS. Además, no existe una propuesta didáctica similar que permita analizar el efecto Seebeck producido por el fenómeno termoeléctrico y hasta donde los niveles de energía producidos son adecuados y utilizables en un sistema de térmico simulado.

Objetivos:**Objetivo General:**

Realizar el diseño y simulación de un sistema termoeléctrico, utilizando las celdas Peltier y el Efecto Seebeck por medio del Software PROTEUS y analizar la eficiencia energética en el ambiente térmico simulado.

Objetivo Específicos:

- Analizar en la literatura existente los modelos sobre el funcionamiento de las celdas Peltier.
- Modelado y parametrización de las celdas Peltier para el ambiente térmico simulado (STE) utilizando el software PROTEUS.
- Modelado y parametrización del sistema de control y censado de temperatura del ambiente térmico simulado (STE) utilizando el software PROTEUS.
- Simular el ambiente térmico y analizar la eficacia de la potencia generada por el sistema.

MARCO TEÓRICO

En las investigaciones de C. Rubio Ramírez, G. M. Lizarazo, and E. Vera Duarte [10] para la colocación de las celdas Peltier en el campo de la refrigeración, en donde explica el uso de la celda Peltier para de generación de frío en un ambiente cerrado.

El estudio que realiza Sanchez Márquez, Carlos[3] de los diverso componentes termoeléctricos a través de programas de ingeniera como es el caso de Matlab, el cual ayudo poder realizar el modelado y parametrización de las celdas Peltier en PROTEUS, a los resultados de la investigación de la viabilidad del uso de dispositivos termoeléctricos como medio para recuperar energía desperdiciada que realizo Diez García, Sara[2] donde se simula el gradiente térmico y el potencial sobre un módulo termoeléctrico en un programa ANSYS-fluent, en este proyecto se analizara los resultados simulados para comparar la eficiencia energética del ambiente térmico por medio del programa PROTEUS.

1.1. Energía térmica:

La energía térmica, es el calor que se transmite de un cuerpo a otro cuerpo por un diferencial de temperaturas. Esta energía puede desarrollarse de dos maneras, a través de la interacción de los átomos en un cuerpo y por el intercambio de calor con el medio ambiente. [4]. La temperatura constante que mantiene las partículas internas de un cuerpo maneja diferentes energías lo que se traduce en diferentes velocidades, cuando la temperatura aumenta, las partículas del cuerpo se mueven con mayor velocidad (más

energía), y a temperaturas bajas estas partículas se mueven más lentamente (menos energía).

Esta variación de temperatura o cambio de energía térmica se denomina (calor). [5]

1.2. Calor y temperatura

El calor y la temperatura se encuentran estrechamente relacionadas y a su vez contiene diferentes puntos de vista, como primer punto la temperatura se mide básicamente en unidades de grados Celsius ($^{\circ}\text{C}$) Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$) y Kelvin (K), y el calor en unidades de energía, Joules (J), la temperatura es un indicativo del movimiento de los cuerpos que mantienen los átomos o moléculas en un sistema. A nivel molecular, agua en un ambiente caliente tienen mayor energía cinética promedio que las moléculas de agua en un ambiente frío.[6]

1.3. Transmisión de calor

La transmisión de energía térmica se basa en las leyes de la termodinámica, esta transferencia de calor se divide en:

1.3.1. Conducción

La propagación de calor en un material al nivel molecular, produciendo entre las moléculas un choque entre moléculas con mayor actividad contra otras con menor acción,

produciéndose un flujo de calor desde un cuerpo con temperatura mayor hacia otro cuerpo con menor temperatura.[7]

La energía calorífica se obtiene cuando dos cuerpos entran en contacto directo o parte de estos con un cambio de temperatura, esto se origina por la reacción entre dos superficies o caras; una con energía térmica mayor y otra con energía térmica menor, aunque no haya un desplazamiento de moléculas. Estas reacciones al nivel molecular son de gran consideración en los sólidos, pero poco valor en los líquidos y gaseosos, donde por lo general se encuentran mezclados con la convección y es prácticamente oculto por esta acción. [8][9]

1.3.2. Convección

Este tipo de transferencia de calor conocido como conducción superficial, el cual se produce por el tráfico de calor en las superficies de un metal y el fluido, la conducción a través de una delgada membrana entre el fluido y el material a diferentes temperaturas y densidades que están en las superficies de acción. Además en este proceso se produce una relación entre dos temperaturas en una misma superficie, esto crea un cambio de temperatura en el fluido y una diferencia de densidades; esto producirá un movimiento de las partículas a diferentes temperaturas en la superficie.[8]

1.3.3. Radiación.

Los cuerpos irradian calor, este debido a la variación de temperaturas existentes en dichos cuerpos, esta energía se propaga a velocidades cercana a la luz [8], La dispersión de calor del cuerpo al ambiente que rodea y se dispersa puede ser valioso al momento del aumento de temperatura.[9]

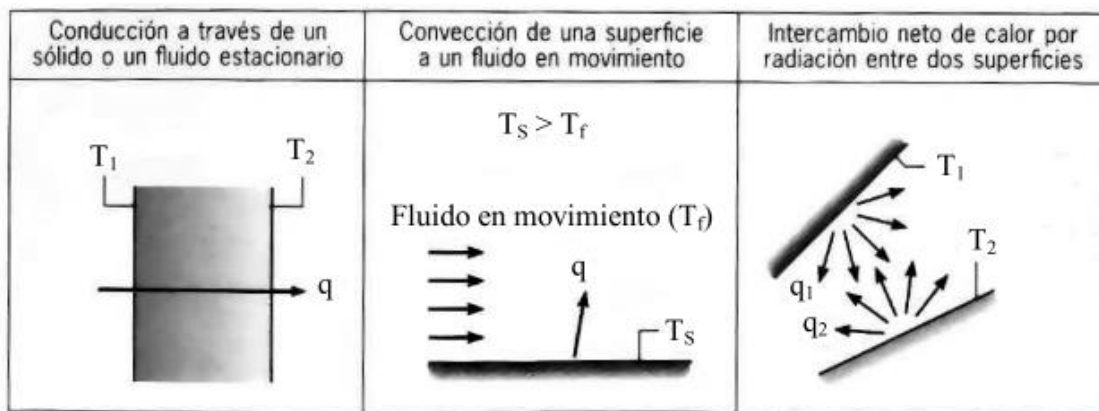


Figura 1.- Tipos de transferencia de calor

Fuente:[9]

1.4. Termoelectricidad

Es la producción de intensidad eléctrica por la acción de aplicar calor en uno o varios materiales que se conectan entre sí, la termoelectricidad se representa por una curva que relaciona el diferencial de temperatura y el voltaje o corriente producida en un circuito abierto o con carga, es en este caso que aparecen ciertos efectos reversibles, pero solo el efecto Seebeck es el que puede generar una salida de corriente en un módulo termoelectrico. [10]

1.4.1. Fenómenos termoeléctricos

El hallazgo de los fenómenos termoeléctricos y la investigación de nuevas opciones de generación de energía, ha iniciado un avance continuo en el mejoramiento de la eficacia de la energía termoeléctrica en los últimos años. Este efecto dependiendo de la forma en que se enfoque tiene varias aristas para su aceptación. El uso de varios fenotipos ayuda en el aumento de la eficiencia en sistemas que desaprovechan el calor y el utilizar los semiconductores para el desarrollo de intercambiadores de calor de bajo costo y poco mantenimiento, para el caso de que se requiera la construcción de un sistema de refrigeración. [11]

El efecto se basa en el cambio directo del diferencial de temperatura ΔT a un voltaje eléctrico y viceversa. Un componente termoeléctrico produce una tensión cuando existe un diferencial de temperatura en cada lado del objeto. Al contrario, de cuando se le inyecta una tensión al módulo, crea una ΔT (conocido como efecto Peltier). Esto en niveles atómicos, produce que se genere un gradiente de temperatura que origina electrones y huecos en el material, si existen espacios o electrones, para propagar desde el punto caliente al punto frío, igual a un gas natural que se expande cuando se calienta; como resultado, la corriente se ve inducida termalmente. Este efecto es utilizado ampliamente para la generación de electricidad, medición de temperatura, el enfriamiento o calentamiento de objetos a través de controladores específicos[11].

Dentro de los fenómenos termoeléctricos se generan 3 efectos reversibles:

- Efecto Seebek
- Efecto Peltier
- Efecto Thompson

También se pueden mencionar otros efectos que aparecen en los fenómenos termoeléctricos:

- Efecto Joule
- Efecto Fourier

1.4.2. Efecto Seebek.

El primer efecto que aparece en el módulo termoeléctrico es conocido como el efecto Seebeck el cual fue descubierto en 1821 por Thomas Seebeck¹, el cual durante la experimentación con dos materiales conectados en cadena, observo que al calentar la unión de dos metales de diferentes aleaciones se produce un diferencial de voltaje entre los extremos libres, el cual es proporcional a la temperatura a la que se encuentran dichos metales; esto permite convertir directamente una diferencia de temperaturas en energía eléctrica. [2]

En este efecto producido, también ingresa un efecto el Volta descubierto en el 1780. Este efecto nos indica que al entrar en contacto dos conductores metálicos se origina una fuerza electromotriz (fem). Esta fem se origina por los átomos de electrones que

contienen los metales con mayor densidad electrónica. Estos electrones están sometidos a una presión que los dirige al metal de menor densidad electrónica, dando lugar a una intensidad que se dirige de un metal de menor densidad a otro de mayor densidad. [2]

Este efecto justifica por qué se debe de poner en contacto una serie de conductores metálicos para producir en cada unión una fem ya que si la cadena está cerrada y en equilibrio térmico la fem es nula, al contrario de que al existir un gradiente térmico en la cadena aparecerá el efecto Seebeck en cada unión. [2]

Es el cambio de temperatura directamente a energía eléctrica. Seebeck tuvo el primer indicio del fenómeno al notar como la aguja de una brújula cambiaba su punto de equilibrio cuando se armaba un circuito o bucle cerrado entre dos metales acoplados en dos posiciones con una diferencia de temperatura entre las juntas como se puede ver en la siguiente *figura (2)*. [2]

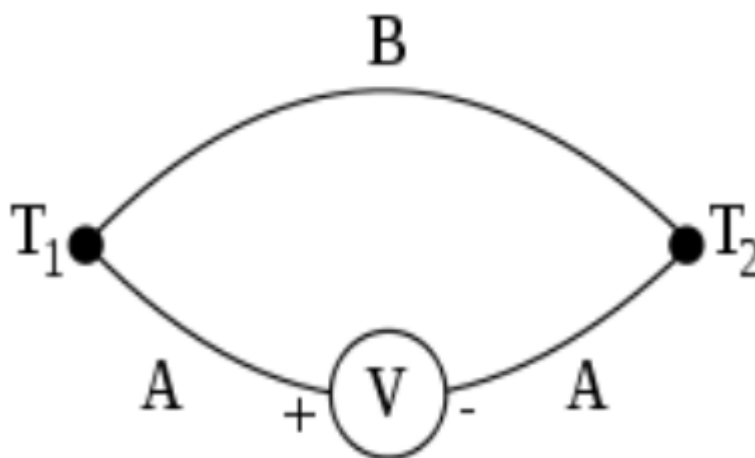


Figura 2.- Cadena de contacto que representa el efecto Seebeck.

Fuente:[11]

El efecto Seebeck es utilizado comúnmente en dispositivos llamados termocuplas (fabricados de dos materiales, por lo general de metales) con el objetivo de censar una diferencia de temperatura o para registrar una temperatura absoluta ubicando una parte a una temperatura conocida. La explicación de este efecto es la difusión de los portadores de carga (electrones) y el arrastre de los fotones. Dichas partículas se dispersarán cuando el extremo de uno de los conductores tenga un diferencial de temperatura con respecto al otro conductor. [3][2]

La relación existente entre el diferencial de potencial generado y la diferencia de temperatura o (coeficiente Seebeck absoluto) del material se lo conoce como potencia termoeléctrica (V/K). Este coeficiente da a conocer la fuerza con la que este material acumula los portadores de carga antes mencionados hacia el extremo frío en la *figura 3*, los conductores que se encuentra mostrados están enlazados eléctricamente en serie y térmicamente en paralelo. [2]

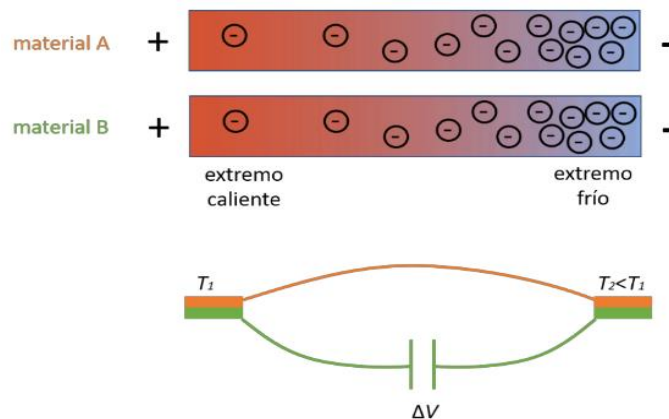


Figura 3.- Efecto Seebeck

Fuente:[2]

1.4.3. Efecto Peltier.

Consiste en el paso de corriente a través de dos diferentes materiales en un circuito compuesto, donde sus uniones están a la misma temperatura. Se producen dos etapas en la celda la primera etapa un lado tiene ganancia de energía calorífica, mientras que en el otro lado se refleja una pérdida de energía calorífica, esto se traduce en que la parte fría tiene una temperatura aproximada de 25°C y la parte que absorbe calor alcanza rápidamente a 80°C . [12]

Para entender el por qué en el efecto Peltier produce que un área del módulo termoeléctrico enfrié se deberá de comprender de forma análoga a un gas ideal, ya que los electrones en al cruzar de una región de densidad electrónica mayor a una de menor densidad esta se expande y por lo tanto se enfría la unión como se observa en la *figura 4 y 5*. El movimiento de los electrones en la material tipo-N es en sentido contrario al movimiento de los electrones del material tipo-P ya que este último se mueve en dirección a la corriente, en ambas condiciones extrayendo el calor del dispositivo. [13][11]

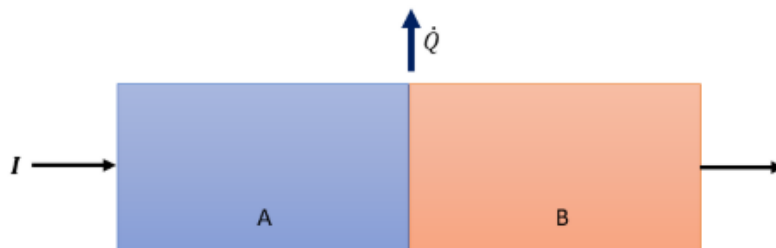


Figura 4.-Efecto Peltier
Fuente:[11]

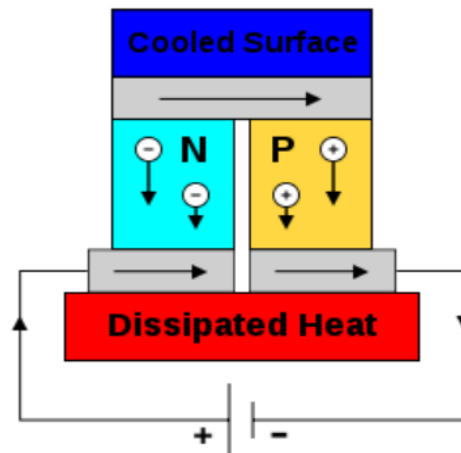


Figura 5.-Diagrama de funcionamiento del efecto Peltier en un semiconductor

Fuente:[11]

Debido a que el movimiento de los electrones aumenta por la energía eléctrica suministrada al conductor también aumenta la cantidad de calor que deberá de disipar, provocando que consuma más energía. Debido al hecho de que la distribución electrónica de los materiales (metálicos) es similar, la caída de tensión en los contactos es muy bajas ya que están en el orden de los 100 mV, por lo tanto el intercambio de energía por medio del efecto Peltier es bajo. [14]

El efecto Peltier es utilizado en refrigeración de componentes electrónicos y frigoríficos para mantener la temperatura interior fría y la exterior caliente.[2][11]. Este efecto se produce por una fuente externa o por la reacción de un termopar, el calor Peltier se mide aplicando una corriente y una temperatura específica en una unión de dos piezas distintas.[10]

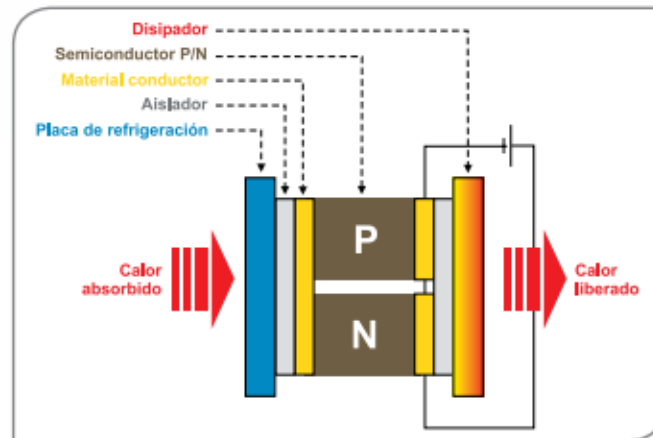


Figura 6.-Disipador térmico en celdas de refrigeración
Fuente:[14]

1.4.4. Efecto Thompson

Este efecto fue experimentado y analizado por William Thomson en 1851, y describe que como es el cambio de temperatura en un conductor, algún conductor portador de corriente con delta T en ambos puntos, absorberá o irradiará calor según el tipo de material con el que se haya fabricado el conductor. [11]

En la ecuación mostrada se observa el único de los tres coeficientes principales termoeléctricos medibles, el coeficiente Thomson.[11]

$$\text{Formula: } q = \rho J^2 - \mu J \frac{dT}{dx}$$

Ecuación 1.-Coeficiente termoeléctrico Thomson

Fuente:[11]

Donde: ρ es la resistividad del material, $\frac{dT}{dx}$ es la gradiente de temperatura, μ es el coeficiente del Thompson.

1.5. Relaciones Kelvin

Esta relación se basa en que el coeficiente Seebeck es la combinación del efecto Peltier y el efecto Thomson, el coeficiente Seebeck y el Peltier se unifican en esta fórmula.

$$1er\ RELACI\acute{O}N \approx \Pi^{AB} = T\Sigma^{AB}$$

Ecuación 2.- Relación Coeficiente Seebeck y Peltier

Fuente:[2]

Y con el efecto Thomson en la siguiente expresión:

$$2da\ RELACI\acute{O}N \approx \gamma^A - \gamma^B = T \frac{\partial \Sigma^{AB}}{\partial T}$$

Ecuación 3.- Relación efecto Thomson

Fuente:[2]

Para el presente trabajo nos basaremos en el efecto Seebeck y la generación de energía eléctrica a través del ΔT .

1.6. Eficiencia TEG (Generador termoeléctrico)

Un generador termoeléctrico es una máquina de calor, por lo tanto, obedece a las leyes de la termodinámica. Si el generador se comporta como un generador ideal, donde no existe pérdida de calor, la eficiencia se calcula con la siguiente expresión[15]:

$$\phi = \frac{\text{energía eléctrica obtenida}}{\text{calor absorbido}}$$

Ecuación 4.- Eficiencia de generador termoeléctrico ideal

Fuente:[15]

Para el estudio del efecto Seebeck, se considerará un generador simple formando un material tipo N y otro tipo P, conectados eléctricamente en serie y térmicamente en paralelo como se muestra en la **figura 7**. [2]

$$\phi = \frac{I^2 R}{\dot{Q}}$$

Ecuación 5.- Eficiencia efecto Seebeck

Fuente:[2]

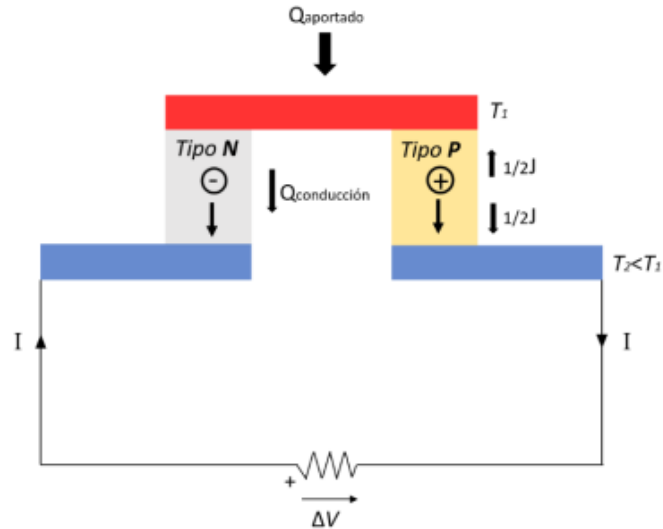


Figura 7.-Esquemático de un generador térmico simple

Fuente:[2]

Para el cálculo del calor absorbido se toma en cuenta estos factores[2]:

- El flujo de calor absorbido por el efecto Seebeck[2]: αIT_H
- El flujo de calor por conducción[2]: $k\Delta T = k(T_H - T_C)$
- El flujo de calor disipado por el efecto Joule[2]: $-\frac{1}{2}I^2R$

$$\phi = \frac{I^2R}{\alpha IT_H + k(T_H - T_C) - \frac{1}{2}I^2R}$$

Ecuación 6.- Ecuación de eficiencia de un generador térmico simple

Fuente:[2]

Donde el α es el coeficiente Seebeck, k es la conductividad térmica de los materiales N y P, en paralelo, I la corriente que circula por el generador, y las temperaturas calientes y frío de los extremos correspondientes T_H y T_C , R y la resistencia conectada en serie de los materiales N y P. La conductividad conectada entre N y P térmicamente en paralelo es[2].

$$\rho k = \left(\sqrt{\frac{k_A}{\sigma_A}} + \sqrt{\frac{k_B}{\sigma_B}} \right)^2$$

Ecuación 7.- Conductividad térmica de materiales N y P térmicamente en paralelo

Fuente:[2]

Al simplificar esta fórmula basados en los materiales termoeléctricos, se toman las temperaturas medias de trabajo[2]:

$$\bar{T} = \frac{T_H - T_C}{2}$$

Ecuación 8.-: Formula de temperatura media de trabajo

Fuente:[2]

Al incluir a esta formula $\bar{T} = \frac{T_H - T_C}{2}$ la ley de Ohm ($V=I \cdot R$), el diferencial de potencial y el diferencial de temperatura, cotejando con el rendimiento de Carnot, el factor de mérito, donde σ es la conductividad eléctrica (S/m), ρ la resistencia eléctrica (Ωm), k la conductividad eléctrica (W/m K), la nueva ecuación es la siguiente[2]:

$$\Phi = -\eta_c \frac{\sqrt{1 + Z\bar{T}} - 1}{\sqrt{1 + Z\bar{T} + \frac{T_C}{T_H}}}$$

Ecuación 9.- Eficiencia del factor de merito

Fuente:[2]

El factor Z tiene una unidad K^{-1} , por lo que se suele adimensional multiplicando por la T y se denomina *factor de mérito adimensional*[2]:

$$ZT = \frac{\alpha^2 \sigma T}{k} = \frac{\alpha^2 T}{k_\rho}$$

Ecuación 10.- Factor de mérito adimensional

Fuente:[2]

El factor $\alpha^2 T$ esta relacionada con la potencia eléctrica y k esta relacionada con la potencia térmica. Con esto se puede afirmar que al aumentar la diferencia de temperatura entre los extremos calientes y fríos, obtendrás mayor eficiencia , y como resultado mayor energía eléctrica.[2][15]

1.7. Estudio de materiales termoeléctricos

El phonon glass electron-crystal, son los materiales termoeléctricos esto significa que los materiales deben tener muy baja conductividad térmica como el vidrio, y alta conductividad eléctrica como el cristal. Debido a los avances de la ciencia y tecnología se logrará tener materiales más eficientes para que mejoren la eficiencia de los generadores termoeléctricos.[16]

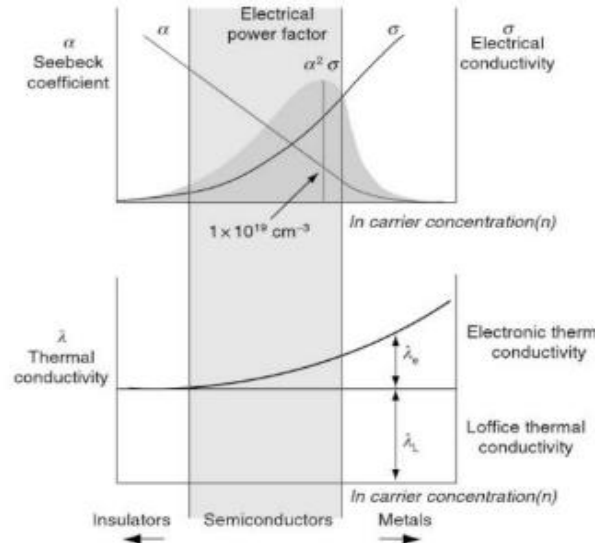


Figura 8.-Dependencia de los portadores de carga en materiales

Fuente:[15]

Los componentes de que se observan en la *figura 9*, constituyen al sistema de generación termoeléctrico básico (TEG).[16]

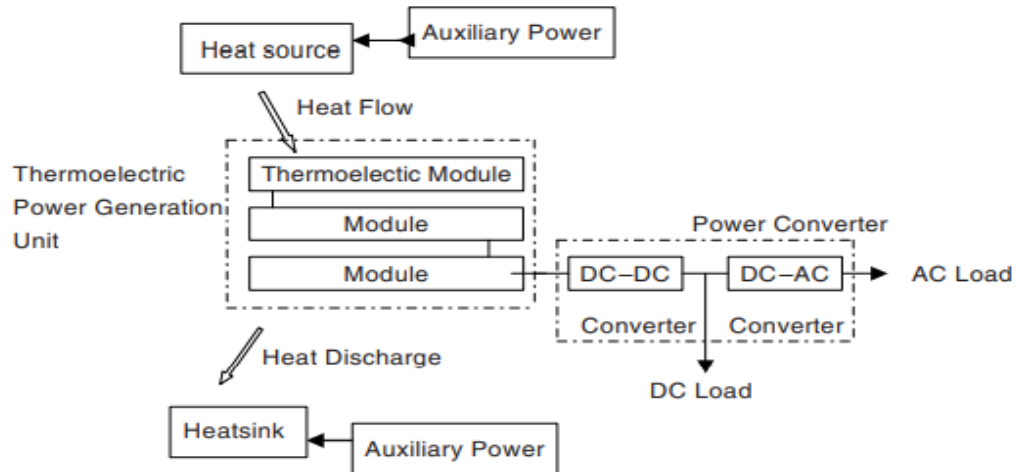


Figura 9.- Componentes principales para un sistema de generación termoeléctrica

Fuente:[16]

Para el estudio de los materiales termoeléctricos, se deberá de revisar las características de los metales, los metales poseen un alto índice de conductividad eléctrica, mientras que los aislantes no poseen conductividad eléctrica, debido a su estructura atómica. Debido a esto los mejores conductores de calor son los metales.[16]

El óptimo factor de mérito ZT indican el nivel de dopaje que tiene un material semiconductor para que este funcione como conductor o aislante, es por esta razón que los investigadores buscan todo los días nuevas aplicaciones para los semiconductores en las aplicaciones termoeléctricas.[16]

Los semiconductores apropiados para trabajarlos como material termoeléctrico se dividen en los siguientes grupos:

- **Baja temperatura:** Trabajan en un promedio de 450K, y son de aleación de bismuto (Bi), telurio (Te), selenio (Se), antimonio (Sb).
- **Media temperatura:** Pueden trabajar a los 850K, y su aleación es de plomo (Pb).
- **Alta temperatura:** Trabajan a temperaturas de 1300K y son de aleación de SiGe.

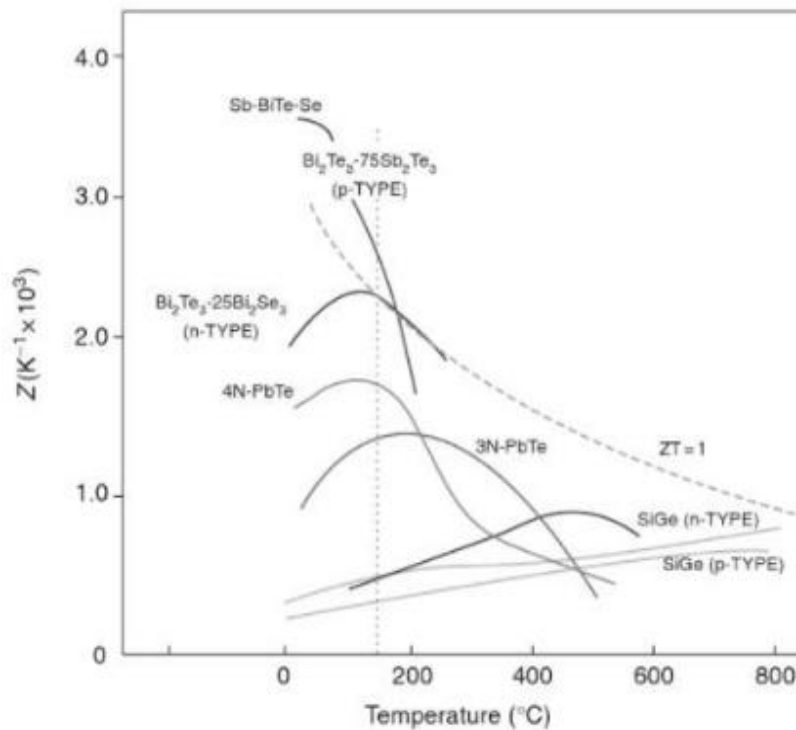


Figura 10.- Factores de mérito (Z) vs Temperatura

Fuente:[2]

1.8. Dispositivos de medición de temperatura

En la actualidad hay distintas formas de medir la temperatura con todo tipo de dispositivo de diferente naturaleza, el trabajo de los ingenieros en el proceso de control ha perfeccionado e innovado al momento de crear dispositivos como sensores y termoresistores que ayuden a controlar las variaciones de temperatura en todo proceso industrial, en la siguiente *Tabla 1* se observa una variedad de dispositivos para la medición de temperatura.

Eléctricos	Mecánico	Radiación térmica	Varios
Termocuplas	Sistema de dilatación	Pirómetros de radiación	Sondas neumáticas
Termorresistencias	Termómetros de vidrio con líquido	Termómetros infrarrojos	Termómetros acústicos
Termistores	Termómetros bimetalicos		Cristales líquidos
Diodos			Sensores fluidicos
Sensores de silicio			Indicadores de luminiscencia

Tabla 1.-Dispositivos de medición de temperatura

Fuente:[17]

1.9. Termocuplas y termistores

Las termocuplas, son dispositivos detectores de temperatura o resistencias termoeléctricas las cuales manejan un rango de temperatura de -200 a 2800°C, estos sensores son los más comunes en la industria, se basa en dos alambres de diferente

material unidos en un extremo en común, al momento de aplicarle temperatura producen una salida de voltaje muy bajo en el rango de mV. [17]

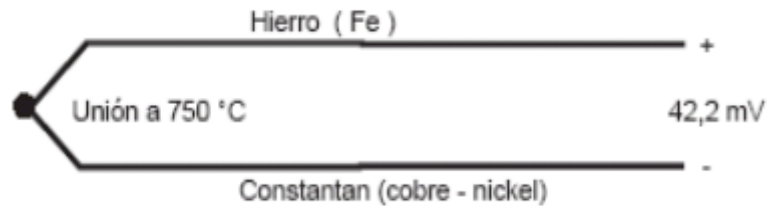


Figura 11.- Termocupla básica

Fuente:[17]

Estos componentes por lo general son encapsulados, para proteger los de ambientes hostiles (humedad, ambientes salinos, etc.) muy usados en los procesos industriales como medio de control, por ejemplo, suele usar termocuplas de acero inoxidable como medio del encapsulado, tal sea el caso que en uno de sus extremos. Según la separación de los componentes internos de la termocupla que son los encargados de manipular de manera muy limitada la señal de los transductores al igual que se debe de usar cables espaciales para transportar la señal medida por este dispositivo la cual permitirá que no cambie de manera más fácil los valores de análisis de señal. Dentro de este tipo componentes también viene el costo de fabricación de los mismo un termopar hecho de Platino tendrá una mayor captación de temperatura y menores errores de lectura per su costo es mayor, por lo cual se trabaja en la amplitud de medición de las termocuplas con materiales más económicos. [17]

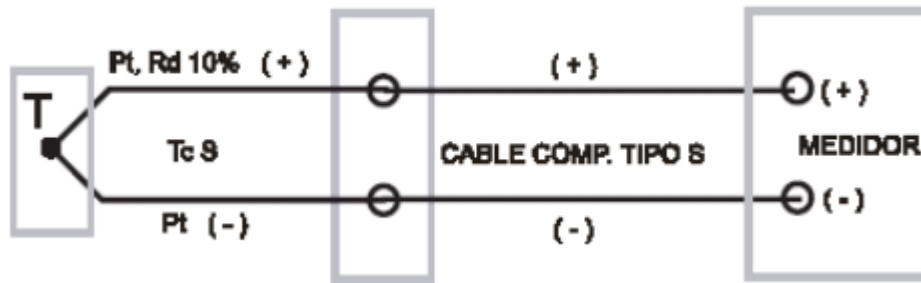
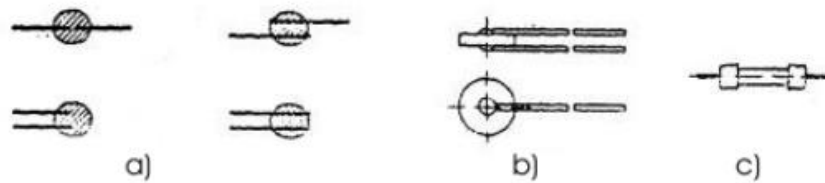


Figura 12.-Esquema de conexión de cable compensado y termocupla

Fuente:[17]

Existen en el mercado aproximadamente; siete tipos de termocuplas. Los termistores básicamente funcionan con el mismo principio antes explicado en las termocuplas, pero los termistores trabajan a un rango de -195 a 450°C . Los termistores sirven tanto para la medición o detección de temperaturas en gases, líquidos o sólidos.[17]

Los termistores son particularmente útiles para medir valores bajos de temperatura precisamente por los grandes cambios de resistencia que manejan los termo-reactivos; por ejemplo, la resistencia típica de este componente varía $156\ \text{ohm}$ de 0°C a 1°C , mientras los que usan como material el platino varía tan sólo $0,385\ \text{ohm}$. Este valor de resistencia alto de los termistores no sólo hace aumentar la sensibilidad, posibilitando la medición de valores muy bajos de temperatura, sino también permite la conexión bifilar. La resistencia del hilo de conexión y las consecuencias de la temperatura ambiente son imperceptibles si se los equipara con la resistencia del termistor y las variaciones de resistencia. [17].



Formas constructivas de termistores NTC a. Tipo glóbulo con diferentes tipos de terminales - b. Tipo disco - c. Tipo barra .

Figura 13.-Formas de termistores

Fuente:[17]

1.10. Células Peltier

Por medio de los artículos investigativos se impulsa el estudio de estos dispositivos o células termoeléctricas que producen un determinado voltaje de salida a partir del censado de la variación de temperatura externa o diferencial de temperatura. Este funcionamiento se basa en los estudios del efecto Seebeck, efecto Thomson y el efecto Peltier.[13].

El efecto Peltier se da en todo momento en la naturaleza cuando circula una corriente a través de un semiconductor y ésta genera un ΔT en sus dos caras. Una celda Peltier está conformada por un arreglo de materiales tipo P y tipo N en un arreglo similar al mostrado en la *figura 14*.



Figura 14.-Estructura interna de una celda de Peltier

Fuente:[11]

Las células Peltier son módulos que están compuestos por materiales semiconductores colocados uno encima de una cerámica. Una celda tiene una serie de semiconductores de conectados entre si a un metal conductor, donde se puede apreciar de mejor manera la conversión de energía térmica a eléctrica o viceversa. [18]

Al aplicar corriente continua a una celda Peltier, los electrones se mueven a través de los semiconductores *figura 15*. Cuando un electrón pasa por el material tipo-P a uno tipo-N, este pasa de un nivel energético inferior a un nivel energético superior, luego este absorbe la energía y por tanto también el calor. Esta energía es depositada en el lado contrario de la celda donde se lleva a cabo la disipación del calor, este ciclo se repite en los demás semiconductores. Así mismo el cambio del sentido de la corriente, también produce el cambio en el movimiento de los electrones entre los materiales. [18]

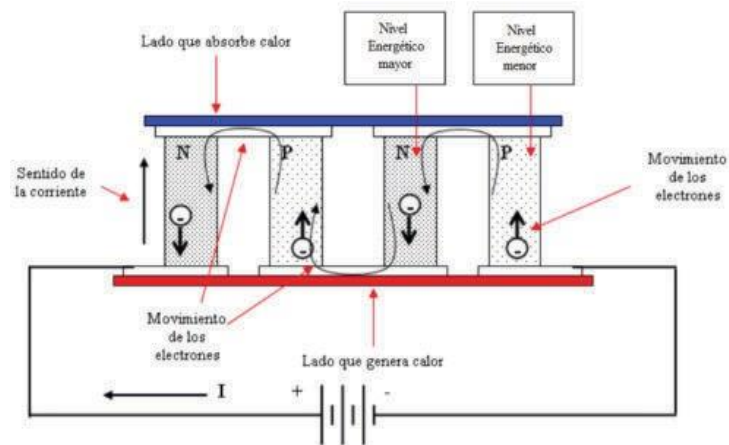


Figura 15.-Esquema de la célula Peltier

Fuente:[18]

Por otro lado, para obtener un mejor la eficiencia del efecto Peltier es necesario el empleo de materiales semiconductores. Un semiconductor es un compuesto tetravalente, es decir que no posee electrones libres en su configuración electrónica, pero cuando se dopa con impurezas al material este puede cambiar de tipo-P a tipo-n según sea requerido en el sistema.[18]

1.11. Coeficiente de eficiencia energética en sistema de calefacción (COP)

Esto es el resultante entre el potencial de calefacción y la potencia eléctrica absorbida en unas condiciones específicas de temperatura con el valor a plena carga. [19]

$$\Delta V = S \Delta T$$

Ecuación 11.- Diferencial de potencial de COP

Fuente:[19]

Donde: (ΔV) diferencial de potencial, S coeficiente de Seebeck, ΔT diferencial de temp. Entre T_1 y T_2 . A estos módulos de generación termoeléctricas se les aplica una rampa de temperatura y este me produce energía eléctrica, estos módulos soportan altas temperaturas de hasta 300°C y son construidos con materiales como el Telurio y Bismuto lo cual encarece al producto.

Los módulos termoeléctricos tipo Peltier de la serie CMO son los más comerciales y más baratos en comparación a un módulo Seebeck, estos últimos no son muy conocidos ya que su uso es limitado, así como su fabricación y los materiales usados son mucho más caros en comparación a los módulos Peltier los cuales soportan hasta temperaturas de 850°C en su Th.[20]

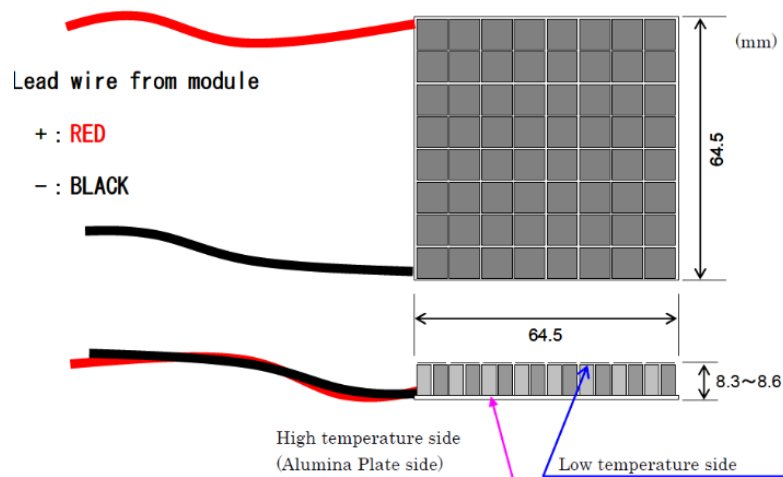


Figura 16.- Celda Peltier CMO3262C

Fuente:[20]

HOT SITE(T°C)	COLD SITE(T°C)	DELTA (T°C)	Ω	OV	V	I	W
300	50	250					
400	50	350	2.9	5.1	2.55	0.88	2.24
500	50	450	3.08	6.8	3.4	1.1	3.75
600	50	550	3.16	8.32	4.16	1.32	5.49
700	50	650	3.26	10.26	5.13	1.57	8.07
800	50	750	3.38	12.8	6.4	1.92	12.3

Tabla 2.- Tabla característica de la celda Peltier modelo: CMO

Fuente:[20]

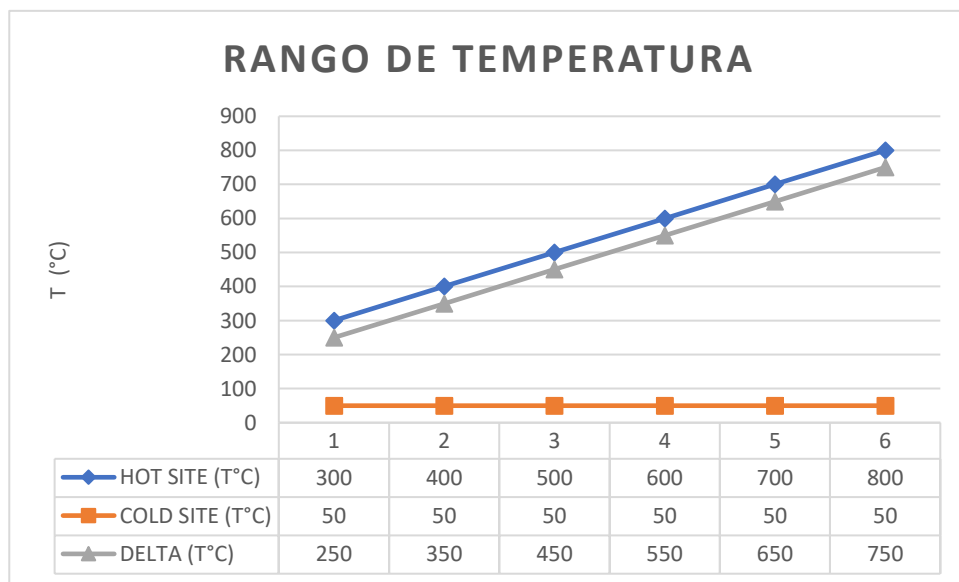


Figura 17.-Rango de temp. de la celda Peltier CMO

Fuente:[20]

1.12. Módulos termoelectrónicos

En la actualidad, las industrias se fabrican una amplia gama de módulos termoelectrónicos, los tamaños de estos dispositivos van desde los mini-módulos con huellas de 4mm x 4mm para módulos grandes, de alta potencia con corrientes máximas (I_{max}) con niveles

de hasta 36 amperios, este valor de corriente varía de acuerdo al fabricante, para esta explicación se toma Ferrotec Corp. Como uno de ellos fabricantes de celdas Peltier.[21]

Hay tres módulos termoelectricos bastante usados para aplicaciones en las telecomunicaciones, sistema de refrigeración y sistema de potencia, entre otros.[21]



Figura 18.- Celdas Peltier de Uso General

Fuente:[21]



Figura 19.- TEC profundas de enfriamiento

Fuente: [21]



Figura 20.- Enfriadores Peltier con diseño especial

Fuente:[21]

1.13. Modelo de funcionamiento de Celdas Peltier (Efecto Seebeck)

El modelado de las celdas Peltier para representar el efecto Seebeck se lo puede realizar en función de temporal o en función de transferencia, el coeficiente de eficiencia térmica de estos módulos termoeléctricos están sujetos a cambio de acuerdo a su aplicación, en modo calefacción se define como el cociente entre energía y trabajo útil basándonos en la idea que es una máquina y la energía o trabajo externo que se necesita para que funcione, Debido a que las máquinas térmicas no son ideales, los valores del coeficiente son cercanos a uno y sirven de guía para poder tener idea del funcionamiento óptimo de una máquina y este valor indica que tan eficiente es la máquina. [19]

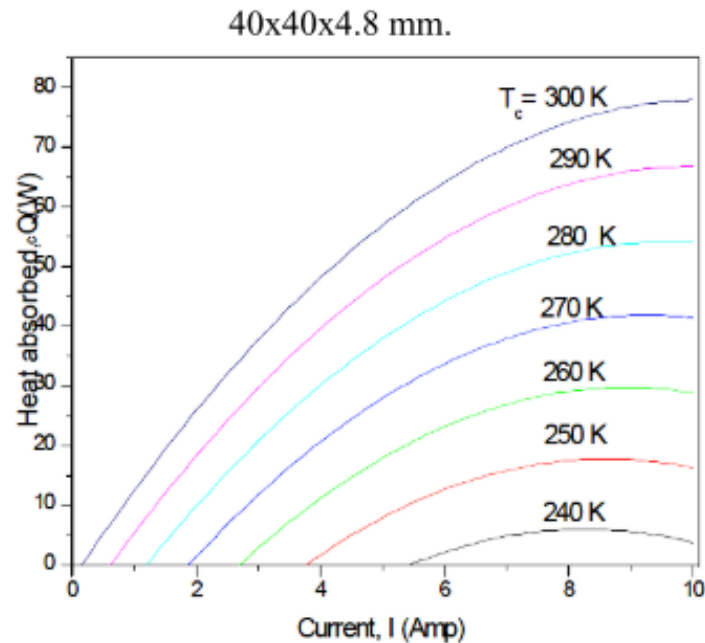


Figura 21.- Eficiencia en W y corriente generada

Fuente:[21]

1.14. Aplicaciones potenciales de sistemas termoelectricos

Una gran parte de los recursos energéticos se han consumido como energía térmica y después de su utilización, con una eficiencia media de 30 al 35%, la mayor parte de esta energía es rechazada a la atmosfera, rio o el océano en forma de calor. Las tecnologías existentes para el uso eficiente de la energía y la recuperación de la energía residual casi han llegado a su límite, por lo que se requiere con urgencia el desarrollo de tecnologías innovadoras para diversos campos de la tecnología energética, como la conversión de energía, el almacenamiento y la transmisión de energía, y la utilización de energía sin explotar.

Se considera que los principales sectores de utilización de calor deben mejorarse en el sistema energético general: utilización de calor del proceso industrial, sistema de cogeneración y el calor residual del sector del transporte y los residuos sólidos municipales.

1.14.1. Sistema de intercambiador de medio orgánico

Para este tipo de sistema, el calor del gas de combustión o el calor residual se transfiere a un módulo termoeléctrico a través de un fluido de trabajo orgánico utilizando un intercambiador de calor que recupera el calor residual como se muestra en la figura. El intercambiador de calor seleccionado puede ser un intercambiador de calor de tipo coraza y tubos o de coraza y placas de medio gas a líquido. [16]

El líquido seleccionado como material orgánico es el diphenyl y el diphenyl ether, estos combustibles trabajan a temperaturas menores a 630 K, debajo de la presión atmosférica su manipulación debe ser cuidadosa ya que se evaporan un poco y son ligeramente inflamables. Se llevó a cabo un experimento en una termoeléctrica de 500 W utilizando un incinerador en funcionamiento que procesa 500 ton/día en Yokohama, donde se observó que su eficiencia térmica a la entrada del líquido y a la salida del líquido con temperaturas de entrada del 534 K y 520K a la salida con un flujo medido de 37.5 l/min, la máxima potencia fue de 640W, la eficiencia energética basada en el flujo de calor y el fluido es de 3.0%. [16]

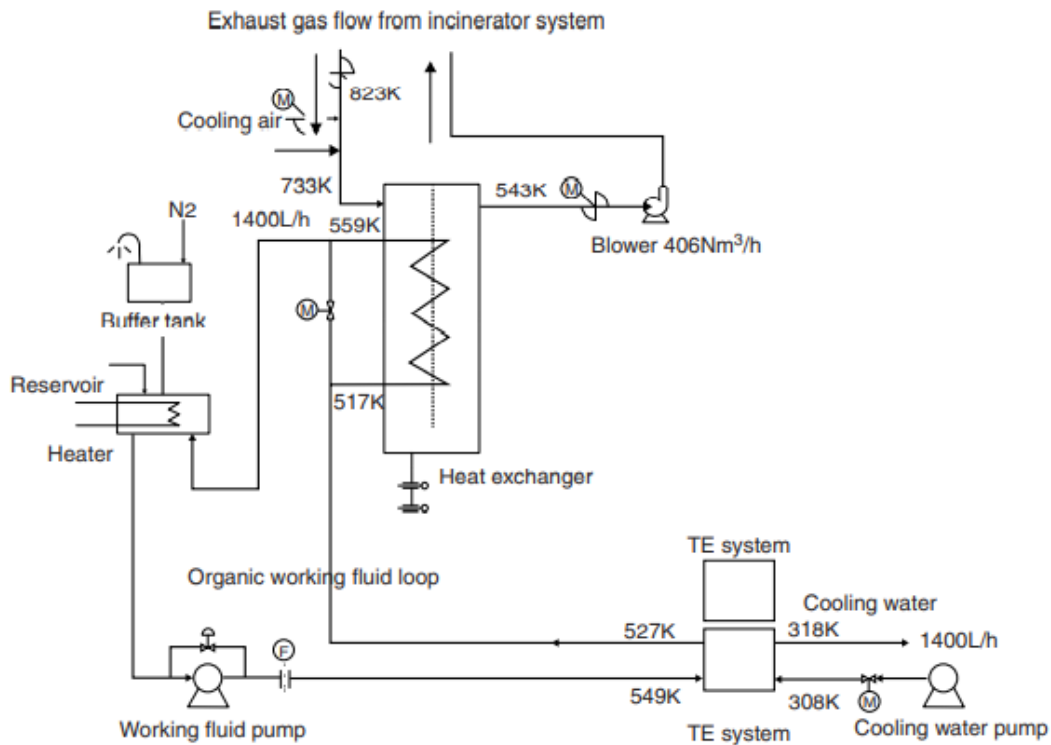


Figura 22.- Esquema de intercambiador de calor de medio orgánico como aplicación del sistema de generación termoeléctrico

Fuente:[16]

1.14.2. Sistema termoeléctrico en uso vehicular

Una regla bien conocida de balance de energía en motores de combustión interna es la siguiente. la potencia disponible para la conducción del vehículo es de un mil como máximo; los dos tercios restantes se desprenden aproximadamente por igual como calor residual en la corriente de escape y calor latente en el sistema de refrigeración.[16]

Por ejemplo, para un motor típico de 100 hp que genera 75kW en términos de energía eléctrica, aproximadamente 50kW se generan como energía térmica residual. Evidentemente, incluso si solo se puede recuperar una pequeña fracción de esto, se podría generar una cantidad sustancial de energía eléctrica.[16]

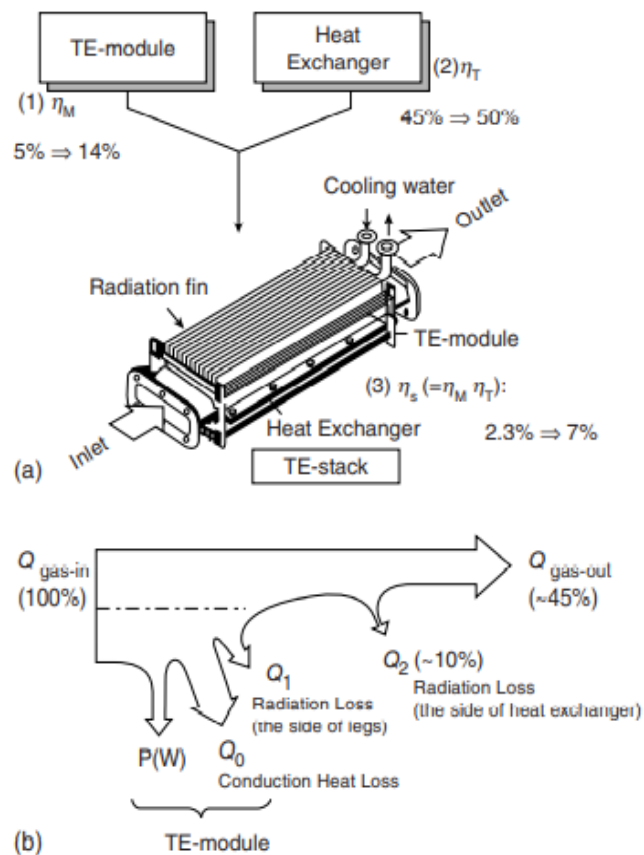


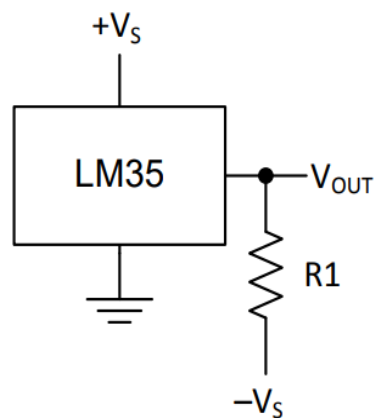
Figura 23.- Estructura de la pila termoeléctrica, modulo TE e intercambiador de calor (b) balance del calor

Fuente:[16]

1.14.3. LM35

El LM35 es un dispositivo electrónico el cual tiene como función el censado de la energía térmica a través de la generación de voltaje usando la energía térmica como fuente de generación, la relación temperatura vs voltaje es de 1 milivoltio por cada grado centígrado.[22]

Las funciones operativas de este sensor tienen un rango de 4 a 30 V en corriente continua, además tiene un rango de temperatura de -55 a 150°C , la representación esquemática del sistema para un LM35 es la presentada a continuación:



$$\text{Choose } R_1 = -V_S / 50 \mu\text{A}$$

$$V_{\text{OUT}} = 1500 \text{ mV at } 150^{\circ}\text{C}$$

$$V_{\text{OUT}} = 250 \text{ mV at } 25^{\circ}\text{C}$$

$$V_{\text{OUT}} = -550 \text{ mV at } -55^{\circ}\text{C}$$

Figura 24.- Sensor LM35 y rango máximo de temperatura

Fuente:[22]

1.14.4. Característica de funcionamiento

Mediante el estudio del LM35 podemos observar el comportamiento que tiene este con respecto a la temperatura, voltaje, corriente, ya que al ser un sistema dependiente de la temperatura para la generación de voltaje se puede obtener las gráficas de su funcionamiento.[22]

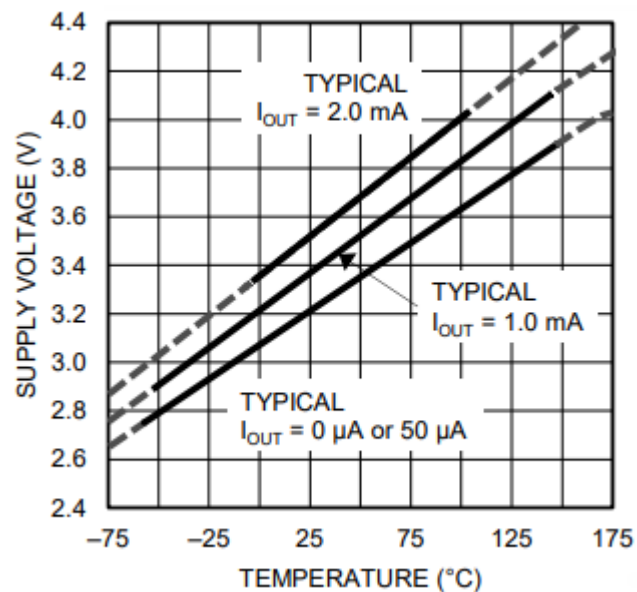


Figura 25.- Tensión de alimentación vs temperatura

Fuente:[22]

1.14.5. Diagrama del LM35

Como en todo dispositivo eléctrico o electrónico, el LM35 posee una configuración representativa de su modelo, la cual está representada por el siguiente circuito:

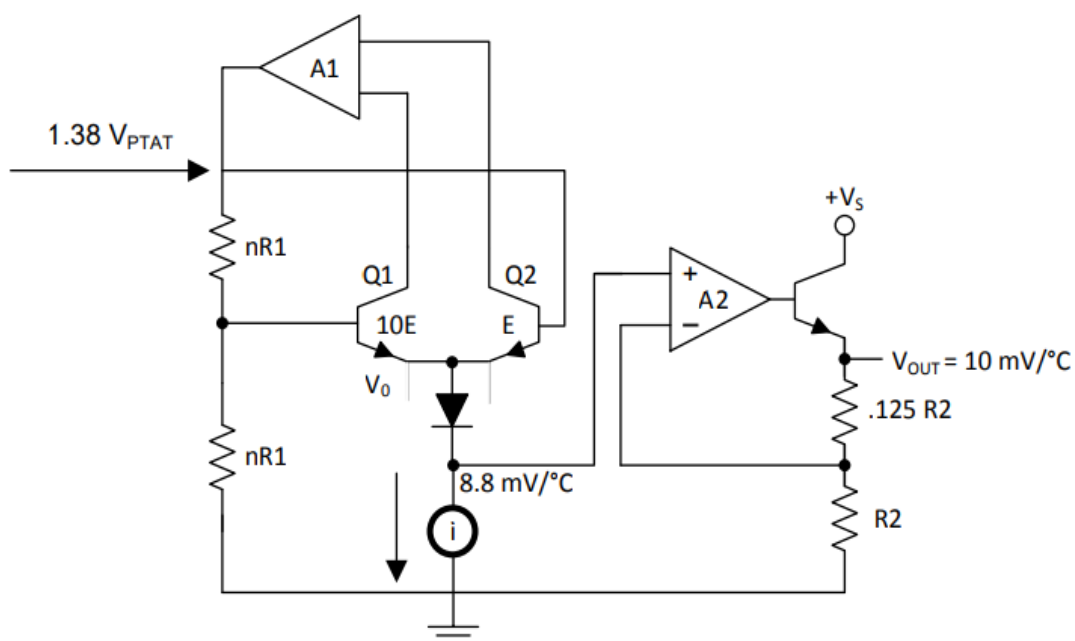


Figura 26.- Diagrama de LM35 (fuente datasheet)

Fuente:[22]

1.14.6. Esquemas de modelo de conexión de celdas Peltier analizados

Para realizar el esquemático de simulación se realiza una investigación donde se encuentran diferentes modelos con sus especificaciones los cuales ofrecen una orientación al momento de realizar un diseño autónomo, estos diseños son:

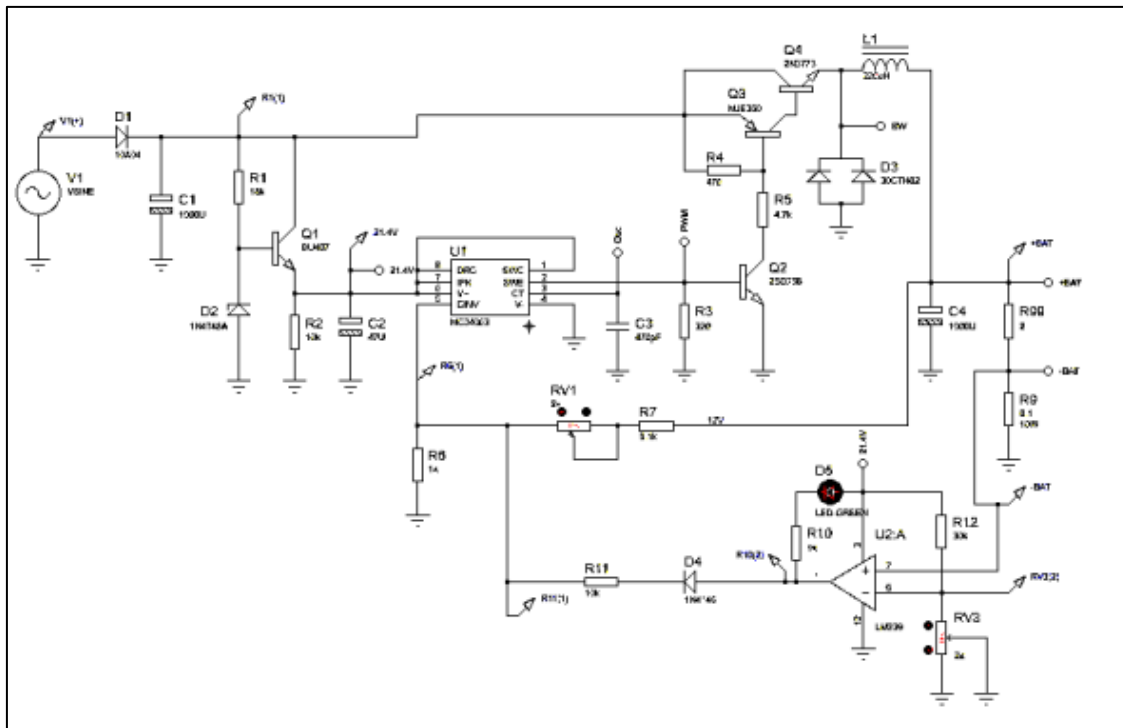


Figura 27.- Esquema de conexión de 72 celdas Peltier

Fuente:[23]

Este diseño fue realizado para utilizarse en 72 celdas, no fue seleccionado por la limitación de cantidad que este posee, ya que fue realizado con el único objetivo de tener 72 celdas, también posee temperaturas muy elevadas en su ambiente confinado sin ningún tipo de control sobre la energía térmica que se genera, esto se debe a que es un horno donde se queman diferentes tipos de materiales inflamables, dicho esto no se puede utilizar por motivos de cantidad de celdas y cantidad de temperatura.[23]

1.14.7. Representación de celda Peltier para control de temperatura

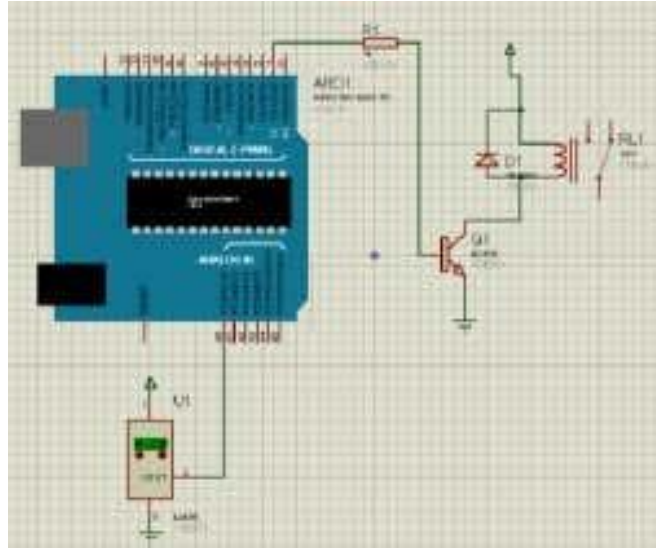


Figura 28.- Control del LM35 a través del uso de Arduino UNO

Figura:[24]

Este modelo está diseñado únicamente para el control de temperatura de un sistema determinado y no para la generación del mismo por tanto no se considera como un modelo válido, sin embargo, se toma de referencia la idea del LM35 y sus características para desarrollar un nuevo esquema[24].

1.14.8. Control de temperatura de un frigorífico usando celdas Peltier

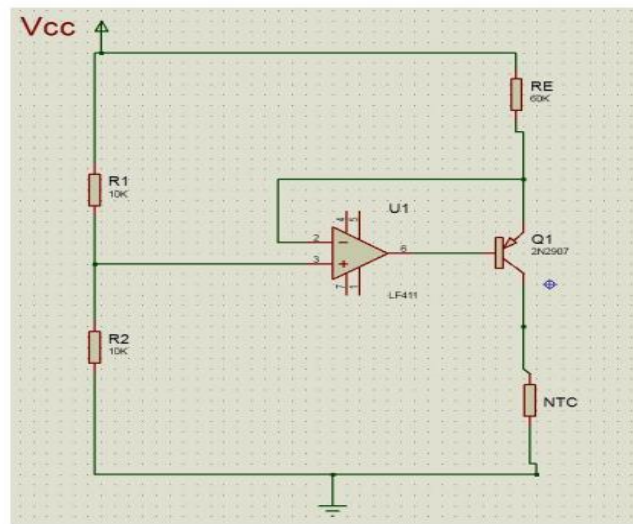


Figura 29.- Diseño de control de temperaturas del lado frio de la celda Peltier

Fuente:[25]

El diseño ilustrado únicamente tiene la función de controlar temperaturas en frio lo cual no realiza ninguna aportación al proyecto a diseñar, se explica el funcionamiento de la celda Peltier para uso de refrigeración mas no para uso de generación[25].

MARCO METODOLOGICO

Este proyecto se diseñó en base al modelado de conexión realizado por el autor Jordan Fernando Dussan[23], el cual realizo una simulación en base al diseño de un simulador con celdas Peltier en un horno crematorio, dicha idea sirvió de base para el desarrollo del sistema de ambiente confinado el cual tiene como función generar un voltaje en dc a partir de una temperatura controlada, dicha temperatura pasa por un inversor el cual tendrá como objetivo transformar la corriente continua en corriente alterna, a su vez que se eleva el voltaje para alimentar una carga determinada, el diseño que se implementa fue producto de la investigación y acoplamiento de las ideas del autor ya mencionado con las conclusiones retroalimentadas de las investigaciones realizadas, todo se reduce a los siguientes procesos:

- Generación de voltaje en dc a través de celdas Peltier.
- Transformación de voltaje y elevación del mismo.
- Alimentación de carga.

2.0. Definición de objetivo

Definimos como alcance de este trabajo, la generación de energía eléctrica mediante el uso de celdas Peltier y el efecto termoelectrico “Efecto Seebeck” para producir energía eléctrica en valores de (mV//V) para alimentar el Control #1 y los voltajes de baja tensión para alimentar el Control #2 y #3 los cuales simularan la industria y generador respectivamente, como se observa en el diagrama de flujo *figura 30*.

DIAGRAMA DE FLUJO DE SISTEMA DE CONTROL DE FUENTE DE ENERGÍA AUXILIAR SIMULADO

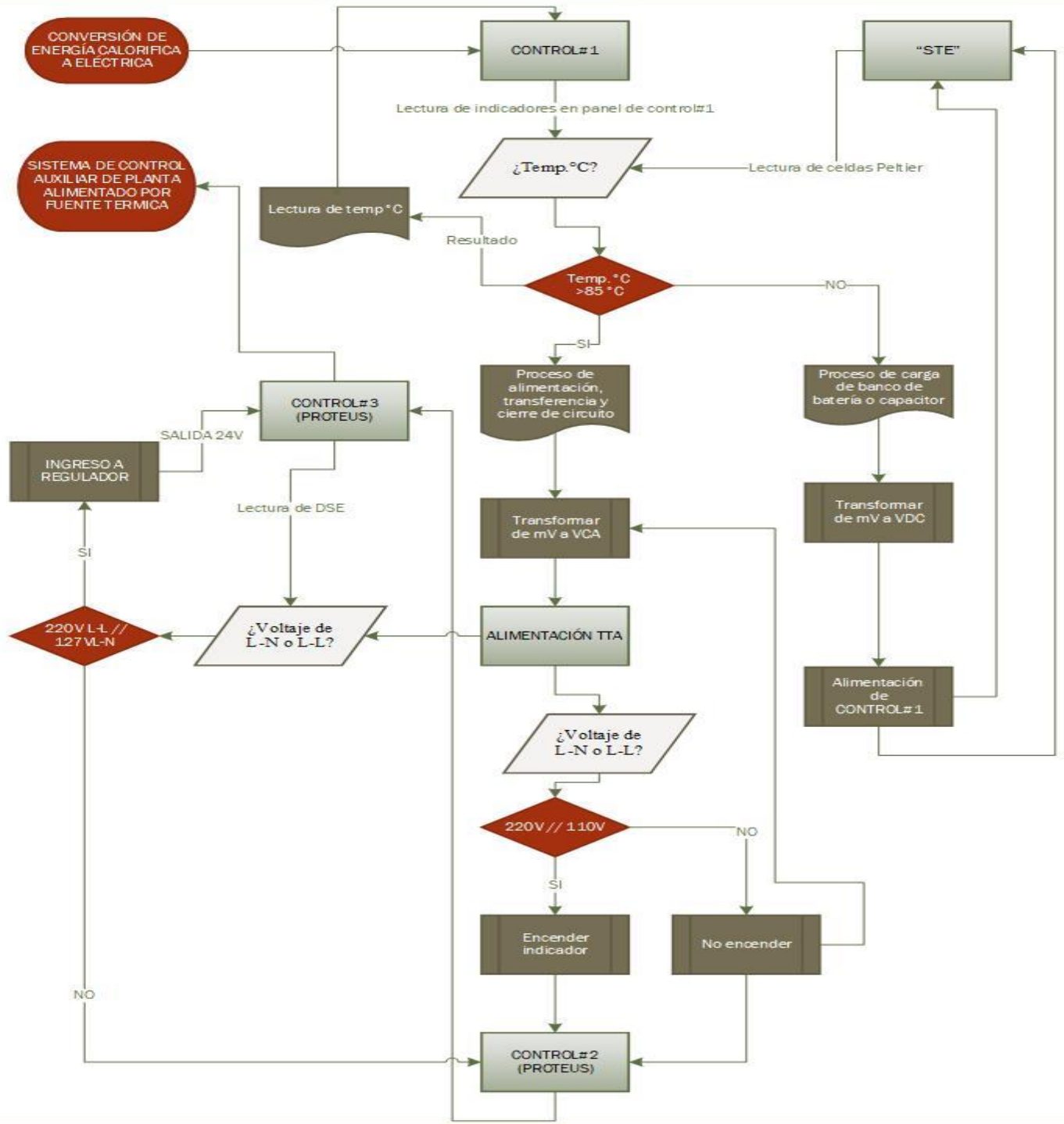


Figura 30:Diagrama de flujo de sistema de control de fuente de energía auxiliar

FUENTE: PROPIA / PROGRAMA: VISIO

2.1. Funcionabilidad del prototipo

Las celdas de Peltier tienen muchas configuraciones para que puedan producir una salida de voltaje las cuales están en el rango de (mV) de acuerdo a la cantidad de celdas y tamaño de las paredes del “STE” obtendremos varios niveles de voltaje los cuales mediante un circuito de control y de potencia alimentaran a los diferentes controles tanto al tablero de transferencia como al generador, el resultado de este proyecto abre una puerta a la implementación real en una industria y se la pueda usar como medio de alimentación de energía eléctrica auxiliar.

2.2. Desarrollo de simulación

Para el desarrollo de nuestra simulación se realizó un diseño el cual fue previamente estructurado en base a las cualidades que el dispositivo posee, el diseño fue realizado por fuente propia en base a experimentación y análisis. Los dispositivos utilizados en el software PROTEUS 8 suplantaron el funcionamiento de determinados dispositivos electrónicos los cuales existen en la librería de PROTEUS 8, pero su funcionamiento no está diseñado para generar energía eléctrica, la cual es la base del proyecto.

Inicialmente se hizo la selección de la celda Peltier para aprovechar al máximo sus características y tener una eficiencia de generación eléctrica lo mejor posible, la celda seleccionada fue la CMO-32-62s.

La conexión consta de 4 hileras de celdas las cuales estarán conectadas en serie con el objetivo de obtener un voltaje más elevado, dichos datos de esta celda Peltier fueron analizados anteriormente, por lo cual se toman por referencia dichos datos ya comprobados, los parámetros a tener en cuenta son la relación de voltaje-temperatura con el objetivo de tener una temperatura ideal para la cantidad de celdas que tendremos.

La fuente de generación eléctrica de nuestro sistema simulador serán resistencias las cuales puedan alcanzar estas temperaturas, de acuerdo con la revisión del datasheet seleccionado podemos determinar que la resistencia será una resistencia de cobre debido a su conductividad, estas resistencias modelan la fuente de calor la cual fue suplantada en un mismo dispositivo el cual es llamado LM35.

Para el diseño de la simulación de celdas Peltier se decidió usar los lm35, porque cuenta con las características de relación voltaje vs temperatura de; por cada grado centígrado que cense se emite una cantidad de voltaje de 10mV, lo cual hace factible para poder ajustar una medida, Por tanto:

$$V_{1cel} = \frac{3.35}{4} = 0.883v$$

Ecuación 12.- Calculo de V1celda Peltier

Fuente: Propia

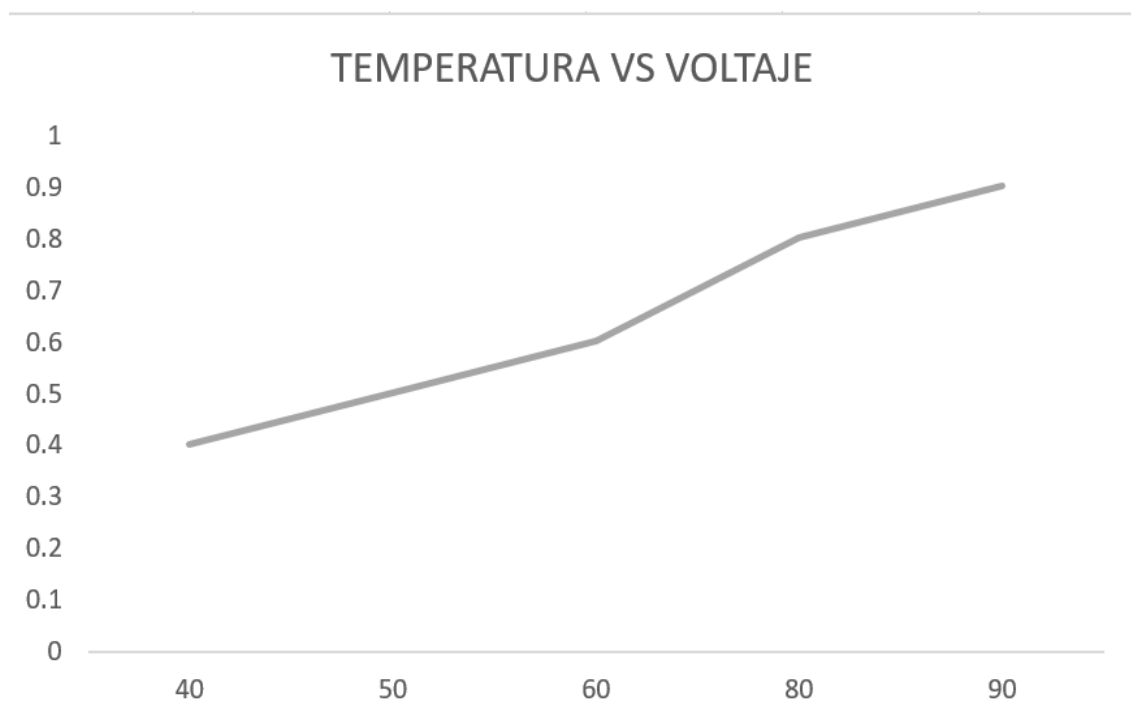


Figura 32.- Curva característica de la celda LM35

Fuente: Propia

2.3. Transformación y elevación de voltaje

Para la transformación de voltaje necesitamos un inversor, este se encargará de convertir los 12 voltios de la batería en DC a 120 en AC, de tal manera que podamos hacer uso de esta energía eléctrica con una mejor eficiencia, recordemos que el STE desarrollado cuenta a su salida con una batería para poder mantener el sistema de distribución constante y sin ninguna variación repentina de voltaje.

Una vez tengamos realizado los parámetros del transformador, se procede a realizar los dispositivos de control de temperatura el cual tiene como objeto regular la temperatura para que permanezca constante y no tengamos variaciones de voltaje o anomalías dentro del sistema.

2.4. Parametrización de las celdas Peltier

Según cálculos realizado por experimentos existentes, se hace la siguiente relación con respecto a la celda Peltier correspondiente.

Prueba de generación a través de efecto Seebek con 4 celdas conectadas en serie				
temperatura máxima	temperatura mínima	diferencial térmico	voltaje	corriente
109.3	62.6	46.7	3.35	0.74

Figura 33.-Prueba de generación del efecto Seebek

Fuente:[23]

T C	10	10	10	10	10	10
	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3
	10	10	10	10	10	10
	0	0	0	0	0	0
	90	90	90	90	90	90
T F	70	70	70	70	70	70
	60	60	60	60	60	60
	50	50	50	50	50	50
	40	40	40	40	40	40

Figura 34.- Escala de voltaje vs temperatura de trabajo

Fuente:[23]

Esta escala nos muestra como existe un equilibrio diferencial donde tenemos como funcionamiento el rango entre 50 y 60 grados centígrados, a partir de esto generamos el voltaje y corriente anteriormente especificados [23].

Si relacionamos estas cantidades con respecto a la cantidad que nuestro sistema posee, tendríamos el siguiente resultado.

$$vt = 3.35 \times 4 = 13.4 V$$

$$it: 0.77 \times 4 = 3.08 A$$

$$P = vxi = 13.4 \times 3.08 = 41.27 W$$

Ecuación 13.- Calculo de voltaje-corriente-potencia generada por la celda Peltier

Fuente:[23]

Estos serían nuestro voltaje y corriente generados a partir de las celdas Peltier, las cuales se representarán en el siguiente diagrama a continuación.[23][26].

2.5. Celdas Peltier simuladas con LM35

El esquemático mostrado fue realizado por fuente propia en base a los datos de cada implemento eléctrico y electrónico, como se puede observar en la ilustración tenemos un representativo de celdas Peltier con una temperatura específica para generar la salida de

voltaje deseada de cada celda, para resumir el ambiente simulado por condiciones estéticas se realiza un arreglo de un sumador con ganancia para doblar el resultado del voltaje y así obtener el voltaje deseado, todo esto es válido siempre y cuando no se observen datos modificados.

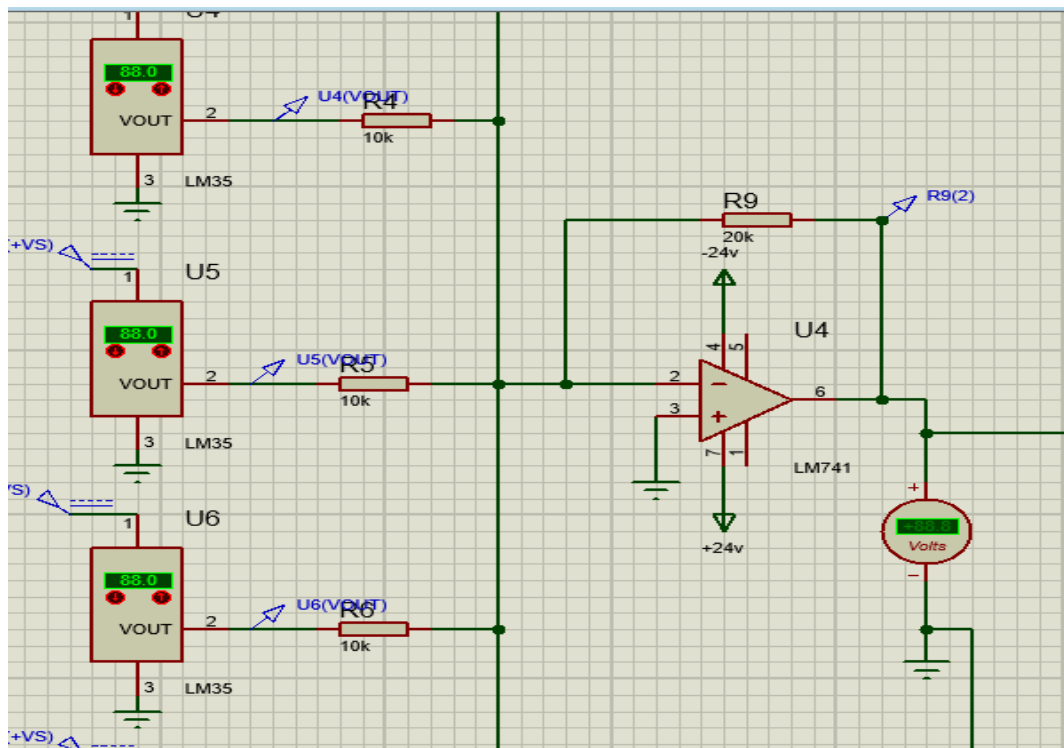


Figura 35.- Diseño realizado en PROTEUS 8 el cual simula el ambiente confinado con una salida de voltaje.

FUENTE: PROPIA / PROGRAMA: PROTEUS 8

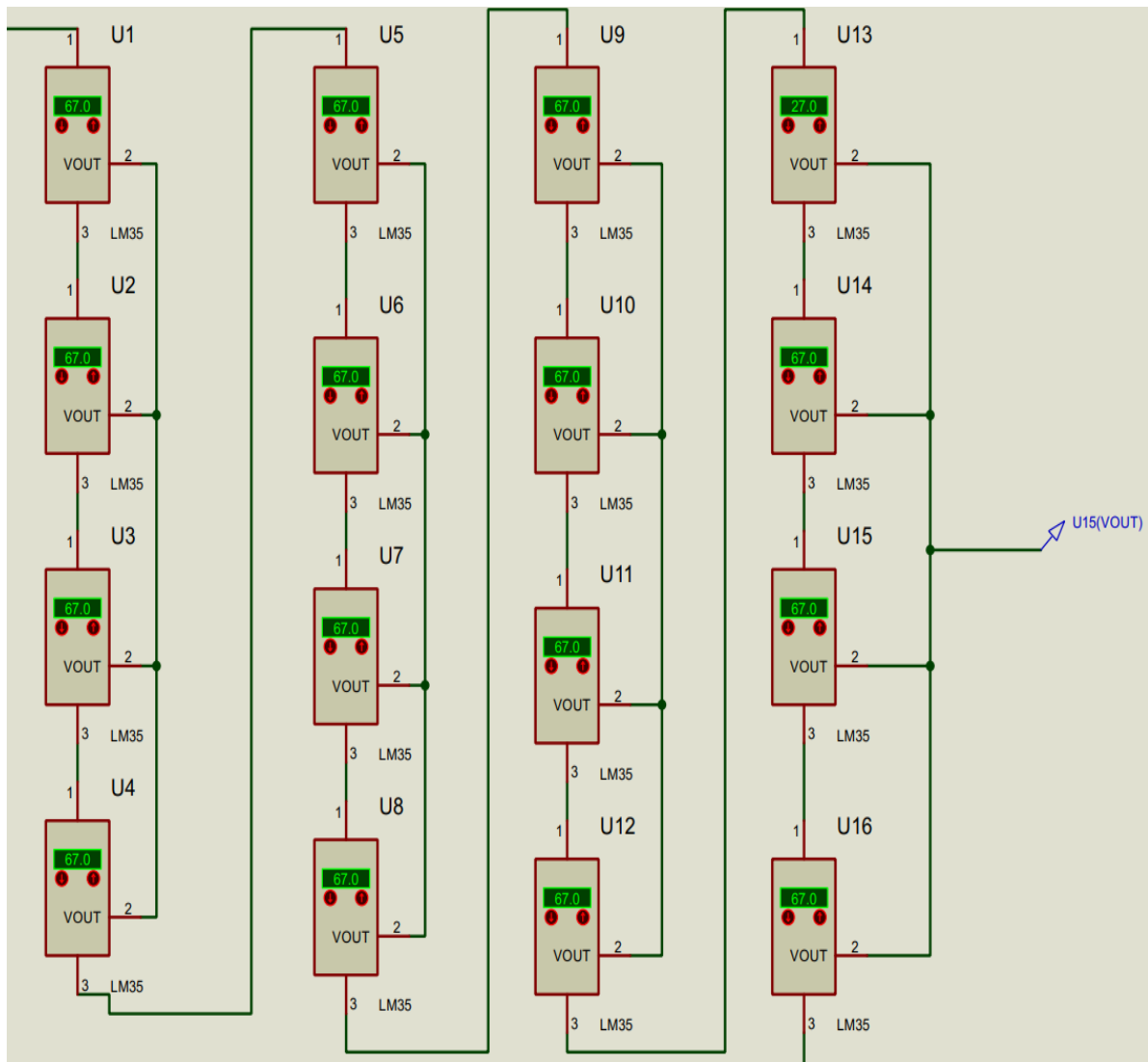


Figura 36.- Representativo de conexión en serie de las celdas Peltier LM35

FUENTE: PROPIA / PROGRAMA: PROTEUS 8

Como ya se explicó anteriormente cada uno de los dispositivos LM35, tiene una razón de 10mV por grado centígrados, por lo tanto, la suma de cada celda Peltier en voltaje se representa con una conexión en serie para tener una sumatoria de voltajes y tener la salida ideal para que la alimentación de nuestra batería sea eficiente.

2.6. Resultado de inversión de voltaje dc/ac

Teniendo en cuenta que el voltaje de nuestro sistema se produce en corriente continua, nos vemos en la necesidad de utilizar un dispositivo que convierta el voltaje continuo a voltaje alterno, estos dispositivos son conocidos como inversores, para el cual el modelo seleccionado para compensar esta función es el siguiente a continuación.

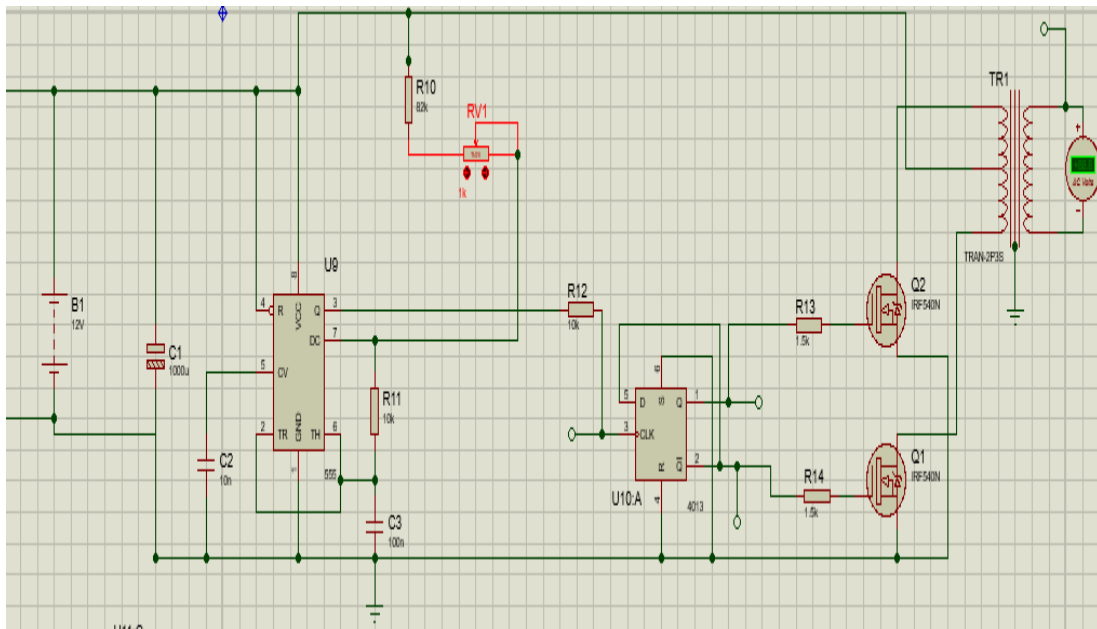


Figura 37.- Circuito de transformación y elevación de voltaje

FUENTE: PROPIA / PROGRAMA: PROTEUS 8

Podemos observar que la fuente a la que está conectado nuestro sistema, es una fuente en dc la cual simula la salida de nuestro sistema de generación a partir de STE, luego tenemos un temporizador 555, el cual se va a encargar de generar una frecuencia de 60hz.

También tenemos los IRFZ44E el cual se encargará de ayudarnos con la potencia para el transformador y así tengamos una salida de voltaje sin ningún tipo de pérdida o variación

brusca. Una vez que se realizan todos los parámetros correspondientes, procedemos a tener una salida de voltaje de 120.

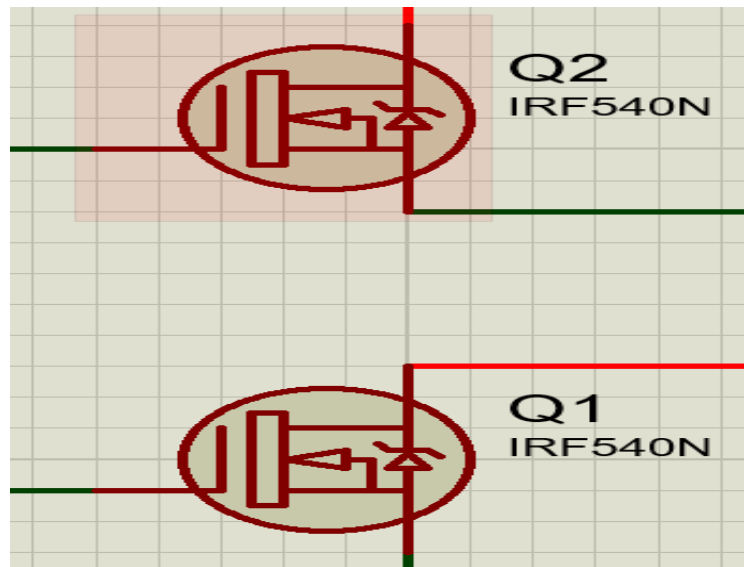


Figura 38.- Conexión de componente irf540n con respecto a la entrada del transformador

FUENTE: PROPIA / PROGRAMA: PROTEUS 8

2.7. Sistema de control

Este sistema se realiza con los LM35 aprovechando su salida de voltaje para generar el accionamiento de un indicador, el cual indica que se debe realizar una desconexión de las resistencias, las cuales actúan como fuente de energía térmica, una vez que estas alcanzan una temperatura fuera de su rango de operación estas tendrán que apagarse hasta alcanzar una temperatura adecuada y prender nuevamente, esto será un proceso cíclico ya que estarán en constante conexión y desconexión, teniendo de esta manera un control sobre la temperatura dentro del ambiente confinado.

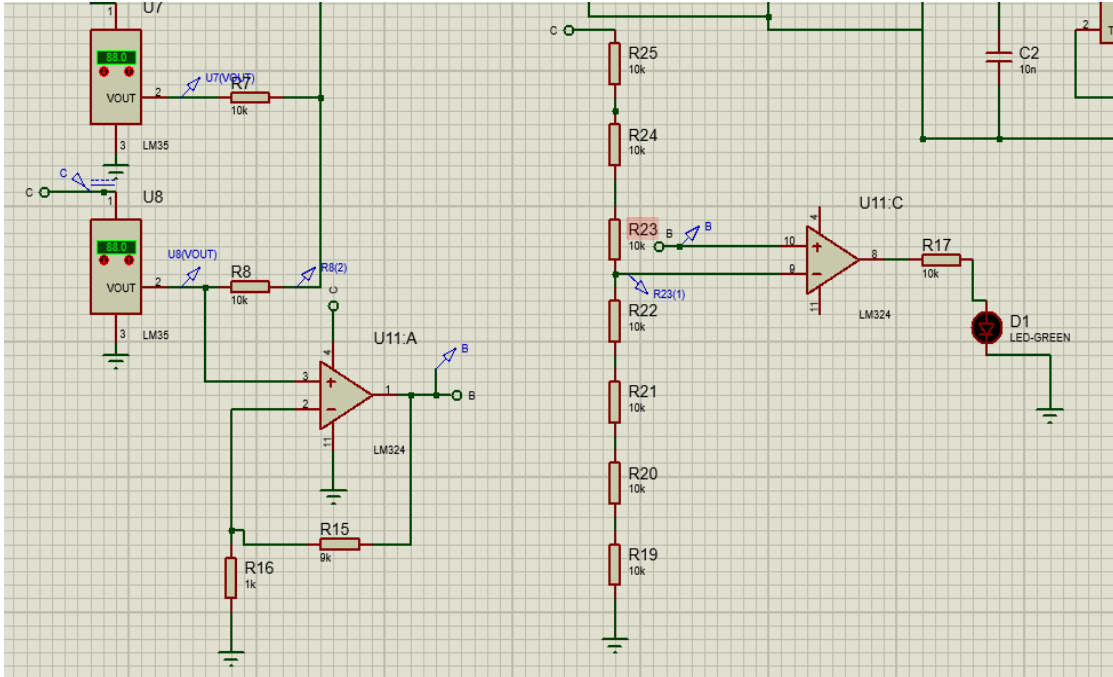


Figura 39.-Sistema de control de temperatura del (STE)

FUENTE: PROPIA / PROGRAMA: PROTEUS 8

En la simulación realizada se puede observar un comparador en base a la temperatura e salida de la conexión realizada al LM35 y contra con respecto a su fuente, cuando la salida de voltaje del LM35 es mayor que la salida de la fuente automáticamente el comparador manda la señal respectiva lo que hace que se accione el led lo cual indica que las resistencias quedan desconectadas, una vez que llegan a una temperatura dentro del rango estas vuelven a encenderse y así consecutivamente para lograr un desempeño energético correcto.

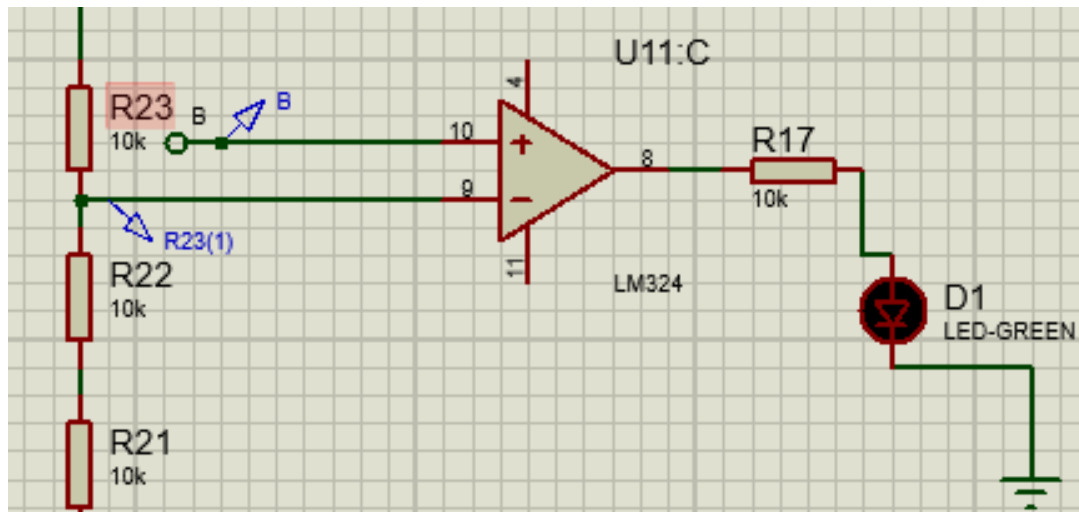


Figura 40.- Vista del comparador de tensión para conexión y desconexión de celdas Peltier

FUENTE: PROPIA / PROGRAMA: PROTEUS 8

2.8. Muestra de resultados

En este punto se muestran los valores generados por el inversor, a su vez se explica por sección lo que representa cada componente, de tal manera que el modelado por partes sea comprendido.

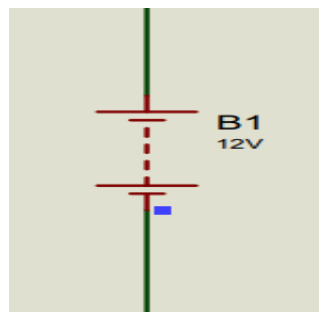


Figura 43.- Fuente de voltaje simulada

FUENTE: PROPIA / PROGRAMA: PROTEUS 8

Tenemos una batería la cual está conectada a continuación del STE, la cual tiene la función de almacenar la energía eléctrica en corriente continua, con el objetivo de no presentar alguna variación de voltaje.

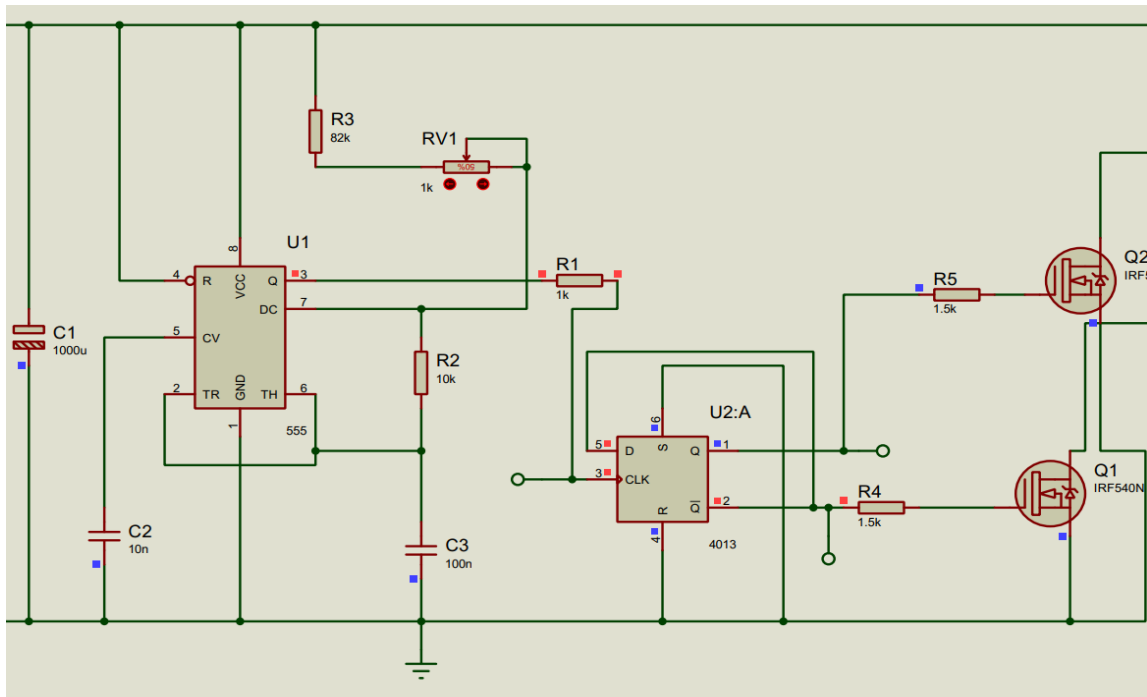


Figura 46.-Ambiente Térmico Simulado

FUENTE: PROPIA / PROGRAMA: PROTEUS 8

Los componentes presentados representan el sistema inversor de corriente continua a corriente alterna, sin embargo, se necesita de un transformador más para convertir a 120 voltios en corriente alterna. Por último, podemos observar la salida de nuestro inversor en AC de 120 volts, la cual justifica el funcionamiento del inversor de 12 voltios en corriente continua a 120 voltios.

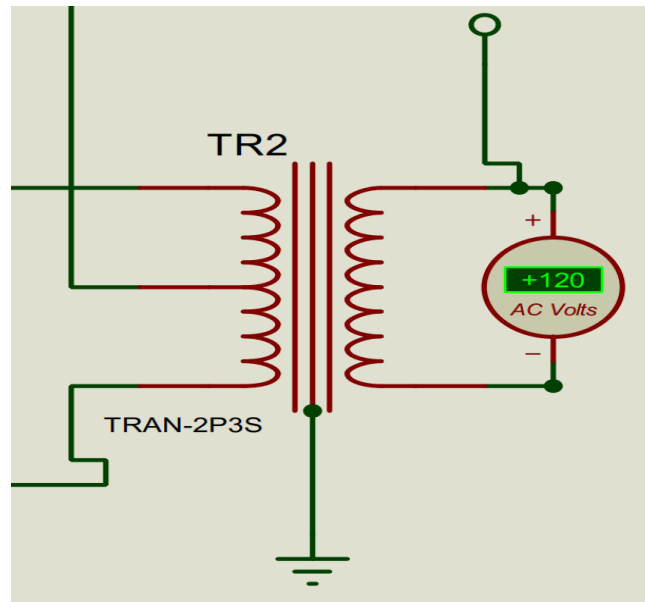


Figura 47.-Conexión de transformador usado

FUENTE: PROPIA / PROGRAMA: PROTEUS 8

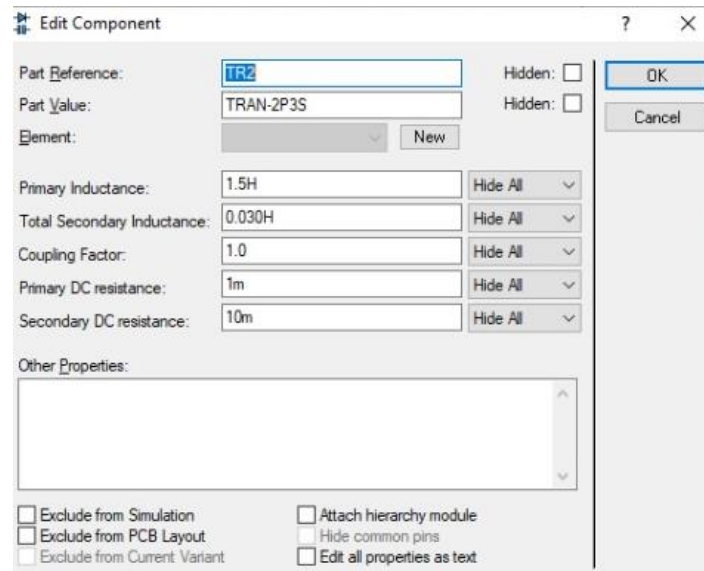


Figura 50.- Parametrización de transformador 2P3S

FUENTE: PROPIA / PROGRAMA: PROTEUS 8

Donde se tiene una inductancia en el primario de 1.5H, mientras que en el secundario es de 0.030H, estos parámetros nos dan la salida de voltaje necesaria para poder realizar las funciones de elevación las cuales se explican en el siguiente paso.

El ambiente térmico simulado tendrá una eficiencia en base a las resistencias o medios que se usen para generar el calor, es decir, dependiendo de la potencia de entrada que se usa para generar el calor existirá una eficiencia mayor o menor, el proyecto presenta una eficiencia del 6.34% ya que la potencia de salida es 41.27W, y la potencia utilizada para realizar la labor de calentamiento térmico es equivalente a 650W, por tanto la división entre la potencia de salida vs la potencia de entrada nos ofrece la eficiencia especificada.

DELTA (T°C)	VOLTAJE (mv)	CORRIENTE (ma)	POTENCIA(mw)
5	736.34	0.549	404.25066
10	810.6	0.5	405.3
15	830.5	0.5	415.25
20	878.2	0.543	476.8626
22	899.7	0.5	449.85
24	913.9	0.53	484.367
25	924.6	0.54	499.284
30	974.8	0.54	526.392
33	1000.3	0.54	540.162

Tabla 3.- Visualización de resultados por diferencial de temperaturas en el simulador PROTEUS

FUENTE: PROPIA / PROGRAMA: PROTEUS 8

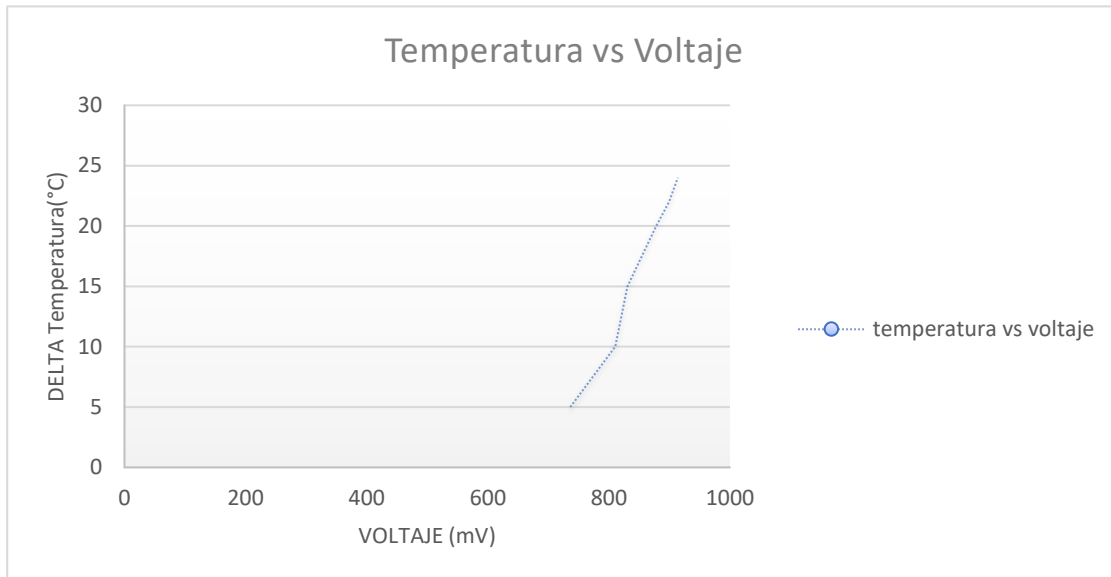


Figura 53.-Curvas de temperatura y Voltaje del ambiente térmico simulado

FUENTE: PROPIA / PROGRAMA: PROTEUS 8

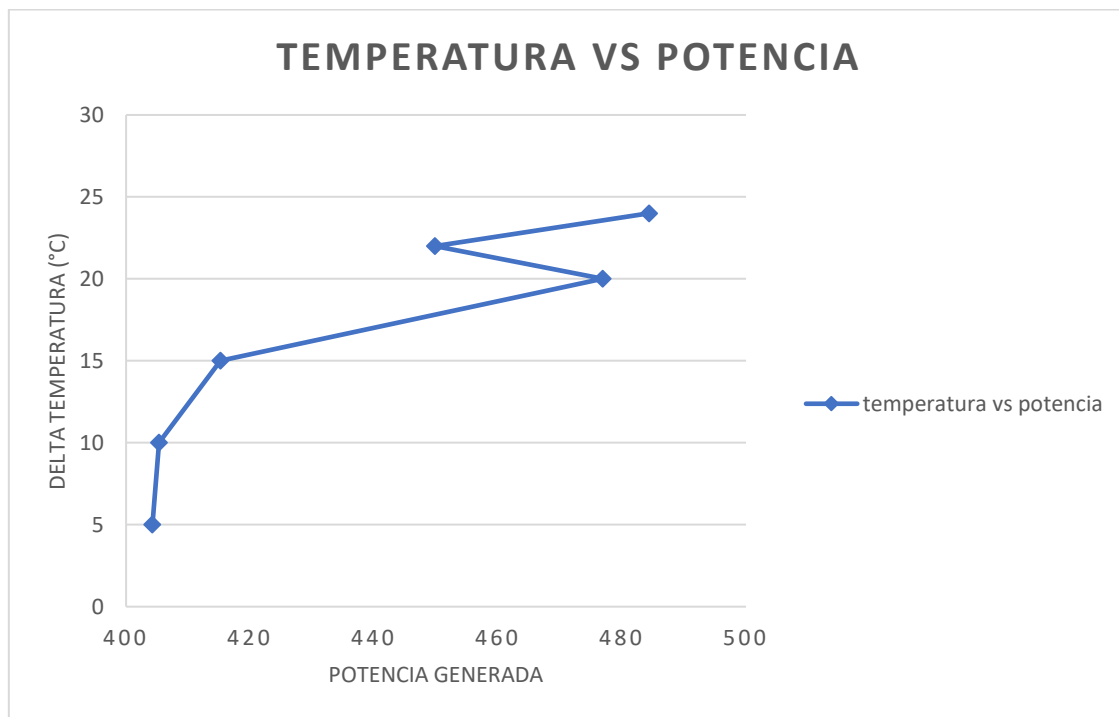


Figura 54.-Curva de delta temperatura y Potencia generada en (mV) del ambiente térmico simulado

FUENTE: PROPIA / PROGRAMA: PROTEUS 8

2.9. Cronograma de actividades

En la siguiente tabla se muestra los días y horas por las cuales se desarrolló este proyecto con sus respectivas actividades.

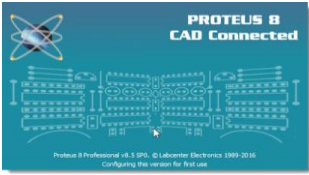


NO.	Actividad	Dia	Hora	Duración
1	Investigación de bibliografía para el proyecto	23 de Octubre	08H00 a 12H00	4H
2	Investigación de bibliografía para el proyecto	24 de Octubre	08H00 a 12H00	4H
3	Investigación de bibliografía para el proyecto	30 de Octubre	08H00 a 12H00	4H
4	Investigación de bibliografía para el proyecto	31 de Octubre	08H00 a 12H00	4H
5	Investigación de bibliografía para el proyecto	6 de Noviembre	08H00 a 12H00	4H
6	Investigación de bibliografía para el proyecto	7 de Noviembre	08H00 a 12H00	4H
7	Investigación de bibliografía para el proyecto	13 de Noviembre	08H00 a 12H00	4H
8	Investigación de bibliografía para el proyecto	14 de Noviembre	08H00 a 12H00	4H
9	Investigación de bibliografía para el proyecto	20 de Noviembre	08H00 a 12H00	4H
10	Investigación de bibliografía para el proyecto	21 de Noviembre	08H00 a 12H00	4H
11	Investigación de bibliografía para el proyecto	27 de Noviembre	08H00 a 12H00	4H
12	Investigación de bibliografía para el proyecto	28 de Noviembre	08H00 a 12H00	4H
13	Investigar software indicado para simular	9 de Diciembre	08H00 a 12H00	4H
14	Desarrollo de la introducción	7 de Enero	08H00 a 12H00	4H
15	Desarrollo de la introducción	8 de Enero	08H00 a 12H00	4H
16	Desarrollo de la introducción - planteamiento de problema y justificación	9 de Enero	08H00 a 12H00	4H
17	Cambio de objetivo general	15 de Enero	08H00 a 12H00	4H
18	Desarrollo de objetivos específicos	16 de Enero	08H00 a 12H00	4H
19	Desarrollo de simulación de celdas Peltier	29 de Enero	08H00 a 12H00	4H
20	Investigar software indicado para simular	30 de Enero	08H00 a 12H00	4H
21	Revisión de plagio; EUREKA	2 de Febrero	08H00 a 12H00	4H
22	Investigar software indicado para simular	5 de Febrero	08H00 a 12H00	6H

23	Investigar software indicado para simular	6 de Febrero	08H00 a 12H00	6H
24	Desarrollo de simulación de celdas Peltier en PROTEUS 8	12 de Febrero	08H00 a 12H00	6H
25	Desarrollo de simulación de celdas Peltier en PROTEUS 9	13 de Febrero	08H00 a 12H00	6H
26	Desarrollo de simulación de celdas Peltier en PROTEUS 10	19 de Febrero	08H00 a 12H00	6H
27	Desarrollo de simulación de celdas Peltier en PROTEUS 11	20 de Febrero	08H00 a 12H00	6H
28	Desarrollo de simulación de celdas Peltier en PROTEUS 12	26 de Febrero	08H00 a 12H00	6H
29	Desarrollo de simulación de celdas Peltier en PROTEUS 13	27 de Febrero	08H00 a 12H00	6H
30	Avance de Marco Teórico y Metodológico	1 de Marzo	18H00 a 00H00	6H
31	Avance de Marco Teórico y Metodológico	2 de Marzo	00H00 a 06H00	6H
32	Revisión de plagio; EUREKA	3 de Marzo	08H00 a 12H00	4H
33	Avance de Marco Teórico y Metodológico	4 de Marzo	18H00 a 00H00	6H
34	Simulación de celdas Peltier en PROTEUS 8	5 de Marzo	15H00 a 22H00	7H
35	Simulación de celdas Peltier en PROTEUS 8	6 de Marzo	15H00 a 22H00	7H
36	Avance de Marco Teórico y Metodológico	7 de Marzo	18H00 a 00H00	6H
37	Revisión de plagio; EUREKA	8 de Marzo	08H00 a 12H00	4H
38	Avance de Marco Teórico y Metodológico	9 de Marzo	18H00 a 00H00	6H
39	Avance de Marco Teórico y Metodológico	10 de Marzo	00H00 a 06H00	6H
40	Avance de Marco Teórico y Metodológico	11 de Marzo	18H00 a 00H00	6H
41	Simulación de celdas Peltier en PROTEUS 8	12 de Marzo	15H00 a 22H00	7H
42	Simulación de celdas Peltier en PROTEUS 8	13 de Marzo	15H00 a 22H00	7H
43	Avance de Marco Teórico y Metodológico	14 de Marzo	00H00 a 06H00	6H
44	Avance de Marco Teórico y Metodológico	15 de Marzo	18H00 a 00H00	6H
45	Avance de Marco Teórico y Metodológico	16 de Marzo	18H00 a 00H00	6H
46	Revisión de plagio; EUREKA	17 de Marzo	08H00 a 12H00	4H
47	Simulación de celdas Peltier en PROTEUS 8	18 de Marzo	20H00 01H00	5H

48	Reunión para revisión de avance de tesis	19 de Marzo	08H00 a 12H00	4H
49	Simulación del STE en PROTEUS 8	20 de Marzo	14H00 a 00H00	10H
50	Revisión de plagio; EUREKA	21 de Marzo	08H00 a 12H00	4H
51	Simulación del STE en PROTEUS 8	21 de Marzo	08H00 a 20H00	12H
51	Reunión para revisión final de tesis y simulación	21 de Marzo	08H00 a 12H00	4H

2.10. Materiales

Los únicos materiales usado para este proyecto, que significa la simulación del ambiente térmico.

NO.	Materiales	Característica	Cantidad
1	Programa; Software PROTEUS 8		1
2	Laptop		2
3	Proveedor de servicios de revisión de legalidad de documentos		1

2.11. Presupuesto

NO.	Materiales	Valor c/u	Cantidad	Total
1	Programa; Software PROTEUS 8	\$ 25.00	30 días	\$ 25.00
2	Laptop	\$ -	2	\$ -
3	Proveedor de servicios de revisión de legalidad de documentos	\$ 5.00	5	\$ 25.00
4	Resma de hojas A4	\$ 12.00	2	\$ 24.00
5	Transporte			
				\$ 74.00

Conclusiones:

- En base al estudio bibliográfico que se pudo realizar, pudimos obtener los modelos de celdas Peltier que nos ayudaron a saber que celda cumplía con las características necesarias para el ambiente térmico simulado utilizando el software PROTEUS
- Se diseño, se simulo y se validó un ambiente térmico simulado usando el software PROTEUS.
- Se diseño, se simulo se parametrizo y se valido el sistema de control de temperatura usando el software PROTEUS.
- Se utilizo el modelo simulado en PROTEUS, el modelo de control, el modelo del inversor para realizar una simulación completa del sistema y poder analizar la eficacia de potencia generada por el sistema.

Recomendaciones:

- Se recomienda tener en cuenta el tipo de celda que se desea seleccionar, ya que todas las celdas no tienen una relación de voltaje – calor eficiente, haciendo que se necesite mucha más cantidad de calor generado, y recordando una de nuestras conclusiones esto sería perjudicial ya que, al necesitar mucha más potencia para generar un calor más elevado, perjudicaría a la eficiencia del sistema trabajado
- Se recomienda realizar el estudio de cargas del sistema al que se desea implementar el presente proyecto, teniendo en cuenta cada uno de los conceptos teóricos repasados mediante la vida académica.

BIBLIGRAFIA:

- [1] Ministerio De Energía, “ECUADOR CONSOLIDA LA PRODUCCIÓN ELÉCTRICA A PARTIR DE FUENTES RENOVABLES,” 2021.
<https://www.rekursyenergia.gob.ec/category/noticias/page/5/>.
- [2] S. Diez Garcia, “Análisis de viabilidad de aplicaciones para recuperación de energía mediante efectos termoelectricos,” pp. 10–20, 2017, [Online]. Available:
https://www.mendeley.com/catalogue/5c7d469f-a0c7-3206-8ee8-650caec5fab6/?utm_source=desktop&utm_medium=1.19.8&utm_campaign=open_catalog&userDocumentId=%7Bec03bed2-b8a3-42ae-a4a7-199794c026b4%7D.
- [3] C. SANCHEZ MARQUEZ, “Analysis of thermoelectric materials using a virtual instrument

- in Matlab,” *Proc. LACCEI Int. Multi-conference Eng. Educ. Technol.*, vol. 2021-July, pp. 1–10, 2021, doi: 10.18687/LACCEI2021.1.1.275.
- [4] F. Quispe Ruiz, “Mecanismos de transmisión de calor (CONDUCCION, CONVECCION, RADIACION),” *Univ. Pamplona*, vol. 3, pp. 1–23, 2013, [Online]. Available: [file:///C:/Users/prueba/Downloads/Mecanismos de transmisión de calor \(CONDUCCION, CONVECCION, RADIACION\).pdf](file:///C:/Users/prueba/Downloads/Mecanismos%20de%20transmisi3n%20de%20calor%20(CONDUCCION,%20CONVECCION,%20RADIACION).pdf).
- [5] S. Velasco, A. del Mazo, and M. J. Santos, “Calor y energía,” *60 Exp. con Mater. sencillos 4º ESO Física*, pp. 86–107, 2012.
- [6] T. T. Kotz Treichel, “Calor y temperatura (artículo) | Khan Academy,” *Specific Heat Capacity: Heating and Cooling*. pp. 184–189, 2015, [Online]. Available: <https://es.khanacademy.org/science/ap-chemistry/thermodynamics-ap/internal-energy-tutorial-ap/a/heat%0Ahttps://es.khanacademy.org/science/chemistry/thermodynamics-chemistry/internal-energy-sal/a/heat%0Ahttps://es.khanacademy.org/science/ap-chemistry/therm>.
- [7] R. Snyder and J. De Melo-Abreu, “Mecanismos de transferencia de energía,” *Protección contra las heladas Fundam. práctica y Econ.*, pp. 45–71, 2010, [Online]. Available: <http://www.fao.org/docrep/012/y7223s/y7223s04.pdf>.
- [8] A. Clocchiatti and M. Catelan, “Radiación térmica,” *Radiac. y Mater. en astrofísica*, pp. 57–90, 2018, doi: 10.2307/j.ctt20fw80h.6.
- [9] F. D. E. An, R. Para, E. L. Dise, and D. E. E. Mec, “FUNDAMENTOS DE ANÁLISIS TÉRMICOS PARA EL DISEÑO DE ELEMENTOS MECÁNICOS. Unidad I,” pp. 1–17.
- [10] L. F. GUAYLLAS GUAMAN and J. P. USHU PALOMINO, “Análisis del Comportamiento de Módulos Termoeléctricos para Transformación del Calor Existente en el Colector de Escape a Energía Eléctrica en un Motor G 10,” *Univ. Politec. Saieciana Sede Cuenca*, p. 126, 2014, [Online]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6986/1/UPS->

CT003641.pdf.

- [11] V. De Sartenejas, “Efecto termoeléctrico. Descripción y aplicación.,” 2013, [Online]. Available: https://www.academia.edu/14876068/Funcionamiento_y_aplicaciones_de_Celdas_de_Peltier.
- [12] W. Blancarte, “Efecto Peltier,” *ITESO - Univ. Jesuit. en Guadalajara*, p. 19, 2001, [Online]. Available: <http://descargas.cetronic.es/EstudioPeltier.pdf>.
- [13] C. Rubio Ramírez, G. M. Lizarazo, and E. Vera Duarte, “Termoelectricidad: uso de las celdas peltier en el campo de la refrigeración y sus principales aplicaciones,” *Inventum*, vol. 12, no. 22, pp. 9–16, 2017, doi: 10.26620/uniminuto.inventum.12.22.2017.9-16.
- [14] Xtralis, “EN REFRIGERACIÓN TERMOELÉCTRICA.” VESDA, pp. 2–3, 2018, [Online]. Available: <https://xtralis.com/file/9753#:~:text=De manera muy simple%2C la,1 y 2 a continuaci3n>).
- [15] E. D. M. Rowe, D. Ph, D. Sc, and F. Group, *HANDBOOK*. 2006.
- [16] E. D. M. Rowe, D. Ph, D. Sc, and F. Group, *THERMOELECTRICS HANDBOOK MACRO TO NANO Edited by D.M. Rowe, Ph.D., D.Sc.* 2006.
- [17] J. Bausà, C. Gómez, B. Zaragoza, A. Martínez, D. Campos, and A. Llinares, “Sensores de Temperatura Medida de Temperatura,” *Sensores Temp.*, 2021, [Online]. Available: https://frrq.cvg.utn.edu.ar/pluginfile.php/14089/mod_resource/content/0/SensoresTemperatura.pdf.
- [18] G. Vaca and L. Felipe, “Escuela Politécnica Nacional Facultad De Ingeniería Mecánica Diseño, Construcción Y Evaluación Energética De Una Cámara Con Celdas Peltier (Efecto Termoeléctrico) Para Refrigeración De Vacunas. Proyecto Previo a La Obtención Del Título De Ingeniero Mecáni,” 2016.
- [19] J. M. Ortíz, “Coeficientes de rendimiento (COP) y eficiencia energética en el ciclo de

- refrigeración (EER) de la bomba de calor,” *Calor y Frio*, pp. 4–7, 2015, [Online]. Available: <https://www.caloryfrio.com/calefaccion/bomba-de-calor/definiciones-cop-y-eer.html>.
- [20] TEG, “Thermoelectric Gencell Technology,” 2019, [Online]. Available: www.Tecteg.com.
- [21] A. Florez Martinez, “Implementación de la Celda Peltier en fuentes térmicas de calor residuales, para aprovechamiento de generación de energía eléctrica y climatización por frio en el hogar,” *VISIÓN-Revista Investig. UNICIENCIA*, vol. 2, no. September 2017, pp. 62–69, 2017, [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/322641877>.
- [22] L. Datasheet, “LM35 Precision centigrade temperature sensors,” *Retrieved Sept. 13th*, no. November, pp. 1–13, 2017, [Online]. Available: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf>.
- [23] S. A. DUSSAN. J, “Diseño Y Simulación De Una Máquina Generadora De Energía Eléctrica Por Medio De Celdas De Peltier,” *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2013.
- [24] Q. U. E. Para, O. El, and A. J. Elguea, “REPORTE DE ESTADÍA,” 2014.
- [25] A. D. E. La and B. Del, “Industrial Y Automática,” no. 1, pp. 2017–2018, 2018.
- [26] J. Arguello Carrerra and B. Alban Dilon, “Universidad Internacional del Ecuador Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz Artículo de Investigación para la obtención del Título de Ingeniería en Mecánica Automotriz,” 2021.