



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

**Uso de celdas termoeléctricas Peltier para la generación de frío
en un termo porta vacunas de 1,7 litros**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTOR:

Odar Rivera, Stalin Mijail (ORCID: 0000-0002-0660-2710)

ASESOR:

M.Sc. Dávila Hurtado, Fredy (ORCID: 0000-0001-8604-8811)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Modelamiento y Simulación de Sistemas Electromecánicos

CHICLAYO – PERÚ

2020

Dedicatoria

A Dios Todopoderoso, nuestro Creador.

A mis padres, quienes me brindan su apoyo incondicional, cariño y sabios consejos para ser una mejor persona en el ámbito personal y profesional.

A mi enamorada, por ayudarme y motivarme a seguir adelante para alcanzar mis mayores metas y objetivos.

Odar Rivera, Stalin Mijail

Agradecimiento

A Dios, nuestro creador, por brindarme fortaleza y sabiduría, guiarme en todo momento para seguir progresando y alcanzar mis metas más deseadas.

A mis familiares, especialmente a mis padres, por ser la principal fuente de inspiración, por sus sabios consejos, valores y principios inculcados.

Finalmente, a la Universidad César Vallejo Chiclayo, amigos, docentes y asesores de la escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, quienes compartieron sus conocimientos y guiaron a lo largo de mi formación profesional para hacer posible el desarrollo de la presente investigación.

Odar Rivera, Stalin Mijail

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de gráficos y figuras.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA	17
3.1. Tipo y diseño de investigación	17
3.2. Variables y operacionalización.....	17
3.3. Población, muestra y muestreo.....	18
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	18
3.5. Procedimientos	19
3.6. Métodos de análisis de datos.....	20
3.7. Aspectos éticos.....	20
IV. RESULTADOS.....	21
V. DISCUSIÓN.....	50
VI. CONCLUSIONES.....	54
VII. RECOMENDACIONES	55
REFERENCIAS.....	56
ANEXOS	62

Índice de tablas

Tabla 01. <i>Propiedades del aire a 35.4 °C.</i>	21
Tabla 02. <i>Propiedades del aire a 5°C.</i>	22
Tabla 03. <i>Especificaciones técnicas del termo porta vacunas KST</i>	22
Tabla 04. <i>Propiedades de materiales aislantes</i>	23
Tabla 05. <i>Resumen de resistencias térmicas en las paredes del termo</i>	33
Tabla 06. <i>Valores de áreas externas e internas del termo porta vacunas KST</i> ...	34
Tabla 07. <i>Valores de U*A de cada pared del termo porta vacunas KST</i>	34
Tabla 08. <i>Características para la selección de la celda Peltier</i>	35
Tabla 09. <i>Características principales de una celda Peltier estándar</i>	35
Tabla 10. <i>Especificaciones de celda Peltier TEC1-12706</i>	38
Tabla 11. <i>Datos necesarios para la selección de los componentes de refrigeración Peltier</i>	39
Tabla 12. <i>Especificaciones técnicas del módulo de refrigeración Peltier AC-055</i>	41
Tabla 13. <i>Consumo energético total empleado en el sistema termoeléctrico</i>	43

Índice de gráficos y figuras

<i>Figura 01.</i> Diagrama de una celda Peltier y su estructura interna.....	6
<i>Figura 02.</i> Cadena de frío.....	7
<i>Figura 03.</i> Termo porta vacunas KST y corte del termo de forma horizontal.	23
<i>Figura 04.</i> Corte transversal de termo porta vacunas con refrigeración convencional y refrigeración Peltier.	24
<i>Figura 05.</i> Corte longitudinal de una pared de termo porta vacunas KST.....	25
<i>Figura 06.</i> Circuito equivalente de las resistencias por conducción del termo porta vacunas KST.....	26
<i>Figura 07.</i> Gráfica Universal de Rendimiento para el valor de ΔT y Q_{max}	36
<i>Figura 08.</i> Selección de celda Peltier por medio de software online.	37
<i>Figura 09.</i> Celda termoeléctrica Peltier TEC1-12706.	38
<i>Figura 10.</i> Tabla de selección de módulos de refrigeración termoeléctrica TE Technology.....	40
<i>Figura 11.</i> Módulo de refrigeración termoeléctrico Peltier AC-055.	41
<i>Figura 12.</i> Tabla de selección de módulos de refrigeración y controladores de temperatura.....	42
<i>Figura 13.</i> Módulo de control de temperatura TC-48-20 y sensor de temperatura MP-3193.....	43
<i>Figura 14.</i> Batería RITAR 12V 7Ah RT AGM.	44

Resumen

El presente informe tuvo como objetivo utilizar celdas termoeléctricas Peltier para la generación de frío en un termo porta vacunas de 1,7 litros; tipo de investigación Aplicada tecnológica, No experimental descriptiva.

La población estuvo conformada por todos los termos porta vacunas de 1,7 litros que se encuentran en los Centros de Salud de la Red de Salud Chiclayo y la muestra la constituyó el termo porta vacunas KST.

Para la recolección de datos se empleó la técnica de la observación, así como el análisis documental y, como instrumentos se utilizó la ficha de análisis de documentos e instrumentos electrónicos.

Por otro lado, como método de análisis de datos se emplearon tablas y gráficos de Microsoft Word y Excel presentadas de manera descriptiva sin omisión o alteración de resultados.

Se concluyó que, la carga térmica del termo porta vacunas KST fue de 5.33 Watt; se seleccionó la celda Peltier TEC1-12706, al igual que el módulo de control de refrigeración AC-055, el módulo de control de temperatura TC-48-20 y, como fuente de alimentación la batería RITAR 12V 7Ah RT AGM.

Finalmente, se presentó el diseño del proyecto en el software SolidWorks y se adjuntó el presupuesto para su posterior construcción.

Palabras Claves: Celda termoeléctrica, Peltier, porta vacunas, termo KST.

Abstract

The objective of this report was to use Peltier thermoelectric cells to generate cold in a 1,7 liter vaccine thermos; type of applied technological research, not descriptive experimental.

The population was made up of all the 1,7 liter vaccine thermos that are found in the Health Centers of the Health Network Chiclayo and the sample was the KST vaccine thermos.

For the data collection, the observation technique was used, as well as the documentary analysis and, as instruments, the document analysis sheet and electronic instruments were used.

On the other hand, Microsoft Word and Excel tables and charts were used as a method of data analysis, presented descriptively without omitting or altering the results.

It was concluded that the thermal load of the KST vaccine thermos carrier was 5.33 watts; The Peltier TEC1-12706 cell was selected, as well as the AC-055 refrigeration control module, the TC-48-20 temperature control module, and the RITAR 12V 7Ah RT AGM battery as the power source.

Finally, the project design was presented in SolidWorks software and the budget for its subsequent construction was attached.

Keywords: Thermoelectric cell, Peltier, vaccine carrier, KST thermos.

I. INTRODUCCIÓN

La intervención sanitaria a través de la aplicación oportuna de vacunas garantiza la sobrevivencia de los seres humanos, siendo reconocida a nivel mundial como una estrategia de salud muy eficiente y, a la vez, de alto costo, además proporciona resultados óptimos. Cada año 116 millones de infantes reciben vacunas básicas, sin embargo 19,4 millones no llegan a recibirlas y el 60% de esa población habitan en 10 países subdesarrollados. (Organización Mundial de la Salud, 2017)

En países como Estados Unidos, se registra elevados porcentajes de niños que no son vacunados, el porcentaje de niños que no cuentan con algún seguro médico y están sin vacunar es de un 7% mientras que el 0,8 % representa a los que tienen un seguro privado. Esta situación es alarmante, ya que los niños sin seguro tienen accesibilidad a vacunas gratuitas al estar cubiertas por el programa del estado denominado Vaccines for Children, sumado a ello el probable desconocimiento de progenitores o tutores quienes ignoraran estos beneficios, escasos pediatras en zonas rurales, así como el deficiente transporte explican de alguna manera estas cifras. (Univisión, 2018)

La aplicación oportuna de vacunas evita la propagación de diversas enfermedades como: la difteria, la viruela, las paperas, el sarampión, la poliomielitis, la rubeola, el tétano, la tosferina, entre otras. La presencia de numerosas zonas rurales en el mundo representa uno de los principales motivos para que aproximadamente 20 millones de niños corran el riesgo de adquirir enfermedades prevenibles al no recibir sus vacunas correspondientes, esto debido a que en estas zonas carecen de energía eléctrica adecuada. (Univisión, 2018)

Teniendo en consideración que, para lograr la eficacia de las vacunas, es necesario que estas se mantengan a una determinada temperatura, siendo por ello frecuentemente refrigeradas, no obstante, al carecer de electricidad, resulta complejo garantizar la continuidad de la cadena de frío, esta viene a ser una cadena de suministro a temperatura controlada que abarca desde el instante en que se elabora la vacuna hasta el momento en que es administrada, de igual manera

permite que las vacunas se conserven a temperaturas que oscilan entre dos y ocho grados Celsius. (Thomas, y otros, 2018)

Los datos obtenidos en la Encuesta Demográfica y de Salud familiar (ENDES), elaborado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), en el Perú, hasta el año 2018, un aproximado de 76,3% representa a aquellos niños y niñas menores de 36 meses de edad que han recibido todas sus vacunas, un 76,4% en la zona urbana y, finalmente, en la zona rural 76%. (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2019)

Los auditores de la Contraloría General de la República realizaron una visita preventiva a los ambientes de la Dirección Regional de Salud de Ucayali con el propósito de inspeccionar las condiciones de almacenamiento y distribución de las vacunas contra la fiebre amarilla, hallándose que, las instalaciones del Centro de Salud Húsares del Perú no cumplió las condiciones necesarias para el almacenaje respectivo de las vacunas ya que estas se encontraron en el piso, al interior de cajas térmicas sin sus bases correspondientes. (Andina, 2018)

En el Centro de Salud La Florida, la temperatura registrada en el ambiente destinado al almacenamiento de las vacunas era superior a los 20° C; por otro lado, en el C.S. 7 de junio, se encontró la escasez de un "Data Logger". Esta realidad sin duda, representa un riesgo en el traslado y manejo de las vacunas debido a que están expuestas a un posible desperfecto en su constitución, alcanzándose a dañar el resultado óptimo para la población. (Andina, 2018)

En la región Lambayeque, lotes de vacunas que estaban destinadas a ser administradas a 14 mil infantes quedaron inmobilizadas, puesto que se desconocía si las vacunas se encontraban en estado óptimo o no al haberse producido la interrupción de la cadena de frío tras la suspensión del servicio eléctrico. El subgerente regional de Salud refirió que se tomó cartas en el asunto al enviar las muestras correspondientes y esperaba que el Ministerio de Salud (MINSA) de a conocer si el producto adquirido se encontraba en buenas condiciones o se dañó. (RPP Noticias, 2016)

La realidad problemática desarrollada en la presente investigación, fue encontrada en el Centro de Salud Cayaltí, perteneciente a la Red de Salud Chiclayo, región de Lambayeque, se encarga de realizar campañas de vacunación para la prevención de las diferentes enfermedades, sin embargo, para el traslado de las vacunas, no cuentan con apropiados equipos de refrigeración portátiles que ayuden a mantener de forma óptima la cadena de frío de las vacunas, lo que es más complicado cuando el especialista de salud se moviliza a las zonas rurales, para cumplir con las campañas de vacunación. Si bien es cierto, los paquetes fríos tienen la función de conservar y asegurar la temperatura propicia de almacenaje y así poder garantizar la eficacia de las vacunas, pero debido a que están predestinados para un determinado tiempo pierden esa característica de mantener el frío.

En el presente trabajo de investigación se formuló la siguiente interrogante: ¿El uso de celdas termoeléctricas Peltier permitirá la generación de frío en un termo porta vacunas de 1.7 litros?, siendo la hipótesis: Si se utiliza celdas termoeléctricas Peltier entonces permitirá la generación de frío en un termo porta vacunas de 1,7 litros.

Respecto a la justificación del estudio, se realizó con la intención de generar conocimiento sobre nuevas tecnologías como alternativas de solución; además del impacto positivo que tiene para la sociedad, debido a que este equipo permite mantener las vacunas en el grado óptimo permitiendo una excelente preservación durante el almacenamiento y traslado de éstas hasta la zona de vacunación para la respectiva aplicación, principalmente a personas que habitan en zonas rurales, mejorando así su calidad de vida y además no ocasiona daños al medio ambiente.

Finalmente, el objetivo general fue: Utilizar celdas termoeléctricas Peltier para la generación de frío en un termo porta vacunas de 1,7 litros, siendo los siguientes objetivos específicos: Determinar la carga térmica del termo porta vacunas de 1,7 litros, seleccionar la celda termoeléctrica Peltier para el termo porta vacunas de 1,7 litros, seleccionar el módulo de refrigeración y componentes del sistema de refrigeración Peltier para el termo porta vacunas de 1,7 litros y diseñar el termo porta vacunas utilizando las celdas termoeléctricas Peltier mediante el uso de un software de diseño.

II. MARCO TEÓRICO

Las investigaciones que se consideraron como antecedentes de importancia para la investigación, fueron:

Lucas (2011) en su proyecto estudió la conservación de la temperatura al interior de un volumen fijo de aire con la finalidad de preservar las vacunas a través de un sistema de refrigeración basado en el efecto termoeléctrico Peltier para que las vacunas permanezcan a una temperatura de 5°C, teniendo una temperatura ambiente de 27 °C. Concluye en que la refrigeración termoeléctrica Peltier es eficientemente menor que los sistemas convencionales (por compresión), tiene un control exacto de la temperatura, proporciona sencillez a todo el proyecto sin causar daños al medio ambiente, así mismo, se demuestra la viabilidad de implantar la tecnología Peltier en climatización, dejando una posibilidad a la construcción de un prototipo establecido en los datos obtenidos de este trabajo.

Godoy (2016) en su investigación desarrolló un equipo que lleva a cabo la refrigeración y un sistema de control que permita que el proyecto conserve la temperatura invariable. Como resultado se pudo notar que a los 90 minutos de encendido el proyecto, la temperatura de 5 °C es alcanzada. El investigador concluye en que es viable construir una cámara que utilice celdas Peltier, para la refrigeración de vacunas.

Wilcox y otros (2018) en su investigación analizaron el diseño de un dispositivo capaz de enfriar y almacenar diversos tipos de vacunas, de forma sostenible y cuidando el medio ambiente, haciendo uso del efecto Peltier para aumentar la eficiencia en la conservación de estas. Presentó el diseño basado en la realización de un modelado de transferencia de calor y utilizando herramientas online para la selección de los componentes. Según sus resultados obtenidos concluyeron que es factible la construcción y prueba del equipo propuesto, debido a que el modelo teórico del mismo y la factibilidad de obtener los dispositivos adecuados garantiza la construcción y operación del mismo; recomiendan la posibilidad de suministrar la energía solar requerida al sistema.

Merino (2017) en su tesis propuso una alternativa para personas con limitaciones físicas, quienes presentan complicaciones al establecer una comodidad térmica de forma independiente. Para ello diseñó e implementó este sistema a base de una celda Peltier, además hizo uso de la plataforma Arduino para el control de temperatura, concluyendo que este sistema no ofrece una refrigeración eficiente para el uso diario para una persona con discapacidad.

Caruajulca (2019) en su tesis realizó un estudio para mejorar el confort al interior de la cabina de un Hino 2626, tuvo como objetivo el estudio de la climatización de esta, así como aprovechar las ventajas del efecto Peltier para alcanzar las temperaturas apropiadas, para ello calculó las cargas térmicas del interior del compartimiento del camión Hino, teniendo un valor de 3018.46 W, se utilizaron 30 celdas Peltier TEC1-12718, cada una con una potencia de 100 W.

A pesar de la gran cantidad de información e investigaciones realizadas sobre refrigeración utilizando celdas Peltier, solo en algunos países se ha utilizado para sistemas de refrigeración. Por ejemplo, en equipos de refrigeración portátiles para vacunas, refrigeración de automóviles, calefacción o aire acondicionados de uso personal, sin embargo, en el Perú no se conoce aún de prácticas de diseño o construcción de termos de refrigeración portátiles para vacunas por medio de dichas celdas.

Como teorías relacionadas al tema tenemos:

Efecto termoeléctrico, habitualmente el efecto termoeléctrico comprende tres efectos relacionados tales como: el efecto Seebeck, el efecto Peltier y el efecto Thomson.

Efecto Seebeck, se da cuando se genera electricidad a partir de la unión entre dos metales distintos, un metal y un semiconductor o dos semiconductores, que se encuentren ubicados en un mismo circuito debido a la variación de temperatura entre ellos. Fue descubierto por el físico alemán Thomas J. Seebeck en el año 1820. (EcuRed, s.f.)

Efecto Thomson, se explica como la absorción o generación de calor (reversible) en un elemento semejante que depende de una variación de temperatura entre sus

extremos por el que se hace circular una intensidad de corriente eléctrica. (González, 2011)

Efecto Peltier, su descubrimiento se le atribuye a Jean Charles Peltier (físico francés) en los años 1834. Es contrario al efecto Seebeck, consiste en que cuando una intensidad de corriente eléctrica transita a través de la unión de dos conductores desemejantes, se origina un enfriamiento o calentamiento dependiendo la dirección de la corriente, esto quiere decir que una de sus uniones absorbe calor y la otra lo libera; el calor que concede el lado caliente es la adición de la energía eléctrica contribuida al termoelemento. Los termoelementos conformados de esta manera constituyen a un artefacto frigorífico. (Vargas, y otros, 2007)

Celdas termoeléctricas Peltier o Celdas Peltier, son considerados bombas de calor de estado sólido y funcionan bajo el principio del efecto Peltier ya que una cara de ella genera frío y la otra emite calor, se encuentra compuesta por un arreglo de elementos semiconductores; están constituidas básicamente de bismuto-teluro, aleación que posee gran cantidad de transportadores de energía, los que van conectados en serie eléctricamente y térmicamente en paralelo que, al aplicarle una tensión eléctrica se genera una diferencia de temperatura. (Sullcahuamán, 2017)



Figura 01. Diagrama de una celda Peltier y su estructura interna.

Fuente: Vargas, y otros, 2007.

Estas celdas se han perfeccionado con la finalidad de aprovechar el efecto Peltier, tiene una infinidad de aplicaciones, donde es necesario emplear un sistema frío y calor al mismo tiempo. Son utilizadas en pequeños sistemas de aire acondicionado, frigobares, huertos hidropónicos con control de temperatura, calefacción y refrigeración personal y de vehículos.

Aunque el efecto Peltier se conoce hace mucho tiempo, su desarrollo y construcción recién ha sido posible en las décadas actuales gracias al gran avance de la tecnología sobre todo de la electrónica y la implementación de materiales semiconductores. (Godoy, 2016)

Vacunas, se conoce como vacuna a cierta elaboración consignada a crear una protección frente a una epidemia o malestar incitando a la generación de anticuerpos. La técnica más efectiva para suministrarlas es a través de la inyección. (Organización Mundial de la Salud, 2016).

Refrigeración de las vacunas, hasta la actualidad, la cadena de frío sigue siendo el único método que nos permite certificar y garantizar la inmunogenicidad y eficacia protectora de las vacunas. Debido a eso, los dispositivos de refrigeración deben conservar la temperatura en el rango de +2 °C a +8 °C. (Ministerio de Salud, 2017)

Elementos que perturban la vida fría de la refrigeración de las vacunas

- Temperatura ambiental (exterior).
- El espesor y la eficiencia del material aislante.
- Número de paquetes fríos (ice packs) de acuerdo al tipo de termo porta vacunas.
- Temperatura de congelación del agua del ice pack.
- Tiempo de enfriamiento y descongelamiento de los paquetes fríos.
- Número e intervalo de tiempo de aperturas del termo.

Cadena de frío, este sistema certifica el transporte, almacenamiento y administración adecuada de las vacunas, durante su elaboración hasta su posterior aplicación, dentro de las condiciones establecidas de temperatura para salvaguardar la potencia inmunológica de estas. (Horna, 2016)

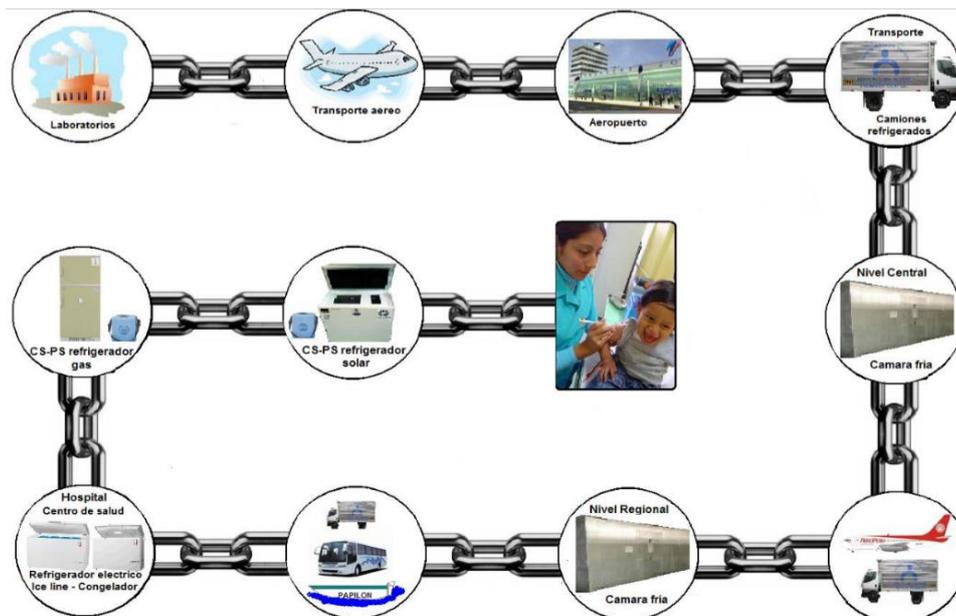


Figura 02. Cadena de frío.

Fuente: Ministerio de Salud, 2017.

Tipos de equipos de refrigeración de vacunas, con el fin de asegurar la preservación de la cadena de frío de las vacunas se emplean diferentes dispositivos que permiten conservar la temperatura a 5 °C como promedio, desde su adquisición, durante su traslado hasta su posterior repartición en hospitales, centros de salud, campañas de vacunación, entre otros. Entre estos equipos podemos encontrar:

Cámara frigorífica para vacunas: Equipo frigorífico que permite almacenar grandes cantidades de vacunas, pueden contener provisiones para un país, provincia o región. (Ministerio de Salud, 2017)

Congelador: conservan las vacunas a temperaturas entre -15 °C y -25 °C, Se pueden encontrar a nivel nacional, regional, subregional y provincial. (Ildefonso, y otros, 2018)

Refrigerador Ice Lined: refrigeradora de diseño horizontal, por su diseño tienen una gran autonomía frigorífica en casos de corte o fallas de la energía eléctrica. (Ministerio de Salud, 2017)

Refrigerador fotovoltaico para vacunas: refrigeradora que emplea paneles solares que transforman la energía solar en eléctrica para su funcionamiento. (Ministerio de Salud, 2017)

Caja transportadora: Son cajas especiales con aislante de poliuretano inyectado, recubierta generalmente de un plástico con la finalidad de hermetizar el sistema y permitir acomodar los paquetes. (Aniorte, 2018)

Termo porta vacunas: Elemento térmico de diseño exclusivo, usa como aislante poliuretano para la preservación y traslado de los inyectables entre los parámetros determinados de temperatura. La temperatura de refrigeración se debe mantener desde los 2 °C hasta 8 °C. (Ministerio de Salud, 2017)

Para la refrigeración para las vacunas, también se debe tener en consideración los paquetes fríos (ice packs), termómetros, paneles solares, data logger, que ayudan a mantener y preservar las temperaturas apropiadas de acaparamiento y así certificar la eficacia de las vacunas y demás medicamentos. (Ministerio de Salud, 2017)

Los principios y ecuaciones que se utilizaron para determinar las diversas variables de este trabajo (carga térmica por conducción y convección, selección del módulo y otros componentes), fueron:

Cálculo de la carga térmica

La resistencia térmica total es:

$$R_{TOTAL} = R_{T-cond} + R_{conv-ext} + R_{conv-int}$$

Indicado a través del coeficiente global de transferencia de calor ($U * A$), queda denotado:

$$U * A = \frac{A}{R_{TOTAL}} = \frac{1}{\frac{R_{T-cond}}{A_{ext}} + \frac{R_{conv-ext}}{A_{ext}} + \frac{R_{conv-int}}{A_{int}}}$$

En la ecuación:

U : Coeficiente global de transmisión de calor [W/K*m2]

A : Área de la pared en dirección de la transferencia de calor [m²]

A_{ext} : Área exterior del termo porta vacunas [m²]

A_{int} : Área interior del termo porta vacunas [m²]

Entonces la carga térmica del termo a vencer es:

$$\dot{Q}_x = U * A * (T_{ext} - T_{int})$$

En la ecuación:

\dot{Q}_x : Calor transferido por pared [W]

T_{ext} : Temperatura exterior [K]

T_{int} : Temperatura interior [K]

Cálculo de Carga o resistencia térmica por conducción, este cálculo se realizó mediante la Ley de Fourier (Cengel, y otros, 2011), la cual sirvió para hallar la transferencia de calor por conducción, viene denotada:

$$\dot{Q}_x = -k * A * \frac{dT}{dx} = \frac{k * A}{e} * (T_{sup.int} - T_{sup.ext})$$

En la ecuación:

\dot{Q}_x : Calor transferido [W]

k : Conductividad del material [W/m*K]

A : Área de la pared en dirección de la transferencia de calor [m²]

$\frac{dT}{dx}$: Variación de temperatura en función de x

e : Espesor del material [m]

$T_{sup.int}$: Temperatura de la superficie interna [K]

$T_{sup.ext}$: Temperatura de la superficie externa [K]

La resistencia térmica por conducción se expresa de la siguiente manera, por la semejanza en relación a la transmisión de calor y la carga eléctrica:

$$R_{T-cond} = \frac{e}{k}$$

Entonces, la ecuación queda:

$$\dot{Q}_x = \frac{A}{R_{T-cond}} * (T_{sup.int} - T_{sup.ext})$$

Debido a que es un circuito en serie, la resistencia total por conducción resulta:

$$R_{T-cond} = R_{cond-pe} + R_{cond-pu} + R_{cond-pe} = \frac{e_{pe}}{k_{pe}} + \frac{e_{pu}}{k_{pu}} + \frac{e_{pe}}{k_{pe}}$$

$$R_{T-cond} = 2 \left(\frac{e_{pe}}{k_{pe}} \right) + \frac{e_{pu}}{k_{pu}}$$

Siendo:

R_{T-cond} : Resistencia térmica total por conducción [K*m2/W]

$R_{cond-pe}$: Resistencia térmica de conducción del polietileno [K*m2/W]

$R_{cond-pu}$: Resistencia térmica de conducción del poliuretano [K*m2/W]

e_{pe} : Espesor de la capa de polietileno [m]

e_{pu} : Espesor de la capa de poliuretano [m]

k_{pe} : Conductividad térmica de conducción del polietileno [W/m*K]

k_{pu} : Conductividad térm. de conducción del poliuretano [W/m*K]

Cálculo de las cargas térmicas externas por convección natural, la fórmula que representa el flujo de calor por convección, está expresada: (Cengel, y otros, 2011)

$$\dot{Q}_x = h * A * (T_{ext} - T_{sup.ext})$$

En la ecuación:

h : Coeficiente de convección [W/m2*K]

A : Área de la pared en dirección a la transferencia de calor [m2]

T_{ext} : Temperatura externa [K]

$T_{sup.ext}$: Temperatura de la superficie externa [K]

Cálculo para comprobar la convección en las paredes externas

Se tiene que cumplir la siguiente expresión:

$$\frac{G_{rL}}{Re_L^2} \gg 1$$

Siendo:

G_{rL} : Número de Grashof para una longitud característica L

Re_L : Número de Reynolds para una longitud característica L

Número de Grashof está expresado por: (Cengel, y otros, 2011)

$$G_{rL} = \frac{g * \beta * (T_{sup-ext} - T_{ext}) * L^3}{\nu_{aire}^2}$$

En la ecuación:

g : Aceleración de la gravedad [m/s²]

β : Coeficiente de expansión [K⁻¹]

$T_{sup-ext}$: Temperatura de la superficie en la pared externa [K]

T_{ext} : Temperatura del aire exterior [K]

L : Longitud característica, altura de la pared del temo [m]

ν_{aire}^2 : Viscosidad cinemática del aire [m²/s]

Coeficiente de expansión:

$$\beta = \frac{-1}{\rho} \left(\frac{\partial \rho}{\partial T} \right) = \frac{1}{T_{f-ext}}$$

Entonces:

$$T_{f-ext} = T_{sup-ext}$$

El número de Reynolds:

$$R_{rL-ext} = \frac{\rho_{aire-ext} * v_{ext} * L}{\mu_{aire-ext}}$$

En la ecuación:

$\rho_{aire-ext}$: Densidad del aire exterior [kg/m³]

v_{ext} : Velocidad del aire exterior [m/s]

L : Longitud característica [m]

$\mu_{aire-ext}$: Viscosidad dinámica del aire exterior [N*s/m²]

Velocidad del aire exterior, se halla mediante:

$$v_{ext} = \frac{T_{ext}}{100} * 0.07$$

Resistencia térmica por convección natural de las paredes

El fenómeno de transmisión de calor por convección (R_{conv}), está dada por:

$$R_{conv} = \frac{1}{h} \left[\frac{K * m^2}{W} \right]$$

En la ecuación:

h : Coeficiente de convección [W/K*m²]

Para encontrar el valor de h (coeficiente de convección) se empleó la siguiente notación:

$$N_{uL} = \frac{h * L}{k_{aire}}$$

En la ecuación:

N_{uL} : Número de Nusselt

k_{aire} : Conductividad térmica del aire externo [W/m*K]

L : Longitud característica [m]

Para calcular el N_{uL} (Número de Nusselt) se hizo uso de la fórmula: (Cengel, y otros, 2011 pág. 528)

$$N_{uL} = \left(0.825 + \frac{0.387 * (R_{aL})^{1/6}}{\left(1 + \left(\frac{0.492}{Pr_{ext}} \right)^{9/16} \right)^{8/27}} \right)^2$$

En la ecuación:

R_{aL} : Número de Rayleigh

Pr_{ext} : Número de Prandtl del aire exterior

Además, se conoce que el número de Rayleigh es:

$$R_{aL} = G_{rL-ext} * Pr_{ext}$$

Resistencia térmica por convección de las paredes horizontales (superior e inferior

Para ello se hizo la distinción entre los cálculos para la pared horizontal superior e inferior. (Caruajulca, 2019)

Convección natural en la pared horizontal superior

$$N_{uL} = 0.27 * (R_{aL})^{1/4}$$

Convección natural en la pared horizontal inferior

Para este caso, la ecuación está dada por: (Cengel, y otros, 2011 pág. 528)

$$N_{uL} = 0.54 * (R_{aL})^{1/4} \quad \text{Para } 10^4 \leq R_{aL} \leq 10^7 \dots \dots \dots (i)$$

$$N_{uL} = 0.15 * (R_{aL})^{1/3} \quad \text{Para } 10^7 \leq R_{aL} \leq 10^{11} \dots \dots \dots (ii)$$

Cálculo para comprobar la convección en las paredes internas

Se debe cumplir que:

$$\frac{G_{rL}}{R_{eL}^2} \ll 1$$

Siendo:

G_{rL-int} : Número de Grashof para una longitud característica L interior.

Re_{L-int} : Número de Reynolds para una longitud característica L interior.

El diámetro hidráulico (D_{h-int}) equivalente, se halló mediante:

$$D_{h-int} = \frac{4 * A}{P}$$

En la ecuación:

A : Área mojada [m²]

P : Perímetro mojado [m]

Resistencia térmica por convección forzada al interior del temo porta vacunas, establecer el coeficiente de convección de un flujo interno en estado forzado, no es fácil de realizar, comúnmente es realizado de manera práctica o utilizando complejos programas de simulación. En este caso, haciendo referencia de muchos autores, Lucas (2011), y otros.

La expresión del Nusselt es:

$$N_u = 0.036 * R_e^{0.8} * P_r^{\frac{1}{3}} * \left(\frac{d}{L}\right)^{0.055}$$

Siendo:

L : Longitud de la tubería [m]

d : Diámetro de la tubería [m]

De la expresión anterior se descompone:

$$N_u = 0.024 * R_e^{0.786} * P_r^{0.42} * \left[1 + \left(\frac{d}{L}\right)^{0.055}\right]$$

Debido a los datos solicitados, estas expresiones se tuvieron que modificar para adecuarlas al presente problema, (Lucas, 2011) y (Godoy, 2016), teniéndose que:

La longitud de la tubería (L), es equivalente a la altura interna del termo porta vacunas, y

El diámetro de la tubería (d), es semejante al diámetro hidráulico, establecido anteriormente.

Coefficiente de rendimiento (COP), proviene de Coefficient of Performance y se calcula mediante la ecuación:

$$COP = \frac{Q}{W}$$

En la ecuación:

Q : Calor total absorbido (W)

W : Potencia eléctrica suministrada (W)

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

La presente investigación es de tipo Aplicada Tecnológica, enfoque cuantitativo y diseño de investigación No experimental descriptiva.

Aplicada Tecnológica

Es aplicada tecnológica, debido a que se hizo uso de conocimientos desarrollados y fundamentos establecidos en investigaciones anteriores, en este caso nos apoyamos en los fundamentos de transferencia de calor, termodinámica, entre otros, los cuales ayudaron en el desarrollo de la investigación y así encontrar la solución al problema, siendo la utilización de celdas Peltier en un termo porta vacunas.

No Experimental Descriptiva

Debido a que en esta investigación no se realizó manipulación intencional de las variables, se observaron los fenómenos tal y como se dan en su contexto, se recopiló la información necesaria para la determinación y cálculo de las diferentes condiciones, luego han sido analizadas y presentadas de manera descriptiva sin ninguna omisión y, por último, se presentó un diseño el cual está basado en dichos datos obtenidos.

3.2. Variables y operacionalización

3.2.1. Variable independiente.

Celdas termoeléctricas Peltier.

3.2.2. Variable dependiente.

Generación de frío en un termo porta vacunas.

3.2.3. Operacionalización de variables.

Matriz de operacionalización de variables – Anexo 01.

3.3. Población, muestra y muestreo

En el presente informe, la población estuvo conformada por todos los termos porta vacunas de 1,7 litros que se encuentran en los Centros de Salud de la Red de Salud Chiclayo.

Con respecto a la muestra, se seleccionó de manera no probabilística, eligiéndose el termo porta vacunas King Seeley Thermos (KST), modelo 3504, de la marca THERMOS, que tiene una capacidad interna de 1,7 litros, el cual es el más utilizado en el Centro de Salud Cayaltí, por lo que se empleó en el desarrollo de este proyecto.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la realización de este trabajo de investigación se utilizó dos técnicas de recolección de datos fundamentales, las cuales fueron:

Observación

Esta técnica sirvió para seleccionar el termo porta vacunas a utilizar en esta investigación, así como las condiciones de trabajo a las que va a ser sometido y, posteriormente determinar la carga térmica y seleccionar las celdas termoeléctricas Peltier a utilizar.

Análisis documentario

Esta técnica permitió la búsqueda, revisión y evaluación de los datos detallados por el diseñador o fabricante, con la finalidad de calcular las diferentes constantes necesarias para la realización del presente estudio.

Como instrumentos de recolección de datos se utilizó:

Ficha de análisis de documentos

Se empleó para registrar la documentación académica y científica de otros autores, que han desarrollado investigaciones semejantes al proyecto realizado, que será compilada y analizada como apoyo al desarrollo de esta investigación.

Instrumentos de medición

Se utilizó instrumentos como multímetro digital, termómetros digitales, los cuales sirvieron para medir la temperatura, el voltaje, el amperaje y otros indicadores.

Validez

La validez fue realizada por expertos en la materia, en este caso, profesionales en Ingeniería Mecánica Eléctrica, además fueron los responsables de validar los instrumentos de recolección de datos, así como lo referente a la metodología y desarrollo del trabajo.

Confiabilidad

La toma de datos, registros y cálculos fueron realizados por medio de los instrumentos de medición debidamente calibrados, teorías y fundamentos establecidos; el autor garantiza que los mismos son genuinos, y garantizan la confiabilidad de los mismos.

3.5. Procedimientos

Para la realización del presente informe de investigación, se obtuvo la información y datos de los manuales de los fabricantes, fichas técnicas del termo porta vacunas KST, celdas Peltier y módulo de refrigeración.

La data de la temperatura máxima ambiente, ha sido extraída de la base de datos online ofrecida por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI).

Los cálculos para la obtención de la carga térmica a vencer, se determinaron por medio del análisis de los diferentes materiales que constituyen el termo KST y demás condiciones que intervienen como la temperatura ambiente, a través de los principios y teoremas de la ciencia de transferencia de calor y principios de la termodinámica. Por último, se presentó el diseño del termo porta vacunas usando celdas Peltier en un software de diseño.

3.6. Métodos de análisis de datos

Se emplearon tablas, gráficos de análisis de datos de Microsoft Word y Excel de manera descriptiva, para determinar que los resultados obtenidos mediante los cálculos y software de selección fueron verdaderos.

La información obtenida fue presentada sin la omisión de algún resultado, utilizando el método descriptivo a fin de presentar los resultados de manera detallada, dinámica y precisa.

Por último, se presentó el diseño del termo porta vacunas KST utilizando celdas termoeléctricas Peltier en el software de diseño SolidWorks.

3.7. Aspectos éticos

En la investigación se respetó los derechos de autor de las diferentes fuentes de información, asimismo el proyecto no perjudica el medio ambiente ni afecta la seguridad del usuario o personal.

IV. RESULTADOS

4.1. Determinar la carga térmica del termo porta vacunas de 1,7 litros.

Para determinar la carga térmica del termo porta vacunas de 1,7 litros elegido fue necesario conocer las condiciones externas (temperatura máxima del medio ambiente), las condiciones internas (temperatura promedio de refrigeración de las vacunas) y, la composición del termo porta vacunas elegido (material y espesor de las capas aislantes).

4.1.1. Condiciones externas.

Temperatura ambiente

Tabla 01. *Propiedades del aire a 35.4 °C*

Propiedades	Simbología	Valor	Unidades
Presión	$P_{\text{aire-ext.}}$	1	atm
Temperatura	$T_{\text{aire-ext.}}$	35.4	°C
Temperatura	$T_{\text{aire-ext.}}$	308.55	K
Densidad	$\rho_{\text{aire-ext.}}$	1.144	kg/m^3
Calor específico	$C_{p\text{aire-ext.}}$	1007	$\text{J}/\text{kg} * \text{K}$
Conductividad térmica	$k_{\text{aire-ext.}}$	0.02628	$\text{W}/\text{m} * \text{K}$
Difusividad térmica	$\alpha_{\text{aire-ext.}}$	2.283×10^{-5}	m^2/s^2
Viscosidad dinámica	$\mu_{\text{aire-ext.}}$	1.897×10^{-5}	$\text{kg}/\text{m} * \text{s}$
Viscosidad cinemática	$\nu_{\text{aire-ext.}}$	1.659×10^{-5}	m^2/s
Número de Prandtl	$Pr_{\text{aire-ext.}}$	0.7267	-

Fuente: Cengel y otros (2011)

4.1.2. Condiciones internas.

Como es necesario que las condiciones de temperatura al interior del termo porta vacunas sean constantes para salvaguardar la cadena de frío, la temperatura de refrigeración adecuada promedio para las vacunas es de +5 °C.

Tabla 02. *Propiedades del aire a 5°C*

Propiedad	Símbolo	Valor	Unidades
Presión	$P_{\text{aire-int.}}$	1	atm
Temperatura	$T_{\text{aire-int.}}$	5	°C
Temperatura	$T_{\text{aire-int.}}$	278.15	K
Densidad	$\rho_{\text{aire-int.}}$	1.269	kg/m^3
Calor específico	$C_{p\text{aire-int.}}$	1006	$\text{J}/\text{kg} * \text{K}$
Conductividad térmica	$k_{\text{aire-int.}}$	0.02401	$\text{W}/\text{m} * \text{K}$
Difusividad térmica	$\alpha_{\text{aire-int.}}$	1.880×10^{-5}	m^2/s^2
Viscosidad dinámica	$\mu_{\text{aire-int.}}$	1.754×10^{-5}	$\text{kg}/\text{m} * \text{s}$
Viscosidad cinemática	$\nu_{\text{aire-int.}}$	1.382×10^{-5}	m^2/s
Número de Prandtl	$Pr_{\text{aire-ext.}}$	0.7350	-

Fuente: Cengel y otros (2011)

4.1.3. Características del termo porta vacunas KST.

El termo porta vacunas utilizado es de la marca THERMOS, modelo 3504 UN/CF KST (King Seeley Thermos).

Los datos e información de sus características y dimensiones fueron obtenidas de manuales y fichas técnicas de los principales distribuidores de estos termos especializados – Anexo 07, obteniéndose la siguiente tabla:

Tabla 03. *Especificaciones técnicas del termo porta vacunas KST*

Ítem	Especificaciones	Valor
01	Capacidad total	4,35 litros
02	Capacidad interna	1,7 litros
03	Espesor de aislante	0.04 metros
04	Material de aislante	Poliuretano
05	Material de superficie externa e interna	Polietileno
06	Dimensiones internas	0.15 m x 0.15 m x 0.19 m
07	Dimensiones externas	0.24 m x 0.24 m x 0.33 m

Fuente: Grupo Sumipack (2019)

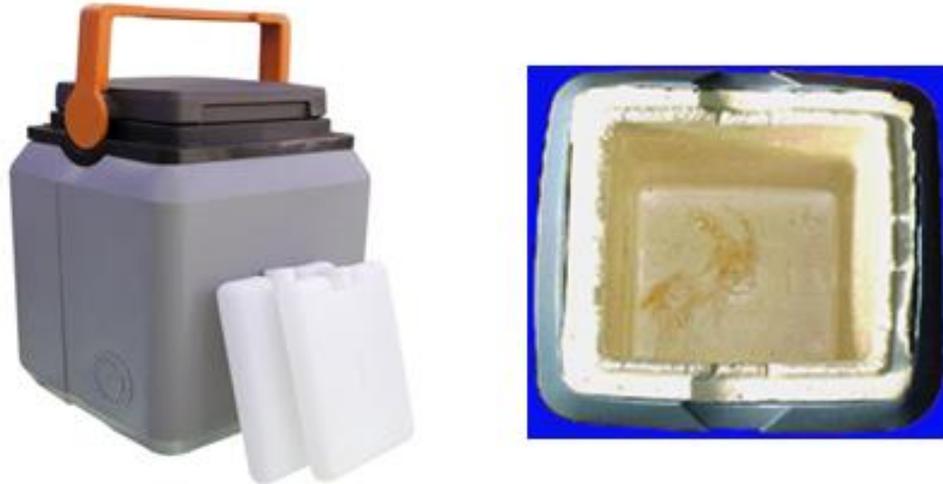


Figura 03. Termo porta vacunas KST y corte del termo de forma horizontal.

Fuente: Ministerio de Salud, 2017.

Además, fue necesario conocer las propiedades de los materiales aislantes, siendo:

Tabla 04. *Propiedades de materiales aislantes*

Material	Capas	Espesor (m)	Densidad, ρ (kg/m ³)	Conductividad térmica, k (w/m*k)
Poliuretano	1	0.04	24	0.023
Polietileno	2	0.025	950	0.43

Fuente: Cengel y otros (2011) y Plasticbages Industrial (2013)

Los datos de las propiedades de los materiales se han extraído del libro de Transferencia de calor y masa, tabla A-6 (Cengel, y otros, 2011) y de la tabla de propiedades del polietileno de Plasticbages Industrial - Anexo 08.

4.1.4. Cálculo de las cargas térmicas.

La carga térmica o denominada también carga de enfriamiento, fue la suma de resistencias térmicas que se pretende someter en cierto espacio, para conservar las condiciones de temperatura de manera invariable. Fue inevitable determinar la carga térmica total del termo porta vacunas, para hallar la potencia de enfriamiento requerida y seleccionar la celda Peltier y el módulo de refrigeración termoeléctrica Peltier.

Para el desarrollo de este proyecto, la transferencia de calor por el fenómeno de radiación en estos casos, es insignificante, por lo cual no se tomó en

consideración, esto se tomó como referencia de las investigaciones de Godoy (2016) y Lucas (2011).

Los mecanismos de transmisión de calor mencionados anteriormente, fueron estudiadas por semejanza eléctrica con la Ley de Ohm.

Entonces, se obtuvo 3 resistencias térmicas:

- Resistencia térmica total por conducción: R_{T-cond}
- Resistencia térmica por convección externa: $R_{conv-ext}$
- Resistencia térmica por convección interna: $R_{conv-int}$

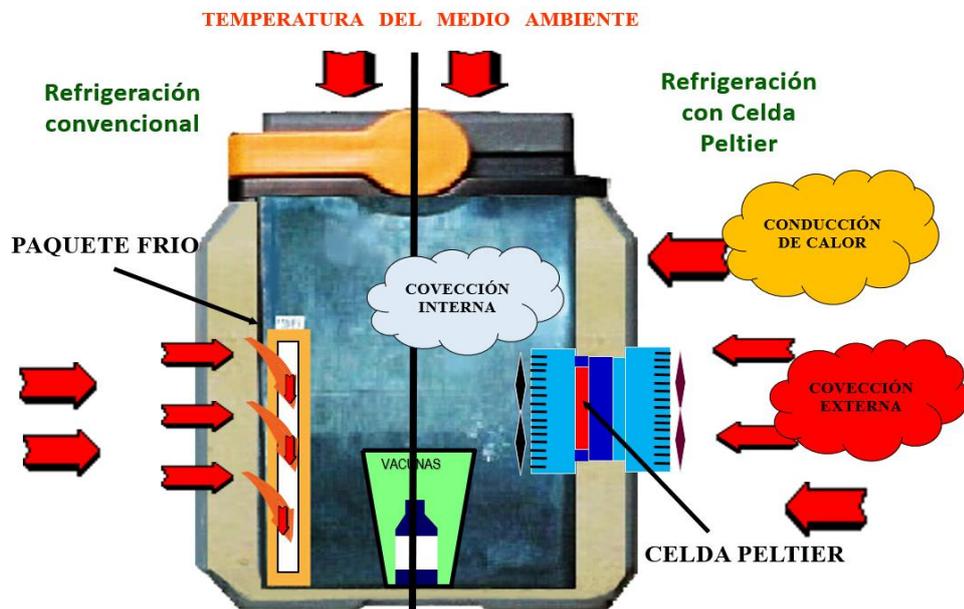


Figura 04. Corte transversal de termo porta vacunas con refrigeración convencional y refrigeración Peltier.

Fuente: Elaboración propia.

Siendo la resistencia térmica total:

$$R_{TOTAL} = R_{T-cond} + R_{conv-ext} + R_{conv-int}$$

Expresado en " $U * A$ ", coeficiente global de transferencia de calor, queda expresado:

$$U * A = \frac{A}{R_{TOTAL}} = \frac{1}{\frac{R_{T-cond}}{A_{ext}} + \frac{R_{conv-ext}}{A_{ext}} + \frac{R_{conv-int}}{A_{int}}}$$

Cálculo de Carga o resistencia térmica por conducción

La resistencia térmica por conducción se determinó utilizando la fórmula, que está dada por: (Cengel, y otros, 2011)

$$\dot{Q}_x = -k * A * \frac{dT}{dx} = \frac{k * A}{e} * (T_{sup.int} - T_{sup.ext})$$

Por lo que, manejando la equivalencia entre la difusión de calor y de la carga eléctrica, la resistencia térmica de conducción de calor es:

$$R_{T-Cond} = \frac{e}{k}$$

La ecuación quedó de la siguiente manera:

$$\dot{Q}_x = \frac{A}{R_{T-Cond}} * (T_{sup.int} - T_{sup.ext})$$

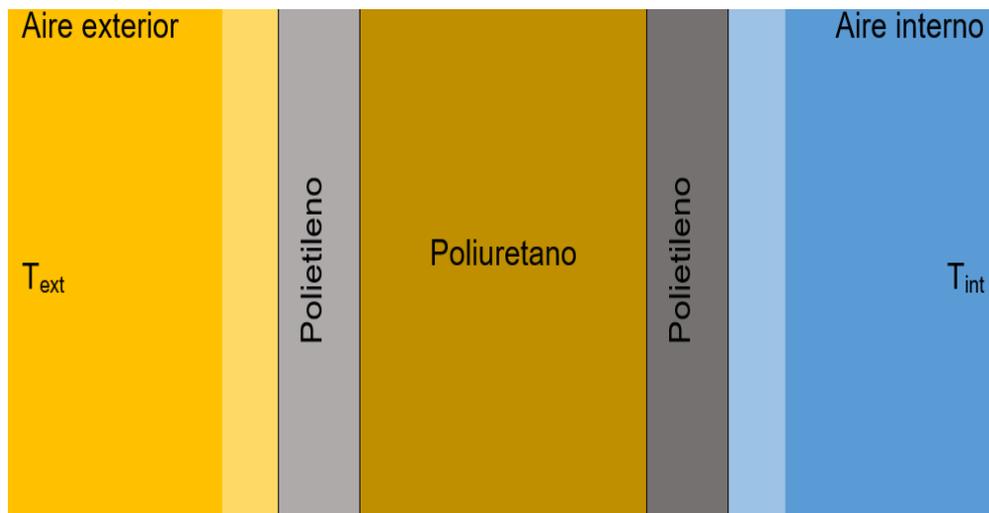


Figura 05. Corte longitudinal de una pared de termo porta vacunas KST.

Fuente: Elaboración propia.

Entonces, el circuito equivalente considerando sólo la transferencia de calor por conducción fue:

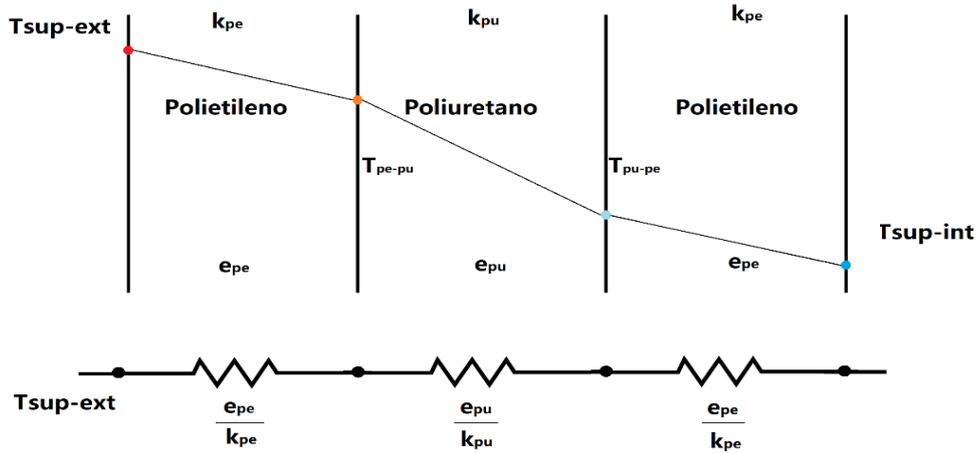


Figura 06. Circuito equivalente de las resistencias por conducción del termo porta vacunas KST.

Fuente: Elaboración propia.

La resistencia total por conducción resultó:

$$R_{T-cond} = R_{cond-pe} + R_{cond-pu} + R_{cond-pe} = \frac{e_{pe}}{k_{pe}} + \frac{e_{pu}}{k_{pu}} + \frac{e_{pe}}{k_{pe}}$$

$$R_{T-cond} = 2 \left(\frac{e_{pe}}{k_{pe}} \right) + \frac{e_{pu}}{k_{pu}}$$

Resistencia térmica del polietileno:

$$R_{cond.pe} = \frac{e_{pe}}{k_{pe}} = \frac{0.025}{0.43} = 0.0581 \frac{K * m^2}{W}$$

Resistencia térmica por el poliuretano:

$$R_{cond.pu} = \frac{e_{pu}}{k_{pu}} = \frac{0.04}{0.023} = 1.7391 \frac{K * m^2}{W}$$

Resistencia térmica total por conducción:

$$R_{T-cond} = 2 \left(\frac{e_{pe}}{k_{pe}} \right) + \frac{e_{pu}}{k_{pu}} = 2 \left(0.0581 \frac{K * m^2}{W} \right) + 1.7391 \frac{K * m^2}{W}$$

$$R_{T-cond} = 1.8553 \frac{K * m^2}{W}$$

Cálculo de las cargas térmicas externas por convección

Para realizar el cálculo del coeficiente de convección, se distinguió 2 tipos de convección natural en las paredes del termo KST: En las paredes verticales, y en las paredes horizontales.

Cálculo para comprobar la convección en las paredes externas del termo porta vacunas KST

Se tuvo que comprobar que:

$$\frac{G_{rL}}{ReL^2} \gg 1$$

Coefficiente de expansión, es:

$$\beta = \frac{-1}{\rho} \left(\frac{\partial \rho}{\partial T} \right) = \frac{1}{T_{f-ext}}$$

Se tiene que T_{f-ext} :

$$T_{f-ext} = T_{sup-ext}$$

La temperatura de la capa entre el polietileno y poliuretano (T_{pe-pu}) fue:

$$T_{pe-pu} = \frac{T_{ext} + T_{int}}{2} = \frac{35.4 \text{ } ^\circ\text{C} + 5 \text{ } ^\circ\text{C}}{2} = 20.2 \text{ } ^\circ\text{C} = 293.35 \text{ K}$$

La temperatura en la superficie de la pared externa fue:

$$T_{sup-ext} = \frac{T_{ext} + T_{pe-pu}}{2} = \frac{35.4 \text{ } ^\circ\text{C} + 20.2 \text{ } ^\circ\text{C}}{2} = 27.8 \text{ } ^\circ\text{C} = 300.95 \text{ K}$$

Entonces, el coeficiente de expansión β , resultó:

$$\beta = \frac{1}{T_{f-ext}} = \frac{1}{300.95} \text{ K}^{-1}$$

Utilizando los datos calculados, el número de Grashof para el aire exterior fue:

$$G_{rL-ext} = \frac{9.81 * \frac{1}{300.95} * (308.55 - 300.95) * 0.33^3}{(1.659 * 10^{-5})^2}$$

$$G_{rL-ext} = 3.235 * 10^7$$

Velocidad del aire:

$$v_{ext} = \frac{T_{ext}}{100} * 0.07 = \frac{35.4}{100} * 0.07 = 0.025 \text{ m/s}$$

Número de Reynolds:

$$R_{rL-ext} = \frac{\rho_{aire-ext} * v_{ext} * L}{\mu_{aire-ext}} = \frac{1.144 * 0.025 * 0.33}{1.897 * 10^{-5}} = 474.987$$

Luego, tomando los valores encontrados, se tiene:

$$\frac{G_{rL}}{R_{eL}^2} = \frac{3.235 * 10^7}{474.987^2} = 143.387 \gg 1$$

Por lo tanto, se comprueba que este caso fue una situación de convección natural.

Resistencia térmica por convección natural en las paredes verticales del termo KST

El fenómeno de la transmisión de calor por convección, está dada por:

$$R_{conv} = \frac{1}{h} \left[\frac{K * m^2}{W} \right]$$

El valor del coeficiente de convección "h"; se halló mediante la fórmula siguiente:

$$N_{uL} = \frac{h * L}{k_{aire}}$$

Para calcular el N_{uL} (Número de Nusselt) se hizo uso de la siguiente fórmula. (Cengel, y otros, 2011)

$$N_{uL} = \left(0.825 + \frac{0.387 * (R_{aL})^{1/6}}{\left(1 + \left(\frac{0.492}{Pr_{ext}} \right)^{9/16} \right)^{8/27}} \right)^2$$

$$R_{aL} = G_{rL-ext} * Pr_{ext} = 3.235 \times 10^7 * 0.7267$$

$$R_{aL} = 2.35 \times 10^7$$

Reemplazamos:

$$N_{uL} = \left(0.825 + \frac{0.387 * (2.35 \times 10^7)^{1/6}}{\left(1 + \left(\frac{0.492}{0.7267} \right)^{9/16} \right)^{8/27}} \right)^2$$

$$N_{uL} = 40.01$$

Entonces "h" en las paredes verticales exteriores fue:

$$h = \frac{N_{uL} * k_{aire}}{L} = \frac{40.01 * 0.02628}{0.33} = 3.186 \text{ W/m}^2 * K$$

Obteniéndose la resistencia térmica de las paredes verticales del termo porta vacunas KST:

$$R_{conv} = \frac{1}{h} = \frac{1}{3.186} = 0.314 \text{ K} * m^2 / W$$

Resistencia térmica por convección en las paredes horizontales (superior e inferior)

Convección natural en la pared horizontal superior

Para hallar el N_{uL} se utilizó la correlación de Mc Adams, que viene dada por:

$$N_{uL} = 0.27 * (R_{aL})^{1/4} = 0.27 * (2.35 \times 10^7)^{1/4} = 18.79$$

Entonces el coeficiente de convección (h) fue:

$$h_{ext-h-sup} = \frac{N_{uL} * k_{aire}}{L} = \frac{18.79 * 0.02628}{0.24} = 2.058 \text{ W/m}^2 * K$$

Por lo tanto, la resistencia térmica por convección en la pared superior horizontal del termo porta vacunas fue:

$$R_{conv-h-sup} = \frac{1}{h} = \frac{1}{2.058} = 0.486 \text{ K} * m^2/W$$

Convección natural en la pared horizontal inferior

$$N_{uL} = 0.15 * (R_{aL})^{\frac{1}{3}} \quad \text{Para } 10^7 \leq R_{aL} \leq 10^{11} \dots \dots \dots (ii)$$

$$N_{uL} = 0.15 * (2.35 * 10^7)^{\frac{1}{3}} = 42.96$$

El coeficiente de convección en la pared horizontal inferior fue:

$$h_{ext-h-inf} = \frac{N_{uL} * k_{aire}}{L} = \frac{42.96 * 0.02628}{0.24} = 4.704 \text{ W/K} * m^2$$

Resultando que, la resistencia térmica por convección en la pared inferior del termo porta vacunas fue:

$$R_{conv-h-inf} = \frac{1}{h} = \frac{1}{4.704} = 0.213 \text{ K} * m^2/W$$

Cálculo de las cargas térmicas internas por convección forzada

Con el propósito de mantener la temperatura constante al interior del termo porta vacunas, y evitar la formación de escarcha o hielo en el interior, fue obligatorio utilizar un ventilador sobre las aletas del módulo de refrigeración Peltier en el interior del termo, por lo cual, al utilizarse un ventilador en el interior del termo porta vacunas, constituye una transferencia de calor por convección forzada. (Godoy, 2016).

Cálculo para comprobar la convección en las paredes internas del termo porta vacunas KST

Para comprobar que este caso fue de convección forzada, se tuvo que cumplir:

$$\frac{Gr_L}{Re_L^2} \ll 1$$

La temperatura de la capa entre el polietileno y poliuretano, T_{pe-pu}, y la temperatura interna, fue:

$$T_{sup-int} = \frac{T_{int} + T_{pe-pu}}{2} = \frac{5\text{ °C} + 20.2\text{ °C}}{2} = 12.6\text{ °C} = 285.75\text{ K}$$

Entonces, el coeficiente de expansión β , quedó:

$$\beta = \frac{1}{285.75}\text{ K}^{-1}$$

Utilizando los datos anteriormente calculados, el número de Grashof para el aire exterior fue:

$$Gr_{L-int} = \frac{g * \beta_{int} * (T_{sup-int} - T_{int}) * L_{int}^3}{\nu_{aire-int}^2}$$

$$Gr_{L-ext} = \frac{9.81 * \frac{1}{285.75} * (285.75 - 278.15) * 0.19^3}{(1.382 * 10^{-5})^2}$$

$$Gr_{L-ext} = 9.370 * 10^6$$

El diámetro hidráulico (D_{h-int}) equivalente, se halló mediante:

$$D_{h-int} = \frac{4 * A}{P}$$

$$D_{h-int} = \frac{4 * 0.0285}{0.68} = 0.17\text{ m}$$

Para la determinación del número de Reynolds del aire interior del termo, R_{rL-int} , se consideró la velocidad del aire frío, la cual fue extraída de las descripciones técnicas del ventilador del que estuvo conformado el módulo de refrigeración Peltier. Se consideró al ventilador ADDA AQ1212MB - Anexo 09.

Teniéndose que la velocidad del aire frío v_{int} fue:

$$v_{int} = 3.12 \text{ m/s}$$

Reemplazando los datos anteriores, el R_{rL-int} , es:

$$R_{rL-int} = \frac{\rho_{aire-int} * v_{int} * D_{h-int}}{\mu_{aire-int}} = \frac{1.269 * 3.12 * 0.17}{1.754 \times 10^{-5}} = 3.84 \times 10^4$$

Se observó que $R_{rL-int} > 4\ 000$, por lo tanto, el flujo del aire en el interior del termo porta vacunas fue turbulento.

Además, se comprobó que si se cumple la ecuación anterior:

$$\frac{G_{rL-int}}{R_{eL-int}^2} \ll 1$$

$$\frac{G_{rL-int}}{R_{eL-int}^2} = \frac{9.370 \times 10^6}{(3.84 \times 10^4)^2} = 6.35 \times 10^{-3} = 0.00635 \ll 1$$

Obteniéndose que este caso fue de convección forzada.

Resistencia térmica por convección forzada al interior del termo porta vacunas

La determinación del coeficiente de convección de un flujo en régimen turbulento al interior de un contenedor, no es sencillo, por lo general se ha realizado con ayuda de tablas, de forma práctica o a través de softwares complejos de programación y simulación. En este caso, haciendo referencia de muchos autores, los cuales obtienen este coeficiente de convección por medio de las ecuaciones de Nusselt para flujos turbulentos. (Lucas, 2011)

Para la cual, la expresión de Nusselt fue:

$$N_u = 0.036 * R_e^{0.8} * P_r^{\frac{1}{3}} * \left(\frac{d}{L}\right)^{0.055}$$

De la expresión anterior:

$$N_u = 0.024 * R_e^{0.786} * P_r^{0.42} * \left[1 + \left(\frac{d}{L}\right)^{0.055}\right]$$

$$N_u = 0.024 * (3.84 \times 10^4)^{0.786} * (0.7350)^{0.42} * \left[1 + \left(\frac{0.17}{0.19}\right)^{0.055}\right]$$

$$N_u = 168.671$$

El coeficiente de convección al interior (h_{int}) fue:

$$h_{int} = \frac{N_{uL} * k_{aire-int}}{L} = \frac{168.671 * 0.02401}{0.19} = 21.315 \text{ W/K} * m^2$$

Por lo que, la resistencia térmica de convección forzada resultó:

$$R_{conv-int} = \frac{1}{h_{int}} = \frac{1}{21.315} = 0.0469 \text{ K} * m^2 / W$$

Carga térmica total del termo porta vacunas KST

Terminado el cálculo de cada una de las resistencias térmicas del sistema, se procedió a determinar la carga térmica total, la que es el calor transferido desde el ambiente exterior al interior del termo porta vacunas KST, y que la celda termoeléctrica Peltier debió vencer.

En la tabla 5, se definen cada resultado obtenido de las resistencias térmicas calculadas de las paredes del termo porta vacunas KST.

Tabla 05. Resumen de resistencias térmicas en las paredes del termo

Paredes/Resistencia	R _{total-cond.} [K*m ² /W]	R _{conv-ext.} [K*m ² /W]	R _{conv-int.} [K*m ² /W]
Vertical	1.8553	0.314	0.0469

Hor. Superior	1.8553	0.486	0.0469
Hor. Inferior	1.8553	0.213	0.0469

Fuente: Elaboración propia.

La siguiente tabla muestra las áreas exteriores e interiores:

Tabla 06. Valores de áreas externas e internas del termo porta vacunas KST

Paredes/Área	A _{ext.} [m ²]	A _{int.} [m ²]
Vertical	0.0792	0.0285
Hor. Superior	0.0272	0.0225
Hor. Inferior	0.0576	0.0225

Fuente: Elaboración propia.

Utilizando la siguiente fórmula, se procedió a calcular los valores de $U * A$ de cada pared del termo y se registran en la tabla:

$$U * A = \frac{A}{R_{TOTAL}} = \frac{1}{\frac{R_{T-cond}}{A_{ext}} + \frac{R_{conv-ext}}{A_{ext}} + \frac{R_{conv-int}}{A_{int}}}$$

Tabla 07. Valores de $U*A$ de cada pared del termo porta vacunas KST

Paredes	U*A [W/K]
Vertical	0.0344
Hor. Superior	0.0113
Hor. Inferior	0.0263

Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, se obtiene como resultado la carga térmica total, que fue igual a:

$$\dot{Q}_x = \left[\sum_{i=1}^6 (U * A)_i \right] * (T_{ext} - T_{int})$$

$$\dot{Q}_x = [(4 * 0.0344) + 0.0113 + 0.0263] * (308.55 - 278.15)$$

$$\dot{Q}_x = 5.33 \text{ W}$$

4.2. Seleccionar la celda termoeléctrica Peltier para el termo porta vacunas de 1,7 litros.

Para seleccionar la celda termoeléctrica Peltier a utilizar en el termo porta vacunas KST, fue necesario conocer las características que tiene que cumplir, éstas fueron: Temperatura externa, temperatura al interior del termo y el calor absorbido, determinados anteriormente.

Tabla 08. *Características para la selección de la celda Peltier*

Datos	Símbolo	Valor	Unidades
Temperatura externa	$T_{ext.}$	35.4	°C
Temperatura interior	$T_{int.}$	5	°C
Diferencia de temperaturas	ΔT	30.4	°C
Carga térmica del termo KST	Q	5.33	W

Fuente: Elaboración propia.

La selección de una celda Peltier es demasiado compleja y muchas veces se realiza de forma empírica, basados mayormente en las Gráficas de Curvas Universales de Rendimiento de una celda Peltier estándar. Marlow Industries, Inc. (1998) – Anexo 10.

Actualmente, los diseñadores y fabricantes de celdas termoeléctricas Peltier como FerroTec, Marlow Industries Inc., TE Thecnology Inc. proporcionan un software online en donde se puede realizar dicha elección.

Normalmente las celdas Peltier estándar funcionan en los siguientes rangos establecidos por el fabricante, mostrados en la tabla 9.

Tabla 09. *Características principales de una celda Peltier estándar*

Magnitudes	Rango		Unidad
	Desde	Hasta	
Tensión eléctrica	2.3	18.1	V
Intensidad de Corriente	1	36	A

Calor máximo absorbido (Q_{max})	0.6	146	W
Diferencia de temperatura máxima (ΔT)	70	83	°C
Dimensiones de la celda	4 x 4 x 4	55 x 55 x 55	mm x mm x mm

Fuente: FerroTec (2020)

4.2.1. Selección de celda Peltier por medio de tabla universal de rendimiento.

Para realizar la selección por medio de las gráficas universales de rendimiento, fue necesario conocer: $\frac{\Delta T}{\Delta T_{max}}$, $\frac{Q}{Q_{max}}$. Las especificaciones que se utilizaron para determinar estas variables son los mencionados en la tabla 8 y en la tabla 9.

Teniéndose:

$$\frac{\Delta T}{\Delta T_{max}} = \frac{30.4}{70} = 0.43$$

El valor de $\frac{Q}{Q_{max}}$ se obtuvo al trazar desde la intersección de la línea trazada de $\frac{\Delta T}{\Delta T_{max}}$ y la línea diagonal OPTIMUM, como se muestra en la figura.

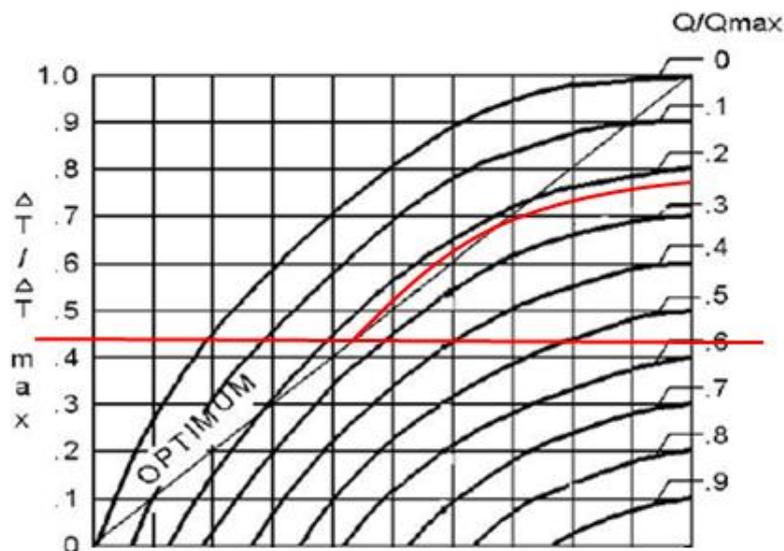


Figura 07. Gráfica Universal de Rendimiento para el valor de $\frac{\Delta T}{\Delta T_{max}}$ y $\frac{Q}{Q_{max}}$.
Fuente: Elaboración propia.

Con los datos obtenidos anteriormente y a partir de la gráfica universal de rendimiento, se procedió a realizar el trazado (líneas rojas).

Con los valores aproximados obtenidos de la gráfica anterior se continuó a obtener el Q_{max} :

$$\frac{Q}{Q_{max}} = 0.23$$

$$Q_{max} = \frac{Q}{0.23}$$

$$Q_{max} = \frac{5.33}{0.23} = 23.2 \text{ W}$$

4.2.2. Selección de celda Peltier por medio de software online de fabricante.

Por medio de un software online encontrado en su página web se facilitó la selección de la celda Peltier. (FerroTec, 2020)

Y con los datos obtenidos por medio de las gráficas universales de rendimiento, se redujo el rango de selección de la celda Peltier.

High Performance Peltier Thermoelectric Cooler Modules
Suitable for Most Applications

Ferrotec's advanced software can help recommend a TEC for you. [Return to All Modules](#)

Tell us about your thermal environment



Ambient Temperature (°C)

Heat Sink Thermal Resistance (°C / Watt)

Heat Transfer Capacity (Watts)

Cold Side Temperature (°C)

Consider Multiple Modules

Model Number	N	Qc	CoP	I	V	Base W	Base L	Top W	Top L	Height
9501/128/030 B	1	14.5	0.3	3	16	29.7	34	29.7	29.7	3.94
9501/127/030 B	1	14.4	0.3	3	15.9	29.7	29.7	29.7	29.7	3.94
9501/071/030 B	1	8.1	0.31	3	8.9	22.4	22.4	22.4	22.4	3.18
9501/128/040 B	1	19.2	0.3	4	16.1	29.7	34	29.7	29.7	3.94
9500/128/040 B	1	19.2	0.3	4	16.1	39.7	42.8	39.7	39.7	4.16
9501/127/040 B	1	19	0.3	4	15.9	29.7	29.7	29.7	29.7	3.94
9500/127/040 B	1	19	0.3	4	15.9	39.7	39.7	39.7	39.7	4.16
9501/071/040 B	1	10.8	0.3	4	8.9	22.4	22.4	22.4	22.4	3.18
9500/071/040 B	1	10.8	0.3	4	8.9	29.8	29.8	29.8	29.8	4.16

Figura 08. Selección de celda Peltier por medio de software online.

Fuente: FerroTec, 2020.

La celda termoeléctrica Peltier seleccionada fue la celda 9500/127/040 B, comúnmente llamada celda Peltier TEC1-12706, la cual cumple con los requisitos establecidas con los cálculos anteriores.

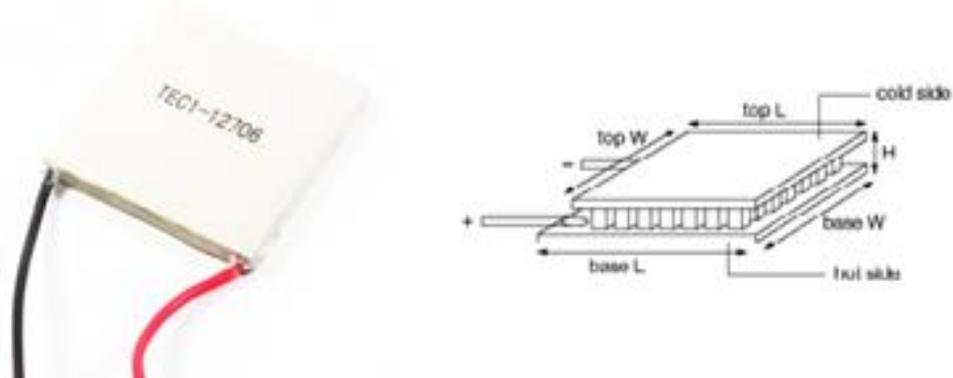


Figura 09. Celda termoeléctrica Peltier TEC1-12706.

Fuente: FerroTec, 2020.

Además, estas celdas Peltier son económicas y accesibles, y tienen como especificaciones:

Tabla 10. Especificaciones de celda Peltier TEC1-12706

Especificaciones	Valor	Unidades
$Q_{\text{máx.}}$	19	W
COP	0.3	-
$I_{\text{máx.}}$	4	A
$V_{\text{máx.}}$	15.9	V
Dimensiones	39.7 x 39.7 x 39.7	mm x mm x mm
$T_{\text{máx}}$ (cara caliente)	180	°C
$T_{\text{mín}}$ (cara fría)	-50	°C

Fuente: FerroTec, 2020.

4.3. Seleccionar el módulo de refrigeración y componentes del sistema de refrigeración Peltier para el termo porta vacunas de 1,7 litros.

El módulo de refrigeración se encarga de mantener una temperatura constante en la cara caliente y en la cara fría de la celda termoeléctrica Peltier, y así permita cumplir con la diferencia de temperatura entre ellas. Además, evita posible averías y deterioro en la celda Peltier o en el peor de los casos la fundición de los termopares y componentes de su interior, éste debe módulo debe estar acompañado de un módulo de control de temperatura termoeléctrica y un sensor de temperatura para así mantener la temperatura de refrigeración de las vacunas de forma óptima.

Al igual que con la celda termoeléctrica Peltier, la selección de sus componentes como el módulo de refrigeración termoeléctrica y el módulo de control de temperatura son tareas difíciles de realizar, universalmente se realiza de manera empírica o directamente por el fabricante.

Habiendo investigado y recopilado la información necesaria para realizar el presente objetivo, se procedió a realizar la selección por medio de tablas de módulos de refrigeración de la empresa TE Thecnology, la cual cuenta con amplia experiencia en refrigeración termoeléctrica y además los equipos que proveen son de gran accesibilidad y se pueden selección de manera rápida, sencilla a través de sus gráficas de diseño.

Se tomó en consideración los parámetros siguientes:

Tabla 11. *Datos necesarios para la selección de los componentes de refrigeración Peltier*

Datos	Símbolo	Valor	Unidades
Temperatura interior	T_{int}	5	°C
Diferencia de temperaturas	ΔT	30.4	°C
Carga térmica total del termo KST	Q_{termo}	5.33	W
Calor producido por la celda Peltier	Q_{celda}	19	W
Calor total a remover	Q_{total}	24.33	W

Tensión de operación	V	12	V
----------------------	---	----	---

Fuente: Elaboración propia.

4.3.1. Selección del módulo de refrigeración Peltier.

Para la selección del módulo de refrigeración de la celda Peltier, se utilizó la tabla de los módulos de refrigeración proporcionadas por la empresa diseñadora y fabricante. (TE Technology, Inc., 2020)

A continuación, se trazó los datos de la tabla 11 (representadas por las líneas negras), para luego seleccionar el módulo de refrigeración Peltier adecuado para el presente proyecto.

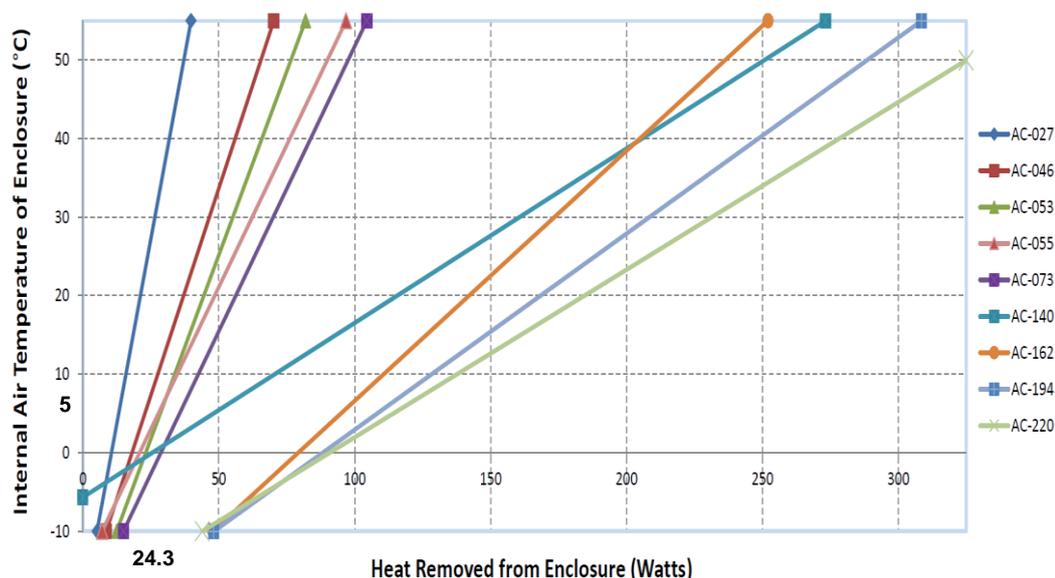


Figura 10. Tabla de selección de módulos de refrigeración termoeléctrica TE Technology.

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en el trazado de los parámetros, el módulo de refrigeración a seleccionar tuvo que ser el más próximo, teniendo los módulos TE Technology AC-053 (24 V) y TE Thecnology AC-055 (12 V).

Con la información obtenida, se seleccionó el módulo TE Thecnology AC-055, de los cuales es el que cumplió con las especificaciones, por funcionar con una tensión eléctrica de 12 voltios, el cual será adaptado en el termo porta vacunas KST.

Presenta las siguientes particularidades:

Capacidad nominal: 55 W a una diferencia de temperatura (ΔT) de 0 ° C.

Aplicaciones de ejemplo: Ideal para cajas electrónicas pequeñas o medianas.

Características: Alimentado por 12 V DC., tiene un consumo de energía muy pequeño. El ventilador interno de bajo perfil sopla aire en el centro del gabinete para producir enfriamiento directo. El bajo consumo de energía hace que este refrigerador sea compatible con todos los controladores de temperatura. Se puede emplear para sistemas de calentar y enfriar. De igual manera, se puede personalizar el tamaño de producción a pedidos. (TE Technology, Inc., 2020)

Se adjunta ficha técnica del módulo de refrigeración Peltier TE Thecnology AC-055 - Anexo 11.



Figura 11. Módulo de refrigeración termoeléctrico Peltier AC-055.

Fuente: TE Technology, Inc.

Tabla 12. Especificaciones técnicas del módulo de refrigeración Peltier AC-055

Especificaciones	Valor	Unidades
Calor que remueve a 35 °C Ambiente	58	W

Calor que remueve a 25 °C Ambiente	55	W
Voltaje de operación	12	V
Corriente de operación	5.6	A
Dimensiones (largo x ancho x altura)	203 x 127 x 152	mm x mm x mm
Peso aprox.	2.7	Kg

Fuente: TE Technology, Inc.

4.3.2. Selección del módulo de control de temperatura termoelectrica.

Para la sección del módulo controlador de temperatura, se usó la tabla y catálogos del fabricante TE Technology en los cuales, una vez investigada las características, ventajas y compatibilidad con el módulo de refrigeración escogido anteriormente, se procedió a seleccionar el módulo de control de temperatura TC-48-20.

Air Coolers	Heat Removal (Watts), $\Delta T=0\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ Ambient		Heat Removal (Watts), $\Delta T=0\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ Ambient		Operating Voltage (V)	Operating Current (Amps)	Internal Fan Current (Amps), Typical	External Fan Current (Amps), Maximum	Terminal Block Location (External/Internal)	Overall Dimensions (mm), Length x Width x Height	Can be Customized with Large Orders	Can be Used for Cooling and Heating	NEMA Rating Maintained	Weight (kg)	Heat Sink Air Flow (m ³ /min)	External Fan Noise (dB)	TC-24-10	TC-36-25 RS885	TC-48-20 CP1	TC-60-20	TC-720 CP1M	TC-720	PS-12-3-4A	PS-24-6.5	PS-24-12.5	PS-48-10	
	AC-027	AC-046	AC-053	AC-055																							AC-073
AC-027	25	24	12	4.6	5.6	0.24	0.58	E	127 X 152 X 176	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •
AC-046	44	42	24	4.5	5.4	0.14	0.34	E	127 X 178 X 176	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •
AC-053	53	51	24	4.6	5.6	0.16	0.23	E	198 X 194 X 210	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •
AC-055	58	55	12	5.6	7.28	0.19	0.40	I	203 X 127 X 152	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •
AC-073	67	63	24	9.0	10.8	0.17	0.50	E	203 X 130 X 205	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •
AC-140	141	139	24	4.7	6.9	0.22	1.0	I	259 X 176 X 258	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •
AC-162	165	159	24	14.1	17.1	0.22	1.0	E	254 X 176 X 257	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •
AC-194	197	185	48	7.7	9.5	0.14	0.5	I	259 X 176 X 259	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •
AC-220	216	209	24	14.8	19.7	0.21	1.5	I	350 X 150 X 185	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •
Specifications																Temperature Controllers				Power Supplies							

Figura 12. Tabla de selección de módulos de refrigeración y controladores de temperatura.

Fuente: TE Technology, Inc.

El controlador de temperatura elegido fue el TC-48-20, es un controlador de solo frío o calor, fácil de usar, y potente. Está alojado en una caja de aluminio fundido a presión, incorpora un teclado y una pantalla.

La mayoría de los parámetros de control se pueden programar a través del teclado incorporado, pero el controlador también se puede conectar a una computadora a través de un cable serie RS232 opcional para un control de programa más avanzado, así como observar los gráficos de datos y registro de datos.

Cuenta con un sensor de temperatura MP-3193, el cual permite medir la temperatura en un rango de -20 °C a 80 °C.

Se adjunta ficha técnica del módulo de control de temperatura – Anexo 12.



Figura 13. Módulo de control de temperatura TC-48-20 y sensor de temperatura MP-3193.

Fuente: TE Technology, Inc.

4.3.3. Selección de fuente de alimentación.

En este caso para este proyecto, se utilizó una batería como fuente de alimentación, para su selección se debió considerar los siguientes datos:

Tabla 13. Consumo energético total empleado en el sistema termoeléctrico

Componentes	Cantidad	Tensión (v)	Intensidad de corriente (a)
Celda termoeléctrica Peltier	1	12	4

Ventilador interno del módulo de refrigeración Peltier	1	12	0.19
Ventilador externo del módulo de refrigeración Peltier	1	12	0.40
Módulo de control de temperatura	1	12	1
Total			5.59 A

Fuente: elaboración propia

En la tabla anterior, se observa que el sistema de refrigeración termoeléctrica Peltier para el termo porta vacunas KST consume 5.59 amperios (A), y la fuente de alimentación es de 12 voltios (V). Obteniéndose que este sistema tiene una potencia eléctrica de 67.08 Watt, y un COP de 0.36.

A partir de estos datos, y comparando diversas fichas técnicas de diferentes proveedores, se seleccionó la batería RITAR 12V 7Ah RT AGM, es muy utilizada para instalaciones solares fotovoltaicas, sistemas de seguridad y alarmas. Asimismo, es muy ligera, manejable y tiene una larga vida útil y resistencia. (AutoSolar, 2015)

Se adjunta la Ficha técnica de la batería RITAR 12V 7Ah RT AGM – Anexo 13.



Figura 14. Batería RITAR 12V 7Ah RT AGM.

Fuente: AutoSolar, 2015.

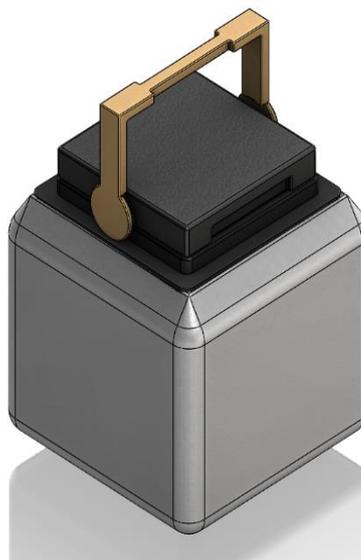
4.4. Diseñar el termo porta vacunas utilizando las celdas termoeléctricas Peltier mediante el uso de un software de diseño.

Para la realización del diseño, se utilizó el software CAD SolidWorks, el que permite de manera intuitiva, rápida y eficaz la creación de modelos sólidos en 3D, ensamblajes y dibujos.

Este software sirvió para presentar el diseño final del proyecto, para ello primero se tuvo que realizar la digitalización de cada componente en el software SolidWorks, siguiendo las dimensiones establecidas en los objetivos anteriores, luego se realizó el ensamblaje del termo porta vacunas KST utilizando las celdas termoeléctricas Peltier.

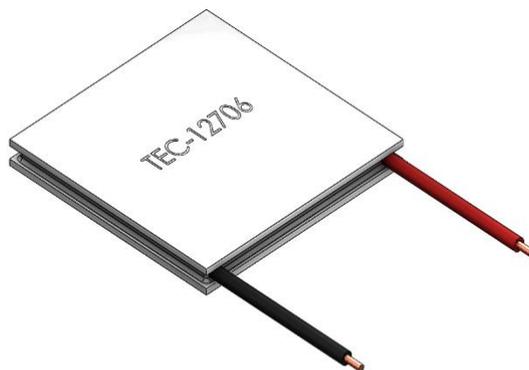
Por último, en el Anexo 14 se detalló el presupuesto para la construcción de este proyecto, finalmente se adjunta el plano respectivo del diseño propuesto en el Anexo 15.

Termo porta vacunas KST



Fuente: Elaboración propia.

Celda termoeléctrica Peltier TEC1-12706



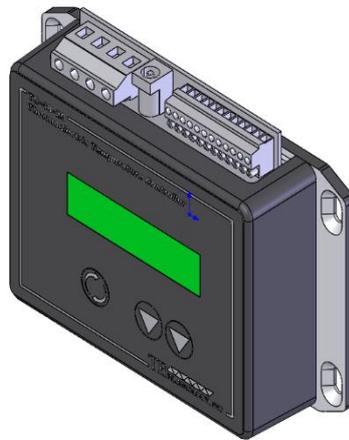
Fuente: Elaboración propia.

Módulo de Refrigeración Termoeléctrica Peltier AC-055



Fuente: Elaboración propia.

Módulo de Control de Temperatura Peltier TC-48-20



Isométrica

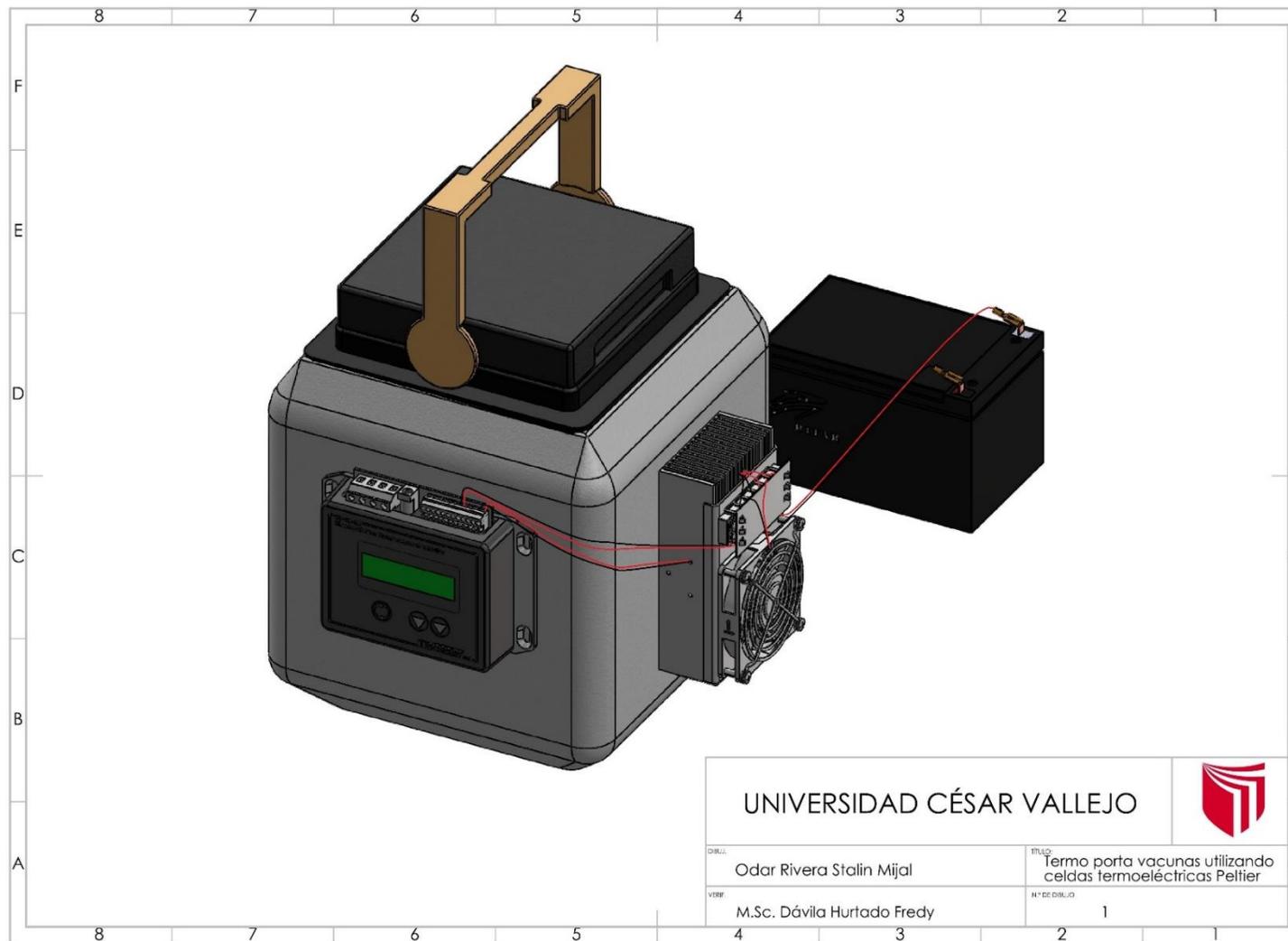
Fuente: Elaboración propia.

Batería RITAR 12V – 7Ah



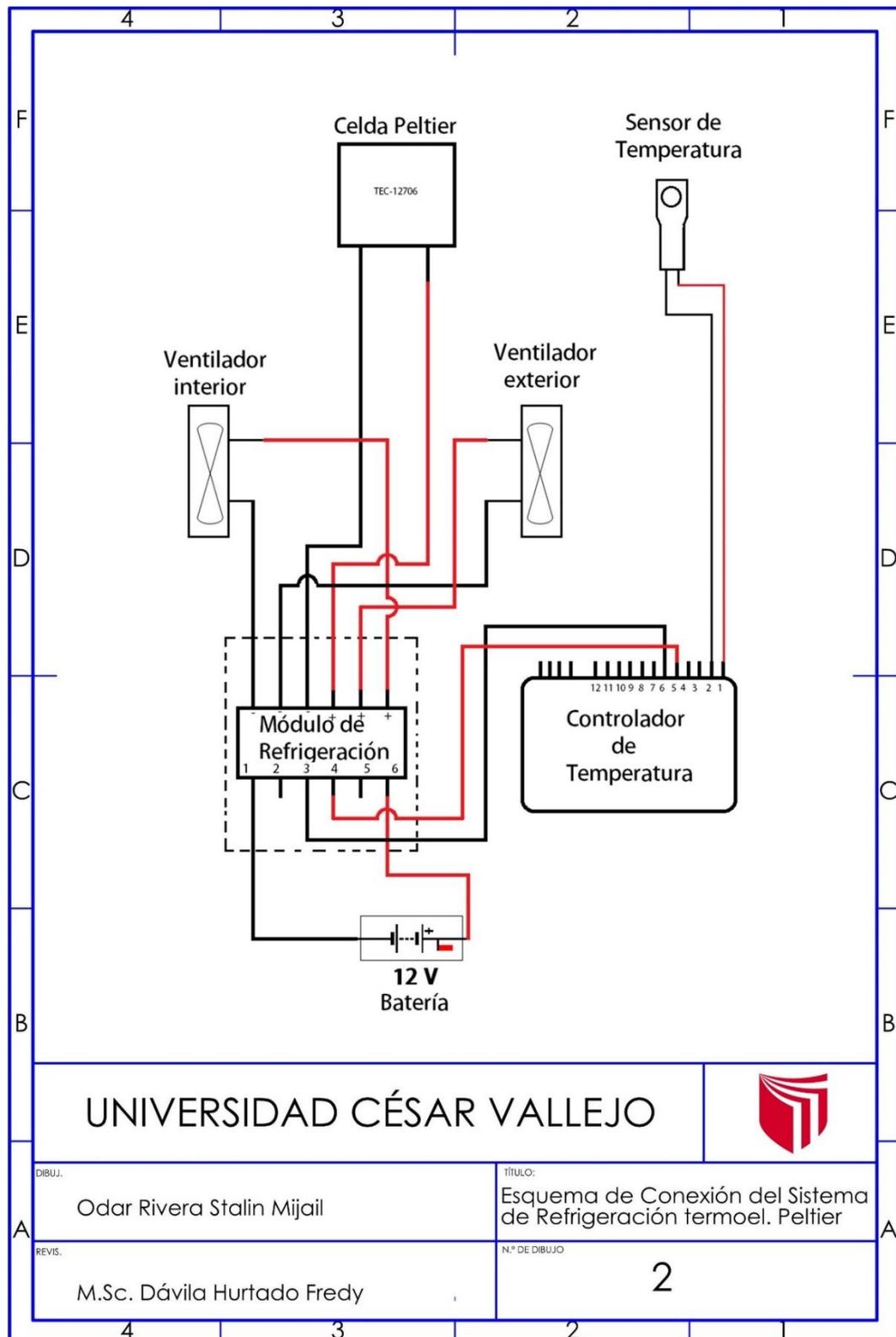
Fuente: Elaboración propia.

Diseño del Termo porta vacunas KST utilizando celdas termoeléctricas Peltier



Fuente: Elaboración propia.

Esquema de conexión del Sistema de Refrigeración termoeléctrica Peltier



Fuente: Elaboración propia.

V. DISCUSIÓN

El propósito de esta investigación fue utilizar celdas termoeléctricas Peltier para la generación de frío en un termo porta vacunas de 1,7 litros, para ello se debió determinar la carga térmica total del termo porta vacunas KST teniendo en cuenta los factores del ambiente de funcionamiento, para luego seleccionar la celda Peltier y los respectivos componentes del sistema de refrigeración termoeléctrica, la cual está en aumento debido a que permiten ser utilizadas en diferentes proyectos de climatización, ya sea para generar solo frío o calor o ambos a la vez en el mismo sistema.

Estas celdas son utilizadas actualmente en sistemas de refrigeración como pequeños frigobares, sistemas de aire acondicionado de vehículos, tableros de control eléctrico, y en el control de temperatura de cultivos hidropónicos.

Una vez terminada la investigación, se confirma la hipótesis propuesta demostrándose que, el uso de celdas termoeléctricas Peltier permite la generación de frío en el termo porta vacunas KST de 1,7 litros.

Este proyecto al emplear celdas termoeléctricas Peltier se aprovechó el efecto que poseen de producir calor en una cara y frío en la otra, además se empleó un controlador de temperatura termoeléctrico que acciona las celdas Peltier y el respectivo sistema cuando la temperatura sobrepase los 5 °C, manteniéndose la cadena de frío.

Para realizar la correcta elección de la celda termoeléctrica Peltier, fue necesario calcular la carga térmica total del termo porta vacunas, teniendo en cuenta la temperatura ambiente máxima y la composición interna del termo, cuyo valor fue de 5.33 W.

Debido a que los componentes a seleccionar del presente proyecto fueron tareas difíciles de efectuar y habiendo indagado en otras investigaciones, se hizo uso de los datos calculados de las cargas térmicas y las Gráficas Universales de Rendimiento de una celda termoeléctrica Peltier convencional y de software proporcionado por el fabricante, se seleccionó la celda Peltier TEC1-12706, esta

celda consigue absorber la cantidad de calor adecuada para lograr la temperatura deseada y garantizar la conservación de la temperatura interior del termo porta vacunas KST, incluso con una temperatura exterior de 35.4 °C, las cuales son alcanzadas en tiempos de verano en el distrito de Cayaltí, manteniendo la temperatura de 5 °C en su interior.

Luego con los datos obtenidos de la celda Peltier TEC1-12706 y la carga térmica del termo porta vacunas KST se procedió a seleccionar los componentes del sistema de refrigeración termoeléctrica Peltier (módulo de refrigeración termoeléctrica Peltier, módulo de control de temperatura termoeléctrica y fuente de alimentación), las cuales se realizaron por medio de tablas y diagramas de selección de los diferentes proveedores y fabricantes del mercado. Siendo seleccionados el módulo de refrigeración termoeléctrica AC-055, el controlador de temperatura termoeléctrica TC-48-20 y como fuente de alimentación la batería RITAR 12 V 7 Ah, las cuales cumplen con las características requeridas para el proyecto.

Este proyecto tiene un consumo total de 5.59 A y funciona con una tensión de alimentación de 12 V, obteniéndose una potencia eléctrica de suministro de 67.08 Watt y un COP de 0.36, lo cual significa que tiene un consumo elevado de energía eléctrica y un rendimiento poco eficiente a diferencia de los refrigeradores convencionales, por otro lado, el control de temperatura es casi exacto al utilizar un controlador de temperatura termoeléctrica Peltier, a pesar de eso, estos resultados son característicos de los sistemas de refrigeración termoeléctrica a base de celdas Peltier, teniéndose como referencia los valores obtenidos de las investigaciones realizadas anteriormente por diferentes autores.

En cuanto al consumo de energía eléctrica es suministrado por una batería RITAR de 12V 7Ah, la cual es de libre mantenimiento y, no hay preocupación de derrames de ácidos y demás contaminantes que perjudiquen al medio ambiente, a su vez el sistema de refrigeración Peltier no utiliza motores ni refrigerantes los cuales son nocivos, además al emplear un controlador de temperatura termoeléctrica, este activará la celda Peltier y el módulo de refrigeración Peltier solo cuando suba de los

5 °C establecidos para una refrigeración óptima de las vacunas, reduciendo así el consumo de corriente.

Los resultados mencionados anteriormente guardan relación con las investigaciones de Lucas (2011) y Godoy (2016), quienes utilizaron las celdas termoeléctricas Peltier para la refrigeración de vacunas, aprovechándose el efecto de la celda Peltier para producir calor y frío en cada una de sus caras, salvaguardando la cadena de frío a 5 °C.

Por otro lado, no se coincide con las indagaciones de los autores citados en cuanto a los datos de la temperatura exterior ambiente, debido a que han sido realizados en diferentes ubicaciones como lo son Madrid (27 °C) y Quito (27,1 °C) respectivamente.

En cuanto a la selección de la celda Peltier y elementos del sistema de refrigeración termoeléctrica Peltier, se encontró semejanzas con la investigación de Wilcox y otros (2018) y Lucas (2011) puesto que, la selección de los componentes de este sistema son tareas difíciles de realizar, coincidiendo en el empleo de las Gráficas de Rendimiento Universal de una celda termoeléctrica convencional, tablas de selección y software proporcionados por los fabricantes, comprobándose así la viabilidad y el fácil acceso para obtener estos componentes de manera rápida y sencilla.

Este método se diferencia al empleado por Godoy (2016) y Merino (2017), quienes emplearon disipadores de calor de computadoras antiguas y la Plataforma Arduino para el control de temperatura, debido a que sus sistemas de refrigeración Peltier tuvieron mayores dimensiones y realizaron la construcción de su equipo para contrastar su selección, siendo los resultados favorables para Godoy (2016) y negativos para Merino (2017).

En el proyecto de Lucas (2011) su sistema de refrigeración por el efecto Peltier, posee un COP cuyo valor es de 0.2 y requiere una potencia de 70 W y, en la investigación realizada por Godoy (2016) su proyecto tiene un COP de 0.25 y una potencia total de 91.4 W, teniendo coincidencias con este proyecto realizado donde se obtuvo una potencia de 67 W y un COP de 0.36. Demostrándose así, que este

tipo sistema de refrigeración a base de celdas Peltier es menos eficiente que los sistemas de refrigeración convencionales (por compresión), pero en cuanto a la temperatura de refrigeración se tiene un control más exacto y, a su vez hace que el proyecto sea sencillo, más liviano y manejable.

En cuanto al suministro de energía eléctrica, se guarda similitud con los estudios realizados por Lucas (2011), Wilcox y otros (2018) y Caruajulca (2019), quienes utilizaron una batería de libre mantenimiento para alimentar al sistema de refrigeración termoeléctrica Peltier. Pero a la vez Wilcox y otros (2018) recomiendan implementar un sistema de alimentación con paneles solares con la finalidad de que el equipo sea más transportable hacia las zonas alejadas donde no existe una red de energía eléctrica.

Por otro lado, Godoy (2016) utilizó una fuente de alimentación conectada a la red eléctrica del establecimiento de salud, lo cual no se tomó en cuenta debido a que necesita que el proyecto realizado sea sencillo, ligero y transportable para que se pueda utilizar en zonas rurales o lugares donde no se cuenta con el servicio de energía eléctrica.

Con la realización de la presente investigación se demuestra que es posible la construcción de un termo porta vacunas que utilice celdas termoeléctricas Peltier para la generación de frío, conservando a las vacunas en su temperatura de refrigeración apropiada.

Finalmente, con respecto a la construcción del presente proyecto de investigación no ha sido posible debido a las limitaciones generadas por la Pandemia Coronavirus (COVID-19) especialmente por la suspensión del comercio a nivel nacional e internacional, no obstante, quedan establecidas las bases de cálculo y selección de la celda Peltier y de los componentes de refrigeración termoeléctrica para su posterior construcción.

VI. CONCLUSIONES

1. Se determinó la carga térmica total del termo porta vacunas KST, a una temperatura ambiente de 35.4 °C, esta se determinó a través de principios y fórmulas de transferencia de calor, obteniéndose un valor de 5.33 Watt, que sirvió para la selección de la celda Peltier.
2. Se seleccionó la celda Peltier TEC1-12706, la cual cumple con las condiciones respectivas para mantener la refrigeración adecuada en el termo porta vacunas a 5 °C y mantener la cadena de frío.
3. Para completar el sistema de refrigeración termoeléctrica Peltier, se seleccionó el módulo de control de refrigeración Peltier AC-055, el módulo de control de temperatura termoeléctrica TC-48-20 y como fuente de alimentación se seleccionó la batería RITAR 12V 7Ah RT AGM.
4. Por último, se presentó el diseño del termo porta vacunas KST utilizando celdas termoeléctricas Peltier en el software de modelamiento SolidWorks, y se adjuntó el presupuesto para la posterior construcción del proyecto.

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda hacer un estudio del comportamiento del sistema de refrigeración Peltier cuando éste se encuentre construido y en funcionamiento para contrastar los datos obtenidos de los cálculos con los reales.
2. De ser el caso y se quiere disminuir el tiempo de refrigeración para llegar a los 5 °C, se recomienda aumentar una celda Peltier TEC1-12706, adicional al módulo de refrigeración termoeléctrica Peltier AC-055, debido a que este módulo presenta esta ventaja.
3. Se recomienda, continuar investigando a fin de ampliar la información respecto a utilizar otros materiales que favorezcan la construcción de un termo porta vacunas y mantener la temperatura adecuada para la conservaciones de las vacunas a 5 °C y a la vez minimizar los costos de este proyecto, o proyectos futuros que utilicen esta tecnología, que como se ha demostrado es viable y es necesario para mejorar la calidad de vida de las personas a través de la vacunación.

REFERENCIAS

A review to refrigeration with thermoelectric energy based on the Peltier effect por Emiro De la Hoz [et al]. Universidad Nacional de Colombia [en línea]. January-March, 2019. vol. 86, n.º 208. [Fecha de consulta: 29 de abril de 2020].

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49660955001>

ISSN: 0012-7353

AC-055 [en línea]. Traverse City: TE Technology, Inc. 2020. [Fecha de consulta: 15 de junio de 2020]. Disponible en <https://totech.com/product/ac-055/>

ADVIERTEN inadecuado almacenamiento de vacunas contra fiebre amarilla en Ucayali [en línea]. Andina.PE. 23 de marzo de 2018. [Fecha de consulta: 26 de octubre de 2019]. Disponible en: <https://andina.pe/agencia/noticia-advienten-inadecuado-almacenamiento-vacunas-contrafiebre-amarilla-ucayali-704254.aspx>

AIR coolers [en línea]. Traverse City: TE Technology, Inc. 2020. [Fecha de consulta: 9 de mayo de 2020]. Disponible en <https://totech.com/product-category/air-coolers>

AQ-FAN-BROCHURE-1506749 [en línea]. Lima: Mouser Electronics. 2020. [Fecha de consulta: 18 de marzo de 2020]. Disponible en https://www.mouser.pe/datasheet/2/6/AQ_FAN_BROCHURE-1506749.pdf

BAPTISTA, Pilar, FERNÁNDEZ, Carlos y HERNÁNDEZ, Roberto. Metodología de la investigación. 6.a ed. México D.F: McGraw-Hill/Interamericana Editores, 2014. 600 pp.

ISBN: 9781456223960

BATERÍA RITAR 12V 7Ah RT AGM. AutoSolar Perú. 2015. Disponible en <https://autosolar.pe/baterias-agm-12v/bateria-ritar-12v-7ah-rt-agm>

CADA vez son más los niños que no han recibido ninguna vacuna en EEUU [en línea]. Univisión.com. 12 de octubre de 2018. [Fecha de consulta: 27 de septiembre

de 2018]. Disponible en <https://www.univision.com/noticias/vacunas/cada-vez-son-mas-los-ninos-que-no-ha-recibido-ninguna-vacuna-en-eeuu>

CADENA de frío. SlideShare. 11 de mayo de 2016. Disponible en: <https://es.slideshare.net/cienciasdelasaludusp/cadena-de-fro-61926370>

CARUAJULCA, Elmer. Diseño de un sistema de aire acondicionado utilizando celdas Peltier para climatizar cabina de camión Hino 2626 en Ingesa Norte. Tesis (Título Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica). Chiclayo: Universidad César Vallejo, 2019.

Disponible en <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/39056>

CENGEL, Yunus y GHAJAR, Afshin. Transferencia de calor y masa. Fundamentos y aplicaciones. 4.a ed. México: McGraw-Hill/Interamericana Editores, 2011. 922 pp. ISBN: 9786071505408

CORONEL, Reynaldo. Diseño e implementación de un sistema domótico para el control de energía eléctrica. Tesis (Título de ingeniería de sistemas informáticos). La Paz: Universidad Mayor de San Andrés, 2014. Disponible en <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/7878>

DATOS hidrometeorológicos en Lambayeque. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI. 30 de febrero de 2020. Disponible en: <https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=lambayeque&p=estaciones>

EFEECTO Seebeck. EcuRed. s.f. Disponible en: https://www.ecured.cu/Efecto_Seebeck

ENCUESTA Demográfica y de salud familiar - ENDES 2018 [en línea]. Lima. Instituto Nacional de Estadística e Informática. 2019. [Fecha de consulta: 18 de octubre de 2019]. Disponible en https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1656/index1.html

ENRÍQUEZ, Gilberto. El ABC del alumbrado y las instalaciones eléctricas en baja tensión. 2ª ed. México D.F.: Editorial Limusa S.A., 2006. 351 pp.

ISBN: 9681860500

GAGO, Alfonso y FRAILE, Jorge. Iluminación con tecnología LED. España: Editorial Paraninfo, 2012. 210 pp.

ISBN: 9788428333689

GODOY, Luis. Diseño, construcción y evaluación energética de una cámara con celdas Peltier (efecto termoeléctrico) para refrigeración de vacunas. Tesis (título de Ingeniero Mecánico). Quito: Escuela Politécnica Nacional, 2016.

Disponible en <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/16901>

GONZÁLES, Sergio. Estudio y caracterización de aleaciones Zn-Sb para aplicaciones termoeléctricas. Tesis (Máster en Ingeniería de materiales). Catalunya: Universitat Politècnica de Catalunya, 2011. Disponible en <http://hdl.handle.net/2099.1/14851>

HERNÁNDEZ, Ramón. Tecnología domótica para el control de una vivienda. Tesis (Título en ingeniería telemática). Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena, 2012. Disponible en <http://hdl.handle.net/10317/2793>

ILDEFONZO, Deysi y TREJO, Katherine. Conocimiento y práctica de cadena de frío en alumnos de enfermería en prácticas pre profesionales de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo Huaraz 2018. Tesis (Licenciado en Enfermería). Huaraz: Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, 2018. Disponible en <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/3381>

KHAN, M. Understanding LED Illumination [en línea]. Boca Raton: CRC Press, 2014 [17 de abril de 2019]. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=MDrSBQAAQBAJ>

LA mitad de las vacunas se echa a perder, pero podremos evitarlo si logramos mantenerlas a temperaturas estables [en línea]. The conversation.com. 18 de julio de 2018. [Fecha de consulta: 25 de setiembre de 2019]. Disponible en <https://theconversation.com/la-mitad-de-las-vacunas-se-echa-a-perder-pero-podremos-evitarlo-si-logramos-mantenerlas-a-temperaturas-estables-100140>

LUCAS, Ana. Refrigeración de vacunas mediante una máquina frigorífica por efecto Peltier. Madrid: Universidad Politécnica Carlos III de Madrid, 2011. Disponible en <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/13043?show=full>

MERINO, Bryan. Diseño e implementación de un sistema de climatización automatizada para personas con discapacidades físicas. Tesis (Título Profesional en Ingeniería electrónica y telecomunicaciones). Piura: Universidad Nacional de Piura, 2017. Disponible en <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1309>

METODOLOGÍA de la investigación cuantitativa - cualitativa y redacción de la tesis por Humberto Ñaupas [et al.]. 5.a ed. Bogotá: Ediciones de la U, 2018. 562 pp. ISBN 9789587628760

MILES de vacunas inmovilizadas en Gerencia Regional de Salud [en línea]. RPP.PE. 14 de enero de 2016. [Fecha de consulta: 21 de octubre de 2019.] <https://rpp.pe/peru/lambayeque/miles-de-vacunas-inmovilizadas-en-gerencia-de-salud-noticia-929835?ref=rpp>

POLIETILENO, características técnicas del polietileno. Plasticbages Industrial. 2013. Disponible en: <http://www.plasticbages.com/caracteristicaspolietileno.html>

PORTA vacunas. Grupo Sumipack. 2019. Disponible en: <http://www.gruposumipack.com/portavacunas>

PRINCIPLES of cold production. Gunt Hamburg [en línea]. Gunt Hamburg. [Fecha de consulta: 31 de octubre de 2019]. Disponible en https://www.gunt.de/images/download/principles-of-cold-production_english.pdf

SEMANA Mundial de la Inmunización 2017: las vacunas funcionan [en línea]. Estados Unidos: Organización Mundial de la Salud. 24 de abril de 2017. [Fecha de consulta: 14 de octubre de 2019]. Disponible en <https://www.who.int/campaigns/immunization-week/2017/event/es/>

REFRIGERACIÓN portátil de vacunas por Harris Itamar [et al.]. Revista de iniciación científica [en línea]. Junio 2018, vol. 4. n.º 2. [Fecha de consulta: 15 de setiembre de 2019].

Disponible en <https://doi.org/10.33412/rev-ric.v4.0.1825>

ISSN: 2412-0464

RESOLUCIÓN Ministerial N° 497-2017-MINSA aprobar la NTS N° 136-MINSA/2017/DGIESP: Norma Técnica de Salud para el Manejo de la Cadena de Frío en las Inmunizaciones [en línea]. Lima: Ministerio de Salud, 27 de junio de 2017. [Fecha de consulta: 20 de octubre de 2019].

Disponible en https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/189798/189291_RM_497-2017-MINSA.PDF20180823-24725-153eib6.PDF

ROMERO, Eliud. Diseño e implementación del sistema de climatización para un automóvil honda civic por efecto Peltier. Tesis (Título profesional de ingeniería mecánica eléctrica). Arequipa: Universidad Católica De Santa María, 2017.

Disponible en <https://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/UCSM/6360/4A.0242.IM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

SULLCAHUAMÁN, Orlando. Diseño e implementación de un sistema de control para pasteurizar leche materna. Tesis (Título de Ingeniería electrónica). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2017.

Disponible en <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/9992/SULLCA>

HUAMAN_ORLANDO_SISTEMA_CONTROL_PASTEURIZAR_LECHE_MATERN
A.pdf?sequence=1&isAllowed=y

THEORY of thermoelectric cooling in semiconductor structures [en línea]. México D.F: Revista Mexicana de Física A. C. octubre 2007. Vol. 53. n.º 5. [Fecha de consulta 20 de marzo de 2020].

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57053503>

ISSN: 0035-001X

THERMAL Management Solutions. FerroTec. 2020. Disponible en: <https://thermal.ferrotec.com/products/peltier-thermoelectric-cooler-modules/general-purpose/>

THERMOELECTRIC Cooling Systems Design Guide [en línea]. Estados Unidos: Marlow Industries, Inc. II-VI Marlow. [Fecha de consulta: 10 de mayo de 2020]. Disponible en <https://www.marlow.com/resources/thermoelectric-technology-guide/iii-tec-selection-procedure>

TORRES, Natalia. Diseño de un sistema domótico para el monitoreo de consumo de energía en el hogar. Tesis (Título en Ingeniería de sistemas y computación). Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira. Disponible en <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/7322/6298T693.pdf?sequence=1>

VACUNAS. Cadena de frio [en línea]. España: Nicanor Aniorte. [Fecha de consulta: 1 de octubre de 2019].

Disponible en http://www.aniorte-nic.net/trabaj_vac_cad_frio.htm

VARGAS, Lisandro y MARÍN, Rodolfo. 2007. Refrigeración sin gas. PROSPECTIVA [en línea]. Enero-junio 2007, vol. 5, n.º 1. [Fecha de consulta: 27 de octubre de 2019].

Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=496251109008>

ISSN: 1692-8261

ANEXOS

Anexo 01. Matriz de operacionalización de variables

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de Medición	Instrumento de Medición
Variable independiente	<p>“Una Celda Peltier es un dispositivo termoeléctrico que, al hacerle circular corriente eléctrica, induce frío por una de sus caras y, por la otra, calor. Una celda Peltier consiste en la unión de varios pares de semiconductores de tipo P (huecos libres) y tipo N (cargas libres) conectados térmicamente en paralelo y eléctricamente en serie”. (Merino, 2017)</p>	<p>La celda Peltier es un sistema que tiene varias ventajas frente a los sistemas de enfriamiento más tradicionales, en este caso, se utilizó en la generación de frío en un termo porta vacunas KST de 1,7 litros.</p>	Tensión eléctrica	Voltios	V	Voltímetro
			Corriente eléctrica	Amperios	A	
			Potencia de refrigeración	Watt	W	Revisión documentaria
Variable dependiente	<p>La refrigeración describe la disipación de calor en un espacio que se desea refrigerar. Debido a una diferencia de temperatura, la energía térmica pasa del medio más caliente al medio más frío. (Gunt Hamburg, 2019)</p>	<p>La refrigeración termoeléctrica se basa en el efecto Peltier, el cual genera una diferencia de temperatura cuando fluye corriente eléctrica y se puede utilizar para la calefacción o refrigeración según el sentido de la corriente.</p>	Carga térmica	Watt	W	Revisión documentaria
			Tiempo	Segundos	s	
			Temperatura	Grados Celsius	°C	Termómetro digital

Anexo 02. Instrumento de recolección de datos

Ficha de revisión de documentos

Información bibliográfica

Título

Autor

Editorial

Año

Lugar de publicación

Número estándar

Información del documento de referencia

URL

Fecha y hora de
consulta

Páginas revisadas

Información recolectada

Anexo 03. Termos porta vacunas más utilizados en los Centros de Salud del Perú

Termos porta vacunas			Espesor del aislante	Vida Fría sin apertura a 43°C de temperatura ambiental	N° de paquetes fríos		Dimensiones externas	Peso		Capacidad de almacenar vacunas
Marca	Modelo	Código PQS			N°	Capacid.		Vacio Kilos	Cargado Kilos	
Blowkings	BK-VC 2.6 -CF	E004/020	4	43 horas	4	0.8	26x26x32	1.9	4.5	2.6 litros
Giostyle	Giostyle	E004/032	2.5-3.5	41 horas	8	0.4	29x24x32	1.8	6.5	2.6 litros
AOV	AVC-46	E004/009	3.2 -3.5	50h 12m	4	0.6	27x27x32	2.98	6.36	2.46 litros
Blowkings	BK-VC 1.7-CF	E004/021	4	38 horas	4	0.4	26x26x32	1.6	4	1.7 litros
Thermos	3504 UN/CF	PIS E4/18-M	4.0	34 horas	4	0.4		2.5	5.1	1.7 litros
Blow King	BK-VC 1.6		3.5-4	36 horas	4	0.4 L		4.5		1.6 litros

Fuente: Ministerio de Salud (2017)

Anexo 04. Principales vacunas aplicadas a nivel nacional y rango de temperatura de refrigeración

Vacunas	CENTRAL	REGIONAL	LOCAL	
	Cámaras frías	Cámaras frías	Refrigerador Ice line, Gas o Solar	
	Almacén Central MINSA	Almacenes regionales DIRESA/GERESA/DISA	Almacén RED Almacén microred Centro de acopio	Instituto Hospital, CS, PS
	6 meses	6 meses	3 meses	1 mes
APO	-15°C a -25°C			
BCG	+ 0°C a + 8°C			
SRP				
SR				
AMA				
Hib Liofilizada				
HvB				
Pentavalente (DPT-HvB- Hib)				
Tetravalente (DPT-Hib)				
DPT				
DT pediátrico				
dT adulto				
Neumococo				
Influenza estacional				
Rota virus				
IPV polio virus inactivada				
VPH papiloma virus humano				
Hib líquida				
Influenza A H1 N1				
<i>Los diluyentes nunca deben congelarse.</i>				

Fuente: Ministerio de Salud (2017)

Anexo 05. Registro de temperatura del distrito de Cayaltí, provincia Chiclayo, región Lambayeque, Perú

Fuente: SENAMHI / DRD				ENERO, 2020	
* Datos sin control de calidad.					
* El uso de estos datos será de entera responsabilidad del usuario.					
Legenda:					
* S/D = Sin Datos.					
Estación: CAYALTÍ					
Departamento:	LAMBAYEQUE	Provincia:	CHICLAYO	Distrito:	CAYALTÍ
Latitud:	6°52'50.86"	Longitud:	79°32'49.25"	Altitud:	90 msnm.
Tipo:	CP - Meteorológica	Código:	106042		
AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACION (mm/día)	
	MAX	MIN		TOTAL	
01/01/2020	32	19.2	81.2	0	
02/01/2020	32.4	20.1	83.1	0	
03/01/2020	33	19.8	80.7	0	
04/01/2020	33.2	21.6	86.4	0	
05/01/2020	33.8	20.9	86.7	0	
06/01/2020	31.3	20.2	89.1	0	
07/01/2020	30.5	18.4	83.9	0	
08/01/2020	32.7	18	76.5	0	
09/01/2020	33.1	19.1	77	0	
10/01/2020	32	20.7	78.4	0	
11/01/2020	32.3	19.4	81.7	0	
12/01/2020	32.7	18.5	75.2	0	
13/01/2020	33	18.7	74.9	0	
14/01/2020	33.1	18.5	79	0	
15/01/2020	33.9	18.2	77.2	0	
16/01/2020	33.7	18.6	76.1	0	
17/01/2020	34	18.8	75.8	0	
18/01/2020	33.8	20	76.1	0	
19/01/2020	33.5	19.5	74.5	0	
20/01/2020	34.1	19	75.8	0	
21/01/2020	34	18.8	82.5	0	
22/01/2020	32.7	23	82.1	0	
23/01/2020	30	22.7	85.6	0	
24/01/2020	35.3	20.7	71.9	0	
25/01/2020	32.8	22	80.2	1.2	
26/01/2020	29	22	79.1	T	
27/01/2020	32.1	20	79.3	0	
28/01/2020	33.9	21	76.9	0	
29/01/2020	34.7	20.4	75.4	0	
30/01/2020	33.8	19.1	76.2	0	
31/01/2020	34	19	76.6	0	

Fuente: SENAMHI / DRD **FEBRERO, 2020**

* Datos sin control de calidad.

* El uso de estos datos será de entera responsabilidad del usuario.

Leyenda:

* S/D = Sin Datos.

* T = Trazas (Precipitación < 0.1 mm/día).

Estación: CAYALTÍ

Departamento:	LAMBAYEQUE	Provincia:	CHICLAYO	Distrito:	CAYALTÍ
Latitud:	6°52'50.86"	Longitud:	79°32'49.25"	Altitud:	90 msnm.
Tipo:	CP - Meteorológica	Código:	106042		

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACION (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
01/02/2020	34.3	22.2	81.6	0
02/02/2020	33.7	21	80.3	0
03/02/2020	34.3	21.9	78.3	0
04/02/2020	34	21.6	76.9	0
05/02/2020	31.7	20	79	0
06/02/2020	34	20.7	80.9	0
07/02/2020	33.8	20.4	76.5	T
08/02/2020	34.3	21.8	74.5	0
09/02/2020	34.2	22	80.8	0
10/02/2020	32.5	21.6	81.4	0
11/02/2020	32.7	19.3	78.7	0
12/02/2020	34	20.8	76.4	0
13/02/2020	34.1	20	79	0
14/02/2020	34.5	21	76	0
15/02/2020	33.1	20.3	81.3	0
16/02/2020	33.3	21.6	81	0
17/02/2020	33.4	20.8	77.4	0
18/02/2020	33.8	20.6	77.1	0
19/02/2020	33.8	20.2	80	0
20/02/2020	34.3	22.4	76.1	0
21/02/2020	35.2	23.8	87.3	0
22/02/2020	34.7	22	S/D	0
23/02/2020	30.9	23.2	76.4	0
24/02/2020	35.4	23.7	83.1	0
25/02/2020	35	22	76.2	0
26/02/2020	33.3	21.8	78.2	0
27/02/2020	34.5	21.7	76.9	0
28/02/2020	35.3	21.2	76.8	0
29/02/2020	33.5	22.2	87.6	0

Fuente: SENAMHI (2020)

Anexo 06. Propiedades del aire a presión de 1 atm – Tabla A-15, Transferencia de calor y masa

TABLA A-15

Propiedades del aire a la presión de 1 atm

Temp., T, °C	Densidad, ρ , kg/m ³	Calor específico, c_p , J/kg · K	Conductividad térmica, k, W/m · K	Difusividad térmica, α , m ² /s ²	Viscosidad dinámica, μ , kg/m · s	Viscosidad cinemática, ν , m ² /s	Número de Prandtl, Pr
-150	2.866	983	0.01171	4.158×10^{-6}	8.636×10^{-6}	3.013×10^{-6}	0.7246
-100	2.038	966	0.01582	8.036×10^{-6}	1.189×10^{-6}	5.837×10^{-6}	0.7263
-50	1.582	999	0.01979	1.252×10^{-5}	1.474×10^{-5}	9.319×10^{-6}	0.7440
-40	1.514	1 002	0.02057	1.356×10^{-5}	1.527×10^{-5}	1.008×10^{-5}	0.7436
-30	1.451	1 004	0.02134	1.465×10^{-5}	1.579×10^{-5}	1.087×10^{-5}	0.7425
-20	1.394	1 005	0.02211	1.578×10^{-5}	1.630×10^{-5}	1.169×10^{-5}	0.7408
-10	1.341	1 006	0.02288	1.696×10^{-5}	1.680×10^{-5}	1.252×10^{-5}	0.7387
0	1.292	1 006	0.02364	1.818×10^{-5}	1.729×10^{-5}	1.338×10^{-5}	0.7362
5	1.269	1 006	0.02401	1.880×10^{-5}	1.754×10^{-5}	1.382×10^{-5}	0.7350
10	1.246	1 006	0.02439	1.944×10^{-5}	1.778×10^{-5}	1.426×10^{-5}	0.7336
15	1.225	1 007	0.02476	2.009×10^{-5}	1.802×10^{-5}	1.470×10^{-5}	0.7323
20	1.204	1 007	0.02514	2.074×10^{-5}	1.825×10^{-5}	1.516×10^{-5}	0.7309
25	1.184	1 007	0.02551	2.141×10^{-5}	1.849×10^{-5}	1.562×10^{-5}	0.7296
30	1.164	1 007	0.02588	2.208×10^{-5}	1.872×10^{-5}	1.608×10^{-5}	0.7282
35	1.145	1 007	0.02625	2.277×10^{-5}	1.895×10^{-5}	1.655×10^{-5}	0.7268
40	1.127	1 007	0.02662	2.346×10^{-5}	1.918×10^{-5}	1.702×10^{-5}	0.7255
45	1.109	1 007	0.02699	2.416×10^{-5}	1.941×10^{-5}	1.750×10^{-5}	0.7241
50	1.092	1 007	0.02735	2.487×10^{-5}	1.963×10^{-5}	1.798×10^{-5}	0.7228
60	1.059	1 007	0.02808	2.632×10^{-5}	2.008×10^{-5}	1.896×10^{-5}	0.7202
70	1.028	1 007	0.02881	2.780×10^{-5}	2.052×10^{-5}	1.995×10^{-5}	0.7177
80	0.9994	1 008	0.02953	2.931×10^{-5}	2.096×10^{-5}	2.097×10^{-5}	0.7154
90	0.9718	1 008	0.03024	3.086×10^{-5}	2.139×10^{-5}	2.201×10^{-5}	0.7132
100	0.9458	1 009	0.03095	3.243×10^{-5}	2.181×10^{-5}	2.306×10^{-5}	0.7111
120	0.8977	1 011	0.03235	3.565×10^{-5}	2.264×10^{-5}	2.522×10^{-5}	0.7073
140	0.8542	1 013	0.03374	3.898×10^{-5}	2.345×10^{-5}	2.745×10^{-5}	0.7041
160	0.8148	1 016	0.03511	4.241×10^{-5}	2.420×10^{-5}	2.975×10^{-5}	0.7014
180	0.7788	1 019	0.03646	4.593×10^{-5}	2.504×10^{-5}	3.212×10^{-5}	0.6992
200	0.7459	1 023	0.03779	4.954×10^{-5}	2.577×10^{-5}	3.455×10^{-5}	0.6974
250	0.6746	1 033	0.04104	5.890×10^{-5}	2.760×10^{-5}	4.091×10^{-5}	0.6946
300	0.6158	1 044	0.04418	6.871×10^{-5}	2.934×10^{-5}	4.765×10^{-5}	0.6935
350	0.5664	1 056	0.04721	7.892×10^{-5}	3.101×10^{-5}	5.475×10^{-5}	0.6937
400	0.5243	1 069	0.05015	8.951×10^{-5}	3.261×10^{-5}	6.219×10^{-5}	0.6948
450	0.4880	1 081	0.05298	1.004×10^{-4}	3.415×10^{-5}	6.997×10^{-5}	0.6965
500	0.4565	1 093	0.05572	1.117×10^{-4}	3.563×10^{-5}	7.806×10^{-5}	0.6986
600	0.4042	1 115	0.06093	1.352×10^{-4}	3.846×10^{-5}	9.515×10^{-5}	0.7037
700	0.3627	1 135	0.06581	1.598×10^{-4}	4.111×10^{-5}	1.133×10^{-4}	0.7092
800	0.3289	1 153	0.07037	1.855×10^{-4}	4.362×10^{-5}	1.326×10^{-4}	0.7149
900	0.3008	1 169	0.07465	2.122×10^{-4}	4.600×10^{-5}	1.529×10^{-4}	0.7206
1 000	0.2772	1 184	0.07868	2.398×10^{-4}	4.826×10^{-5}	1.741×10^{-4}	0.7260
1 500	0.1990	1 234	0.09599	3.908×10^{-4}	5.817×10^{-5}	2.922×10^{-4}	0.7478
2 000	0.1553	1 264	0.11113	5.664×10^{-4}	6.630×10^{-5}	4.270×10^{-4}	0.7539

Nota: Para los gases ideales, las propiedades c_p , k, μ y Pr son independientes de la presión. Las propiedades ρ , ν y α a una presión P (en atm) diferente de 1 atm se determinan al multiplicar los valores de ρ , a la temperatura dada, por P y al dividir ν y α entre P.

Fuente: Datos generados basándose en el software EES desarrollado por S. A. Klein y F. L. Alvarado. Fuentes originales: Keenan, Chao, Keyes, Gas Tables, Wiley, 1984, y Thermophysical Properties of Matter, Vol. 3: Thermal Conductivity, Y. S. Touloukian, P. E. Liley, S. C. Saxena, Vol. 11: Viscosity, Y. S. Touloukian, S. C. Saxena y P. Hestermans, IFI/Plenum, NY, 1970, ISBN 0-306067020-8.

Fuente: Cengel y otros (2011)

Anexo 07. Ficha de especificaciones técnicas del termo porta vacunas KST

THERMOS®



PORTAVACUNAS

PORTABLE VACCINE CARRIER mod3504/UN



DEFINICIÓN

El Porta - Vacunas Thermos ha sido desarrollado específicamente para el transporte de:

VACUNAS, PLASMA, y OTROS PRODUCTOS BIO-MEDICOS

La efectividad de su uso es resultado del diseño y técnicas de fabricación empleadas que permiten el acarreo de sustancias sensibles a variaciones de temperatura por períodos de tiempo prolongados, aún en los climas más tropicales.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Capacidad Interior	: 1.7 Lts.
Peso lleno	: 5.1 kgs.
Peso vacío	: 2.5 kgs.
Superficie externa	: Polietileno
Recubrimiento interno	: Polietileno
Material aislante	: Poliuretano
Grosor material aislante	: 4 cms.
Dimensiones externas	: 24 x 24 x 33 cms.
Dimensiones internas	: 15 x 15 x 19 cms.
Dimensiones de capacidad para vacunas	: 10 x 10 x 18 cms.
Tapa	: Removible
Nº de Ice Packs	: 4
Retención de temperatura (prod. cerrado)	: Hasta 48 horas a temperatura ambiente de +32°C
	: Hasta 34 horas a temperatura ambiente de +43°C
Retención de temperatura (prod. abierto)	: 30 horas a +32°C

Aprobado por:

Organización Mundial de la Salud / UNICEF Standard E4/VC.2



Jr. Unión N° 1494 - 2da Zona Hogar Policial
Villa María del Triunfo - Lima - Perú
Telf: (511) 296 0457 / 450 4424
Email: informes@gruposumipack.com
www.gruposumipack.com

Fuente: Grupo Sumipack (2019)

Anexo 08. Propiedades de materiales aislantes y polietileno

TABLA A-6

Propiedades de materiales aislantes
(a una temperatura media de 24°C)

Material	Espesor, L mm	Densidad, ρ kg/m ³	Conductividad térmica, k W/m · K	Calor específico, c_p kJ/kg · K	Valor R (para los espesores de la lista, L/k), K · m ² /W
Colcha y lámina					
Fibra mineral (forma fibrosa)	50 a 70 mm	4.8-32	—	0.71-0.96	1.23
procesada a partir de roca,	75 a 90 mm	4.8-32	—	0.71-0.96	1.94
escoria o vidrio)	135 a 165 mm	4.8-32	—	0.71-0.96	3.32
Tablero y losa					
Vidrio celular		136	0.055	1.0	—
Fibra de vidrio (ligamento orgánico)		64-144	0.036	0.96	—
Poliestireno expandido (bolitas moldeadas)		16	0.040	1.2	—
Poliuretano expandido (R-11 expandido)		24	0.023	1.6	—
Perlita expandida (ligamento orgánico)		16	0.052	1.26	—
Caucho expandido (rígido)		72	0.032	1.68	—
Fibra mineral con aglomerante de resina		240	0.042	0.71	—
Corcho		120	0.039	1.80	—
Rociado o formado en el sitio					
Espuma de poliuretano		24-40	0.023-0.026	—	—
Fibra de vidrio		56-72	0.038-0.039	—	—
Uretano, mezcla de dos partes (espuma rígida)		70	0.026	1.045	—
Gránulos de lana mineral con aglomerantes de asbesto/inorgánico (rociado)		190	0.046	—	—

Fuente: Cengel y otros (2011)



**Plasticbages
Industrial, S.L.**

C/ DELS PINS, 2
POLIG. SALELLES
08253 SANT SALVADOR
DE GUARDIOLA
Tel. 93 868 20 72
Fax 93 869 63 62

castellano | catalá

🏠 📧 🏭

POLIETILENO
POLIPROPILENO
ACETAL
NYLON
PVC

FABRICACIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE PLÁSTICOS TÉCNICOS

POLIETILENO

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL POLIETILENO

Para conocer las **características técnicas** del **polietileno**, elasticidad, alargamiento a la rotura, densidades, fricción, resistencia a la rotura al impacto, a la tracción, y temperatura máxima y mínima de trabajo, así como para consultar las tablas de las medidas de barras y placas de **polietileno** que suministra plasticbages, y los pesos de los distintos formatos a su disposición, tanto en **barras** como en **placas**, consulte las tablas referentes al **polietileno** que aparecen a continuación:

PROPIEDAD	UNIDAD	NORMA	POLIETILENO (PE)
Alargamiento a la rotura	%	DIN 53455	800
Conductividad térmica	W/Km	DIN 52612	0,43
Coefficiente de dilatación térmica de 20°C a 50°C	m/m K		200-10-6
Coefficiente de Fricción			0,2
Densidad	g/cm ²	DIN 53479	0,95
Dureza a la bola	N/mm ²	DIN 53456	
Dureza "Shore"		DIN 53505	D65
Módulo de elasticidad	N/mm ²	DIN 53457	900
Punto de fusión	°C	ASTM D789	138
Resistencia Superficial		DIN 53482	1-1013
Resistencia al impacto	KJ/m ²	DIN 53453	No es trenca
Resistencia a la tracción	N/mm ²	DIN 53455	28
Temperatura máxima de uso	°C	NORMAL CON PUNTAS	80 110
Temperatura mínima de uso	°C		-100

PRODUCTOS

-  POLIETILENO
-  POLIPROPILENO
-  ACETAL
-  NYLON
-  PVC

FABRICACIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE PLÁSTICOS TÉCNICOS

INICIO

EMPRESA

PRODUCTOS

CONTACTO

Fuente: Plasticbages Industrial (2013)

Anexo 09. Especificaciones Ventilador ADDA AQ1212

NEW AQ SERIES: WATERPROOF FAN
ANY IP RATING CAN BE SATISFIED
 Water jets from any direction
 No harmful ingress

ADDA

New

Specification: IP 55

▶▶▶ Protected from total touch protection and no harmful ingress of dust

▶▶▶ Protected from water jets, from any directions and no harmful ingress of water.

Specialist in Thermal Solution System

Bearing type: Ⓞ=Ball

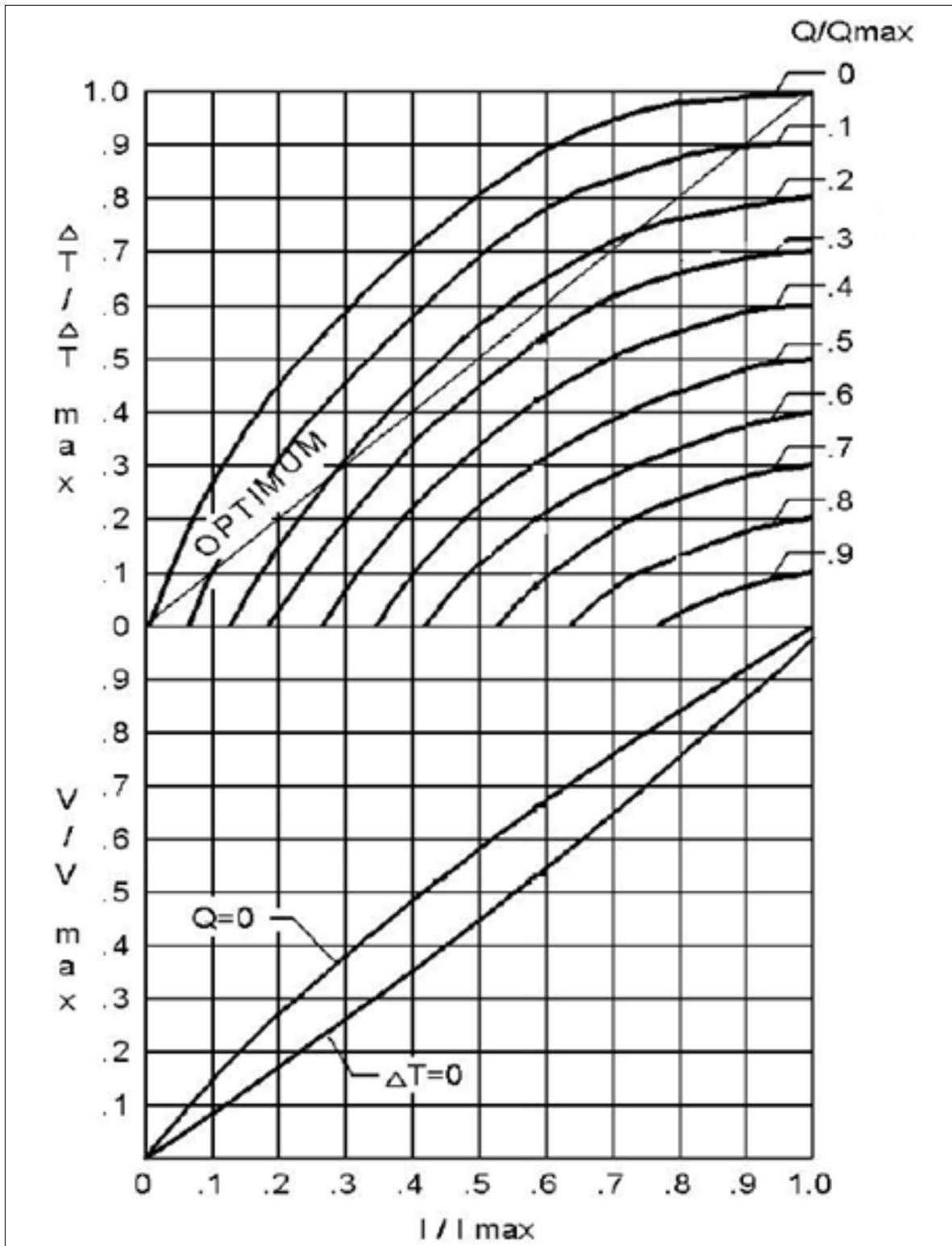
PHOTO	Frame size	Model NO.	Bearing Type	Voltage (V)	Current (A)	Power (W)	Speed (rpm)	AirFlow (CFM)	(CMM)	Pressure (mmAq)	(InH2O)	Noise (dB/A)	Weight (g)
	60x60x25mm	AQ0612HB-A70GL(T)	Ⓞ	12	0.23	2.76	4500	23.2	0.656	4.78	0.191	32.3	58
		AQ0612MB-A70GL(T)	Ⓞ	12	0.14	1.68	3500	18.0	0.509	3.00	0.120	24.0	
		AQ0612LB-A70GL(T)	Ⓞ	12	0.08	0.96	2500	13.2	0.373	1.80	0.064	16.1	
	70x70x25mm	AQ0712HB-A70GL(T)	Ⓞ	12	0.19	2.28	4200	34.0	0.971	5.43	0.217	35.5	62
		AQ0712MB-A70GL(T)	Ⓞ	12	0.16	1.92	3800	31.0	0.885	4.40	0.176	32.0	
		AQ0712LB-A70GL(T)	Ⓞ	12	0.12	1.44	3300	27.0	0.771	3.35	0.134	28.0	
	80x80x25mm	AQ0812HB-A70GL(T)	Ⓞ	12	0.25	3.00	3000	38.6	1.092	3.81	0.152	33.0	82
		AQ0812MB-A70GL(T)	Ⓞ	12	0.15	1.80	2500	32.9	0.931	2.85	0.114	28.3	
		AQ0812LB-A70GL(T)	Ⓞ	12	0.12	1.44	2100	27.6	0.781	1.95	0.078	22.5	
		AQ0812DB-A70GL(T)	Ⓞ	12	0.08	0.96	1600	20.5	0.580	1.27	0.051	15.0	
		AQ0824HB-A70GL(T)	Ⓞ	24	0.16	3.84	3200	40.0	1.132	4.28	0.171	35.0	
		AQ0824MB-A70GL(T)	Ⓞ	24	0.10	2.40	2400	30.0	0.849	2.50	0.100	27.0	
	92x92x25mm	AQ0824LB-A70GL(T)	Ⓞ	24	0.09	2.16	2200	29.0	0.820	2.07	0.083	24.0	103
		AQ0912HB-A70GL(T)	Ⓞ	12	0.25	3.00	2900	52.5	1.485	3.32	0.133	35.0	
		AQ0912MB-A70GL(T)	Ⓞ	12	0.17	2.04	2400	43.5	1.231	1.30	0.092	31.3	
		AQ0912LB-A70GL(T)	Ⓞ	12	0.13	1.56	2050	36.0	1.018	1.57	0.063	25.0	
		AQ0924HB-A70GL(T)	Ⓞ	24	0.15	3.60	2900	52.5	1.485	3.28	0.131	35.0	
		AQ0924MB-A70GL(T)	Ⓞ	24	0.12	2.88	2500	45.0	1.273	2.38	0.095	31.5	
	120x120x25mm	AQ0924LB-A70GL(T)	Ⓞ	24	0.08	1.92	2300	41.6	1.177	2.18	0.087	29.8	164
		AQ1212HB-A71GL	Ⓞ	12	0.37	4.44	2200	85.2	2.410	3.45	0.138	39.1	
		AQ1212MB-A71GL	Ⓞ	12	0.33	3.96	2050	80.5	2.277	2.97	0.119	38.0	
		AQ1212LB-A71GL	Ⓞ	12	0.24	2.88	1800	72.0	2.037	2.41	0.096	34.4	
		AQ1224MB-A71GL	Ⓞ	24	0.19	4.56	2200	85.2	2.410	3.45	0.138	39.1	
		AQ1224MB-A71GL	Ⓞ	24	0.17	4.08	2050	80.5	2.277	2.97	0.119	38.0	
		AQ1224LB-A71GL	Ⓞ	24	0.14	3.36	1800	72.0	2.037	2.41	0.096	34.4	

2 wires, 3rd wire available

Specifications subject to change without notice.

Fuente: Mouser Electronics (2020)

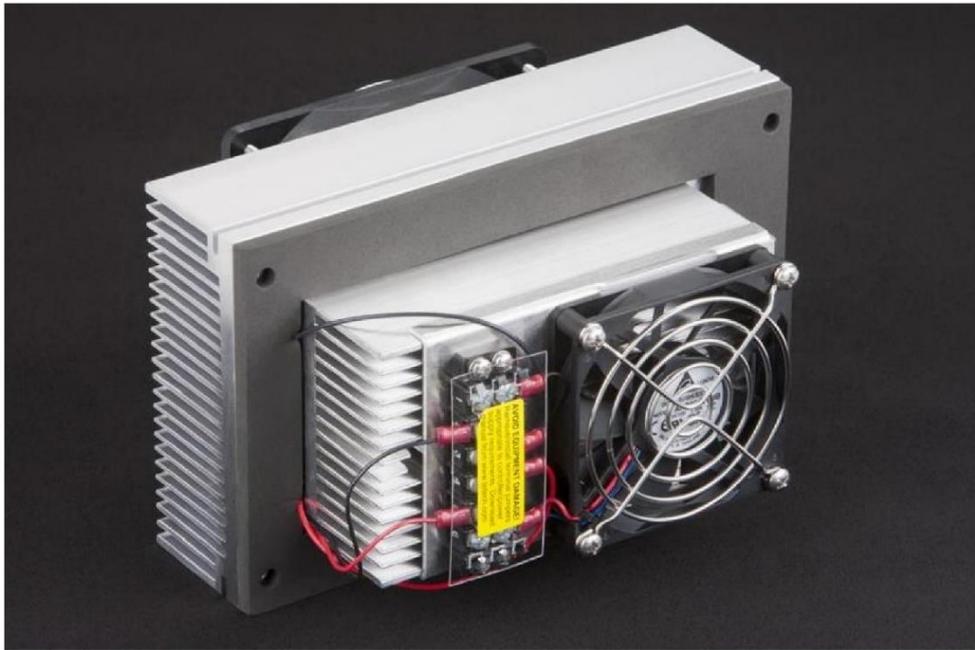
Anexo 10. Gráficas Universales de Rendimientos de una celda Peltier estándar



Fuente: Marlow Industries, Inc. (1998)

Anexo 11. Ficha técnica del módulo de refrigeración Peltier AC-055

AC-055 Peltier-Thermoelectric Air Cooler



- Ideal for small to medium-sized electronics enclosures and refrigeration applications where a large temperature difference is not required.
- NEMA 4 protection: anodized external fins, environmentally sealed external fan (IP55), and stainless steel finger guards.
- Low-profile internal fan minimizes the space required inside the enclosure.
- Internal fan blows air to center of enclosure so you can aim cooled air at the components that need the most cooling.
- Adaptable mounting – can be mounted in any orientation and fan end of internal fins can be placed against enclosure wall if needed.
- Energy efficient / low input power.
- Heats as well as cools (when used with heat & cool / bipolar controller).
- High quality dual ball bearing fans for long life.
- Can easily be customized for production-sized orders to meet your exact requirements.
- CE marked, RoHS compliant.

TE TECHNOLOGY, INC.®

Expert Engineering, Precision Manufacturing:
Quality Thermal Solutions Delivered

<https://totech.com/> • cool@totech.com • 231-929-3966 • 1590 Keane Drive • Traverse City, MI 49696

NOTE: All specifications are subject to change without notice. © 2018 TE Technology, Inc.

AC-055 6-FEB-2019 Page 1 of 8

Fuente: TE Technology Inc. (2019)

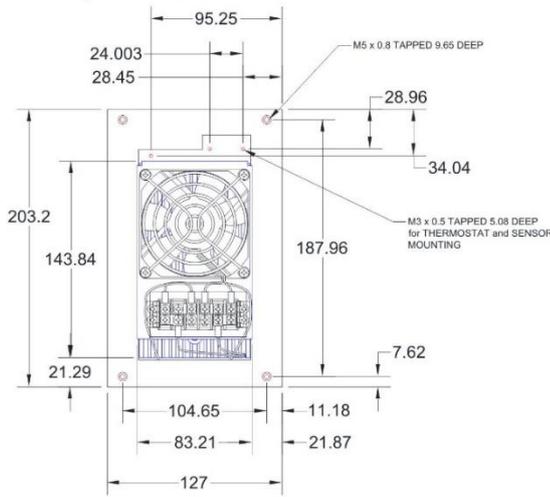
AC-055 Specifications

Thermoelectric (TE) Power (typical) ^{1,3} :	12 VDC at 5.63 A	NEMA Rating: 4
Thermoelectric (TE) Power (maximum) ^{2,3} :	12 VDC at 7.28 A	Ext Fan Rating: IP55
External (ambient) Fan Power:	12 VDC at 0.40 A	Weight (kg): 2.7
Internal (enclosure) Fan Power:	12 VDC at 0.19 A	
External (ambient) Fan Noise:	44.5 dBA	
Internal (enclosure) Fan Noise:	39.5 dBA	

⚠ Please review the [Thermoelectric Cooling Assembly \(TCA\) Instruction Manual](#) (or [manual in other languages](#)), [ordering information](#), and [FAQ's](#) for related technical information before purchasing or using this product.

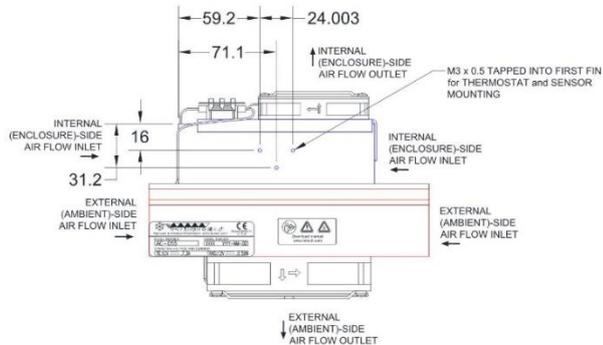
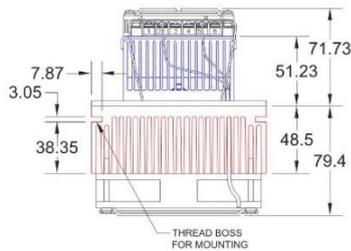
Performance is based on unrestricted air flow to fans and from air-flow outlets. Do not operate if the ambient, enclosure air, heat sink, or cold sink temperatures exceed 60 °C. Do not operate fan at air temperatures below -10 °C or above 60 °C.

¹Current, at steady-state, is rated at +25 °C ambient, +25 °C internal, maximum heat removal. At -10 °C internal, the typical steady-state current is 5.34 A.
²Current, at steady-state operation under-worst case conditions, is rated at -10 °C ambient, +60 °C internal, maximum heat removal.
³Total current consumption is sum of TE current and Fan current.



A 3D PDF, .stp, and .sldprt solid models are also available from the website. Contact TE Technology for 3D solid models in other formats.

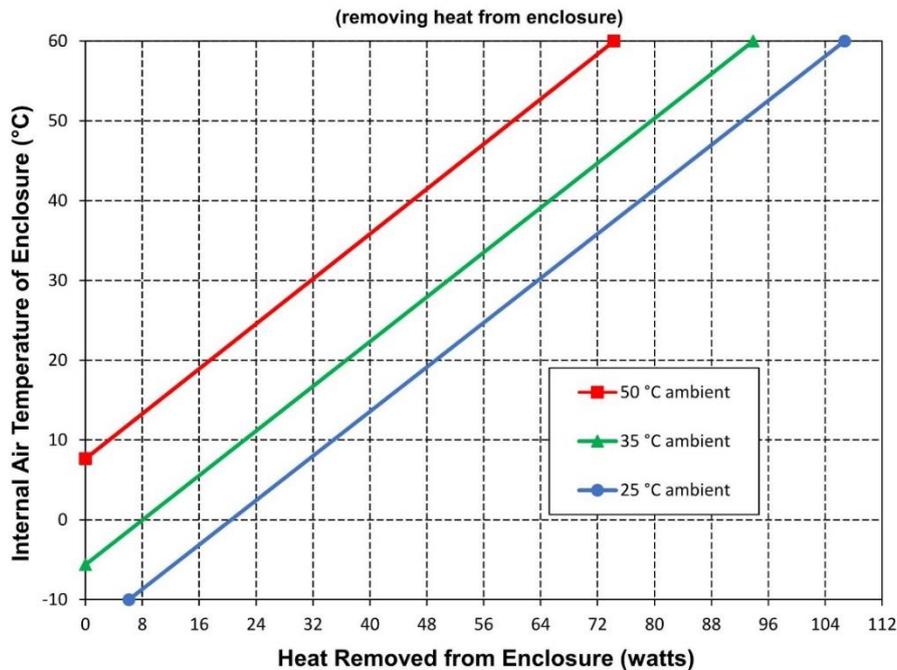
All dimensions in millimeters.
 Internal (enclosure) side shown in blue;
 External (ambient) side shown in red.



Expert Engineering, Precision Manufacturing:
 Quality Thermal Solutions Delivered

<https://tetech.com/> • cool@tetech.com • 231-929-3966 • 1590 Keane Drive • Traverse City, MI 49696

AC-055 Cooling Performance Graph



How to use the Performance Graph:

1. Select Performance Line

The diagonal lines represent cooling performance at the indicated ambient air temperature (intake temperature on the ambient-side fan). If the cooler is to operate at a different ambient, then you must sketch in a new performance line. This can be drawn parallel to one of the existing lines, using the distance between the existing lines as a scale to properly locate the new line.

2. Select Enclosure Temperature

Draw a horizontal line on the graph corresponding to the desired internal air temperature of the enclosure. Make the line intersect with the performance line corresponding to the ambient temperature at which the cooler is to operate.

3. Determine Cooling Capacity

The maximum amount of heat that the cooler can remove from the enclosure is determined by the intersection point (determined in the previous step). *The cooler will be able to maintain the desired enclosure temperature if the cooling capacity exceeds the heat load. If the heat load exceeds the cooling capacity then a higher capacity cooler will be needed.*

Example: You need to maintain the enclosure at 40 °C while in a 50 °C ambient. The cooler can remove a maximum of approximately 46 W of heat from the enclosure. If the heat load (internally generated heat plus the heat gain through insulation, solar, vapor condensation, etc.) in the enclosure exceeds this, you would need more coolers and/or a larger cooler.

TE TECHNOLOGY, INC.®

Expert Engineering, Precision Manufacturing:
Quality Thermal Solutions Delivered

<https://totech.com/> • cool@totech.com • 231-929-3966 • 1590 Keane Drive • Traverse City, MI 49696

NOTE: All specifications are subject to change without notice. © 2018 TE Technology, Inc.

AC-055 6-FEB-2019 Page 3 of 8

Anexo 13. Ficha técnica de batería RITAR 1290



RT 1270E (12V7Ah)

RT1270E is a general purpose battery with 5 years floating design life, meet with IEC, JIS standard. With heavy duty grid, thickness plates, special additives, RT series battery have long and reliable standby service life.

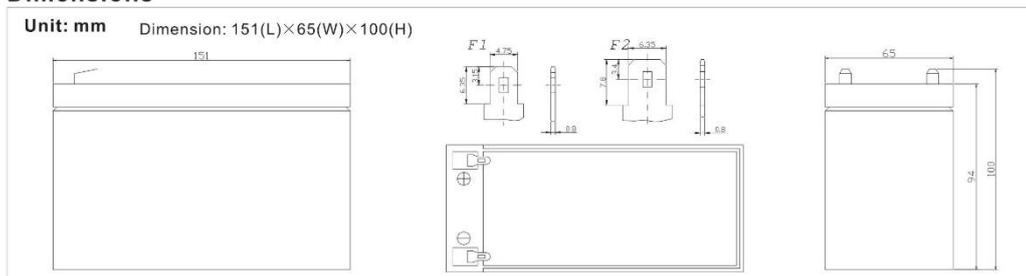


Specification

Cells Per Unit	6
Voltage Per Unit	12
Capacity	7Ah@20hr-rate to 1.75V per cell @25°C
Weight	Approx. 2.0 Kg
Max. Discharge Current	70A (5 sec)
Internal Resistance	Approx. 30 mΩ
Operating Temperature Range	Discharge: -20°C~60°C Charge: 0°C~50°C Storage: -20°C~60°C
Normal Operating Temperature Range	25°C±5°C
Float charging Voltage	13.7 to 13.9 VDC/unit Average at 25°C
Recommended Maximum Charging Current Limit	2.1 A
Equalization and Cycle Service	14.6 to 14.8 VDC/unit Average at 25°C
Self Discharge	RITAR batteries can be stored for more than 6 months at 25°C. Self-discharge ratio less than 3% per month at 25°C. Please charge batteries before using.
Terminal	Faston Tab 187(F1)/Faston tab 250(F2)
Container Material	A.B.S. (UL94-HB), Flammability resistance of UL94-V2 can be available upon request.



Dimensions



Constant Current Discharge Characteristics : A(25°C)

F.V/Time	5MIN	10MIN	15MIN	30MIN	1HR	2HR	3HR	4HR	5HR	8HR	10HR	20HR
9.60V	27.04	17.73	13.90	7.800	4.635	2.669	1.814	1.452	1.206	0.768	0.665	0.373
10.0V	26.06	17.29	13.45	7.701	4.509	2.616	1.781	1.432	1.185	0.765	0.658	0.359
10.2V	24.53	16.43	13.08	7.583	4.466	2.588	1.765	1.418	1.172	0.758	0.648	0.353
10.5V	22.05	15.36	12.33	7.374	4.378	2.554	1.749	1.404	1.158	0.751	0.645	0.342
10.8V	19.76	14.33	11.64	7.130	4.299	2.533	1.729	1.397	1.146	0.748	0.634	0.322
11.1V	17.29	13.14	10.74	6.859	4.184	2.431	1.695	1.385	1.134	0.742	0.624	0.317

Constant Power Discharge Characteristics : W(25°C)

F.V/Time	5MIN	10MIN	15MIN	30MIN	1HR	2HR	3HR	4HR	5HR	8HR	10HR	20HR
9.60V	284.5	188.6	148.8	89.29	53.82	31.14	21.20	17.18	14.27	9.195	7.964	4.471
10.0V	277.1	184.6	146.6	88.37	53.03	30.88	21.16	17.14	14.20	9.159	7.889	4.312
10.2V	263.5	177.3	144.7	87.60	52.64	30.68	21.08	17.00	14.06	9.090	7.814	4.233
10.5V	240.5	170.0	137.2	85.81	51.93	30.44	21.00	16.84	13.89	9.013	7.733	4.113
10.8V	217.0	159.1	129.6	83.78	51.08	30.18	20.75	16.78	13.75	8.974	7.615	3.874
11.1V	191.4	148.1	122.1	81.48	50.13	29.14	20.35	16.61	13.62	8.910	7.502	3.812

All mentioned values are average values.

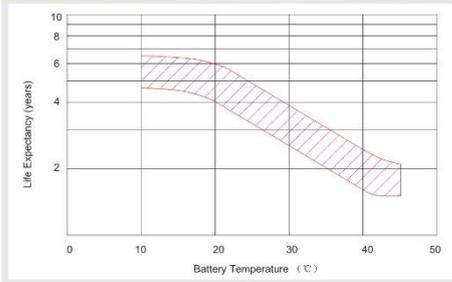
Fuente: AutoSolar (2015)

RT 1270E

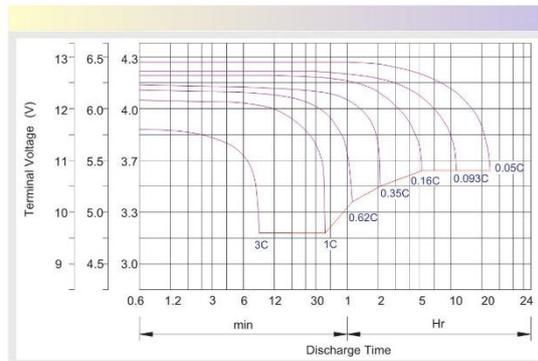
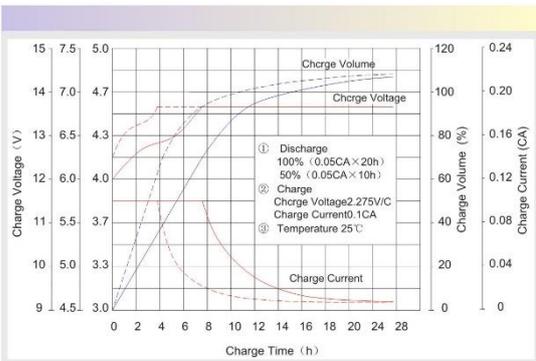
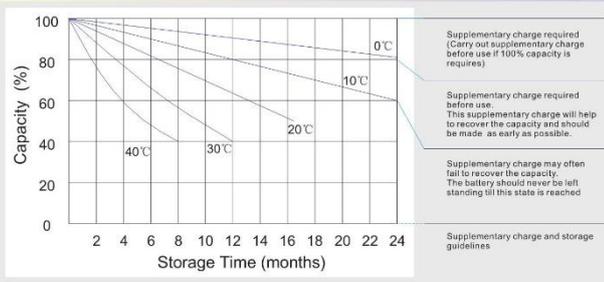
12V7Ah



Effect of temperature on long term float life



Storage characteristic



Capacity Factors With Different Temperature

Battery Type		-20°C	-10°C	0°C	5°C	10°C	20°C	25°C	30°C	40°C	45°C
GEL Battery	6V&12V	50%	70%	83%	85%	90%	98%	100%	102%	104%	105%
	2V	60%	75%	85%	88%	92%	99%	100%	103%	105%	106%
AGM Battery	6V&12V	46%	66%	76%	83%	90%	98%	100%	103%	107%	109%
	2V	55%	70%	80%	85%	92%	99%	100%	104%	108%	110%

Discharge Current VS. Discharge Voltage

Final Discharge Voltage V/cell	1.75V	1.70V	1.60V
Discharge Current (A)	(A) ≤ 0.2C	0.2C < (A) < 1.0C	(A) ≥ 1.0C

Charge the batteries at least once every six months, if they are stored at 25°C.

Charging Method:

Constant Voltage	-0.2Cx2h+2.4~2.45V/Cellx24h, Max. Current 0.3CA
Constant Current	-0.2Cx2h+0.1CAx12h
Fast	-0.2Cx2h+0.3CAx4.0h

Maintenance & Cautions

Float Service:
※ Every month, recommend inspection every battery voltage.
※ Every three months, recommend equalization charge for one time.
Equalization charge method:
Discharge: 100% rate capacity discharge.
Charge: Max. current 0.3CA, constant voltage 2.4-2.45V/Cell charge 24h.
※ Effect of temperature on float charge voltage: -3mV/°C/Cell.
※ Length of service life will be directly affected by the number of discharge cycles, depth of discharge, ambient temperature and charging voltage.

Anexo 14. Presupuesto para la construcción del proyecto

Materiales y equipos	Cantidad	Precio unitario (s/.)	Subtotal (s/.)
Termo porta vacunas KST 3504	1	350.00	350.00
Celda Peltier TEC1-17206	1	20.00	20.00
Módulo de Refrigeración termoeléctrica Peltier AC-055	1	1184.69	1184.69
Módulo de Control de Temperatura termoeléctrica Peltier TE-48-20	1	1040.98	1040.98
Batería RITAR 12V 7Ah	1	56.27	56.27
Pasta térmica o pasta refrigerante	1	15.00	15.00
Adhesivo transparente	1	10.00	10.00
Otros	-	100.00	100.00
TOTAL			2776.94

Fuente: Elaboración propia

Anexo 15. Plano de diseño de termo porta vacunas KST utilizando celdas termoeléctricas Peltier para la generación de frío

