

Efecto Peltier aplicado en una unidad para equipo de medición

J. Arturo Mendoza Razo,
Carlos A. Amaro Betancourt,
Saúl Almazán Cuellar, J. Adrián Chiquito Cruz*

Instituto Tecnológico de San Luis Potosí. Av. Tecnológico s/n Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P.

amrazo@uaslp.mx, alberto.betancourt@uaslp.mx, salmazancuellar@gmail.com, jose.chiquito@uaslp.mx *

Resumen.

Con la finalidad de disminuir los errores en la medición, producidos por la variación de la temperatura ambiente, se utiliza el efecto Peltier para diseñar una unidad de temperatura controlada. En esta unidad los instrumentos de medición serán almacenados, se mantendrán calibrados y será posible obtener mayor precisión en la medición. La unidad generará calor o frío para mantener la temperatura en un rango de $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$.

Abstract.

In order to reduce errors in measurement, produced by temperature variation, it's presents the application of the Peltier effect to design a temperature control unit. In this unit, the instruments will be stored, will remain calibrated and is possible to obtain more accurate measurement. The camera will generate heat or cold to keep the temperature in the range of $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$.

Nomenclatura.

q	Flujo de calor
K	Conductividad térmica del material
A	Área, área neta en pies^2
ΔT	Diferencia de temperaturas en $^{\circ}\text{F}$
L	Longitud o espesor
Q	Pérdida de calor en BTU/Hr
U	Coeficiente de transmisión de calor en $\text{Btu-hr-pie}^2\text{-}^{\circ}\text{F}$
t_i	Temperatura de diseño interior en $^{\circ}\text{F}$
t_e	Temperatura de diseño exterior en $^{\circ}\text{F}$

1. Introducción.

En la industria y en los departamentos de control de calidad, se emplean instrumentos de medición para realizar la verificación dimensional de piezas mecánicas. Las influencias de parámetros ambientales dentro y fuera del espacio donde se alojan piezas e

instrumentos, influye en el conocimiento de la dimensión real de la pieza, para evitar esta influencia es necesario que los instrumentos y piezas se encuentren en un espacio con ambiente controlado. Para algunas microempresas y escuelas el acondicionamiento de un área de trabajo para este fin, es poco factible por resultar costoso ya que implica colocar ductos, aislantes, unidades condensadoras y evaporadoras, entre otros. En el presente trabajo se contempla el diseño de una cámara para el control de la temperatura de instrumentos de medición; con ello se obtendrá mayor precisión en las lecturas realizadas.

1.1 Cuartos de temperatura controlada.

Un medio ambiente también se entiende como un cuarto, caja o armario en donde una temperatura controlada de un fluido líquido o gas se distribuye en éste. [1]

Los requerimientos para el control de humedad provienen de la necesidad de prevenir efectos de deterioro originados por la humedad, como son la corrosión de las piezas de trabajo y aparatos de medición, y para mantener la exactitud de estas piezas, que son dimensionalmente sensitivas a la humedad. Especificaciones para el control de la humedad deberán ser compatibles con las normas establecidas por la Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (ASHRAE), que nos recomienda una humedad que va del 40% al 60%. Con respecto a la temperatura, la norma ANSI especifica que la temperatura de referencia estándar para mediciones geométricas del producto es de $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ (68°F). [1, 2, 3]

Algunos de los dispositivos o sistemas para mantener en temperatura controlada un espacio, se describe enseguida de manera general, al igual que algunas de sus aplicaciones.

1.2 Sistema de Refrigeración por compresión de gas.

El equipo principal en un sistema convencional de refrigeración mecánica, se compone de los elementos mostrados en la figura 1. [2]

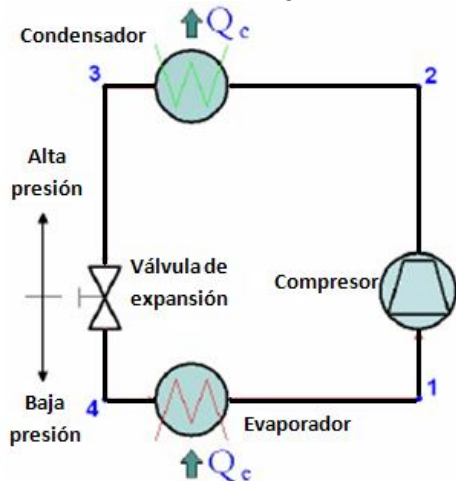


Figura 1. Sistema de refrigeración por compresión de gas.

1.3 Efecto Peltier.

La termoelectricidad se considera como la rama de la termodinámica superpuesta a la rama de la electricidad donde se estudian fenómenos en los que intervienen calor y electricidad, el fenómeno más conocido es el de electricidad generada por la aplicación de calor a la unión de dos materiales diferentes. Si se unen por ambos extremos dos alambres de distinto material, y una de las uniones se mantiene a una temperatura superior a la otra, surge una diferencia de tensión que hace fluir una corriente eléctrica entre las uniones, este circuito se denomina termopar, fue observado por primera vez en 1821 por Thomas Seebeck, y se conoce como efecto Seebeck. [4]

Ahora bien, cuando se hace pasar una corriente por un circuito compuesto de materiales distintos cuyas uniones están a la misma temperatura, se produce el efecto inverso. En este caso se absorbe calor en una unión y se desprende en la otra. Este fenómeno se conoce como efecto Peltier y fue descubierto en 1834 por Jean Peltier. Ver figura 2. [4]

2. Planteamiento del problema.

Debido a la problemática de contar con cuartos de temperatura controlada se procede a diseñar

un sistema de refrigeración utilizando el efecto Peltier, con la finalidad de crear una unidad de temperatura controlada para el almacenamiento de equipos de medición. Lo anterior para economizar, sustituyendo el sistema tradicional de refrigeración por compresión de gas.

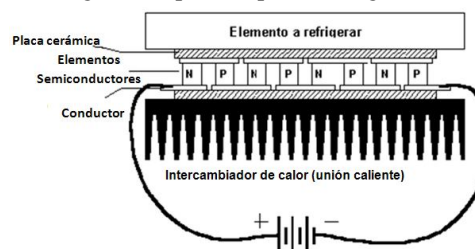


Figura 2. Sistema Peltier de refrigeración. [5]

2.1 Características de la unidad.

Las exigencias a cumplir de la unidad de temperatura controlada son: mantener el interior de la misma a $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ no importando la temperatura ambiente externa, reducir el consumo de energía, funcionar con energía eléctrica, ser eficiente y ligera.

Las dimensiones de la unidad de temperatura controlada están basadas en las correspondientes a los instrumentos de medición; como el “pie de rey” o vernier y los micrómetros digitales y de tornillo más comúnmente utilizados en un laboratorio escolar, de ahí se proponen las dimensiones presentadas en la Tabla 1.

Tabla 1. Dimensiones de la unidad de temperatura controlada.

Cámara exterior		
Frente	50 cm	1.64 pies
Alto	32 cm	1.05 pies
Profundidad	32 cm	1.05 pies
Cámara interior		
Frente	40 cm	1.31 pies
Alto	30 cm	0.98 pies
Profundidad	30 cm	0.98 pies

Los materiales inicialmente propuestos para diseñar la unidad de temperatura controlada son:

- Cable de cobre
- Módulo Peltier
- Inversor de polaridad
- Medidor de temperatura
- Estructura de aluminio
- Paredes de plástico
- Aislante térmico
- Leds
- Puerta de acrílico

En la Figura 3 se presenta el Diagrama de Funciones de la unidad, en donde se muestra la secuencia de actividades o pasos para lograr el funcionamiento óptimo de ésta, considerando que deberá ser una unidad de refrigeración o calentamiento. Se comienza por plantear el tipo de energía, así como también los dispositivos para proteger contra sobrecarga, el encendido y apagado y adaptadores de corriente, entre otros.

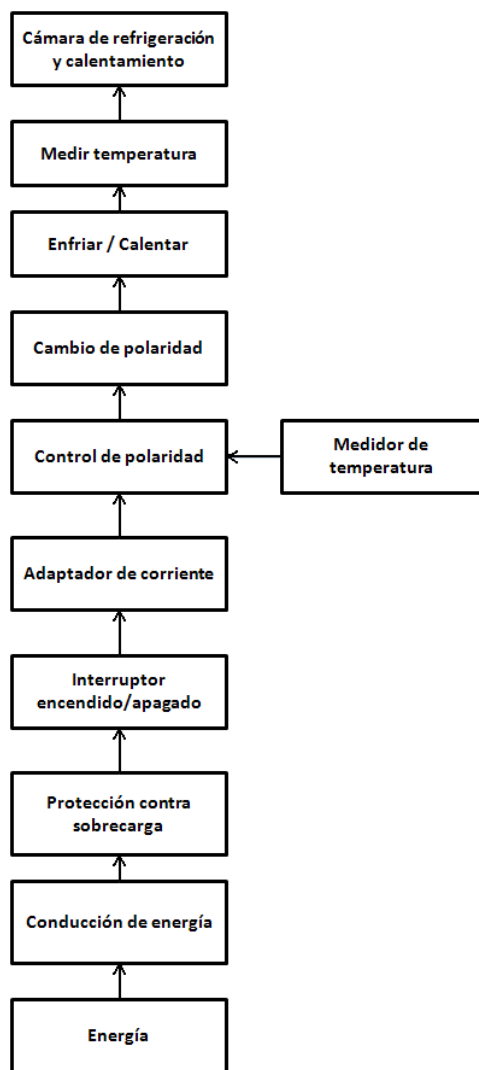


Figura 3. Diagrama de funciones.

3. Cálculos.

La definición de las características de los componentes inicia con la determinación de la carga térmica en BTU/HR que hay que extraer o añadir a la unidad de temperatura controlada, dentro de este proceso se encuentra determinar las características de la celda Peltier a utilizar.

Para obtener la carga térmica se usaron los datos presentados en la tabla 2 [6]. Que representan las condiciones de temperatura ambiente locales, en San Luis Potosí, México, así como las orientaciones propuestas de la unidad.

Espesor del poliuretano expandido.

Como medio aislante se emplea poliuretano expandido, cuyo espesor se calcula mediante la ley de Fourier, representada en la ecuación (1). [7]

Tabla 2. Datos de trabajo para diferencia de temperaturas equivalentes. [6]

	Techo	Pared	Puerta
Ciudad	San Luis Potosí	San Luis Potosí	San Luis Potosí
Orientación	Este	Este	Este
1 Mes de diseño	Mayo	Mayo	Mayo
2 Hora de diseño	2:00 p. m.	2:00 p. m.	2:00 p. m.
5 Temperatura de diseño	104°F	104°F	104°F
6 Corrección	-4°F	-4°F	-4°F
7 3 P. M. Tbs=5+6	100°F	100°F	100°F
8 Temp. Diseño cuarto BS	68 °F	68 °F	68 °F
11 Corrección	12°F	12°F	12°F
18 ΔT(sombra)	12°F	12°F	12°F
19 ΔT _{eq} =(18)+(11)	24°F	24°F	24°F

$$q = K A \Delta T/L \quad (1)$$

De esta ecuación se despeja el valor de L; empleando la suma de las áreas en el interior de la unidad como 0.54 m², un flujo de calor de 25 W, el valor de K_{poliuretano}= 0.023 W/m K, el valor de temperatura interior de la unidad de refrigeración de 20 °C (68 °F) y la temperatura exterior de 40 °C (104 °F), se tiene que el espesor del poliuretano es L ≈ 10 mm.

Una vez diseñada la cámara del interior de la unidad y la cubierta o cámara exterior de la misma, se obtiene que debido a la magnitud de los materiales comerciales, existente un espacio lineal entre cámaras de 16 mm, por lo que se decide emplear este espesor de poliuretano.

Carga térmica de refrigeración.

Con los datos anteriores y empleando la ecuación (2), para la parte externa de la unidad de refrigeración se obtiene la carga térmica del techo, las paredes laterales, el calor de la puerta y el calor total que es la suma de los valores previamente enunciados.

$$Q_{\text{techo}} = A U \Delta T_e \quad (2)$$

$$Q_{\text{techo}} = (1.722)(0.22)(36) = 13.638 \text{ BTU/HR}$$

Debido a que las áreas del techo, pared posterior y piso son iguales, se suman y se tiene:

$$Q_{\text{techo, pared posterior, piso}} = 40.914 \text{ BTU/HR}$$

Empleando la ecuación anterior, se determina la carga térmica de las paredes laterales.

$$Q_{\text{pared}} = (1.1025)(0.22)(36) = 8.731 \text{ BTU/Hr}$$

Debido a que son dos paredes laterales con la misma área se multiplica por 2, teniendo:

$$Q_{\text{paredes}} = (8.731)(2) = 17.463 \text{ BTU/Hr}$$

Debido a que la puerta de la unidad será de acrílico, se determina enseguida la carga térmica en ésta, obteniéndose:

$$Q_{\text{puerta acrílico}} = (1.15)(0.593)(36) = 24.55 \text{ BTU/Hr}$$

El calor total se calcula sumando los valores de calor obtenidos previamente, así se tiene que:

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{techo, pared posterior, piso}} + Q_{\text{paredes}} + Q_{\text{puerta acrílico}} \quad (3)$$

$$Q_{\text{total}} = 82.927 \text{ BTU/Hr} = 24.305 \text{ W}$$

Debido a que las Celdas Peltier indican su flujo en watts, es que se establece el equivalente de BTU/Hr a watts.

Carga térmica de calefacción.

Para el cálculo de la carga térmica de calefacción se emplea la ecuación (4) y se considera que en el exterior de la unidad se tendrá una temperatura de cero grados centígrados.

$$Q = A U (t_i - t_e) \quad (4)$$

Siguiendo los mismos pasos empleados para determinar la carga de refrigeración, se tiene para el techo:

$$Q_{\text{techo}} = (1.722)(0.22)(68 - 32) = 13.638 \text{ BTU/Hr}$$

La carga térmica del piso y de la pared posterior son iguales a la del techo, por lo que se suman obteniéndose:

$$Q_{\text{techo, pared posterior, piso}} = 40.914 \text{ BTU/Hr}$$

La carga térmica para la pared lateral se determina como:

$$Q_{\text{pared}} = (1.1025)(0.22)(36) = 8.731 \text{ BTU/Hr}$$

Las dos paredes laterales tienen el mismo valor de U y la misma área, por lo tanto la carga para ambas paredes será:

$$Q_{\text{paredes}} = (8.731)(2) = 17.463 \text{ BTU/Hr}$$

Para la puerta de acrílico se tiene:

$$Q_{\text{puerta}} = (1.15)(0.593)(36) = 24.55 \text{ BTU/Hr}$$

La suma de los calores será la carga total de calentamiento y equivale a:

$$Q_{\text{total}} = 40.914 + 17.463 + 24.55$$

$$Q_{\text{total}} = 82.927 \text{ BTU/Hr} = 24.305 \text{ W}$$

Selección de Celdas Peltier.

En base a los resultados de las cargas térmicas de refrigeración y calefacción, se selecciona la celda Peltier. Se propone el modelo HP-127-1.4-1.5-72 Thermoelectric Module (Peltier Module). Con las especificaciones señaladas en la tabla 3 y con referencia a la figura 4.

El procedimiento para la selección de la celda Peltier se menciona enseguida: Remover 25 W de calor a 20°C y asumir que el lado caliente de la celda esta a 50°C. Se determina la diferencia de temperatura.

Tabla 3. Datos de la celda Peltier.

	Especificaciones del material. (27°C de temperatura del lado caliente.	Especificaciones del material. (50°C de temperatura del lado caliente.
Vmax (V)	16.3	18.1
Imax (A)	6.2	6.2
Qmax (W)	62.0	68.0
Dtmax (°C)	72	81
Rango de operación de temperatura	-40°C a 80°C	

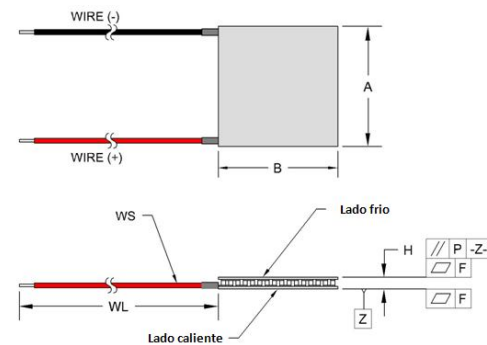


Figura 4. Celda Peltier.

$$\text{Diferencia de temperatura} = 50^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C} = 30^\circ\text{C}$$

Con los datos de 25 W y 30 °C es factible calcular el voltaje que ha emplear para la celda Peltier.

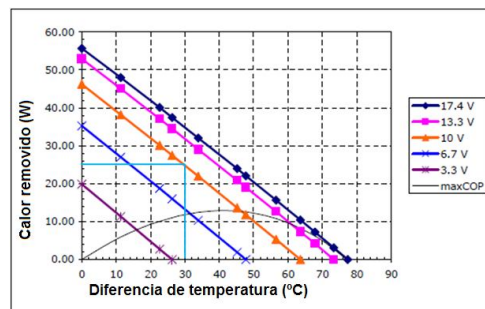


Figura 5. Calor removido contra diferencia de temperatura.

Con los datos calculados anteriormente se obtiene un valor de 10 Volts para el funcionamiento de la celda Peltier. En la figura 6 se puede determinar el valor de la corriente que consumirá dicha celda.

Con el valor de 30°C se traza una línea vertical que intersecte con la línea de 10 Volts, después se traza una línea horizontal hacia la izquierda hasta el eje de la corriente de entrada y se obtiene un valor de 3.5 Ampers, que el valor de corriente que consume la celda Peltier.

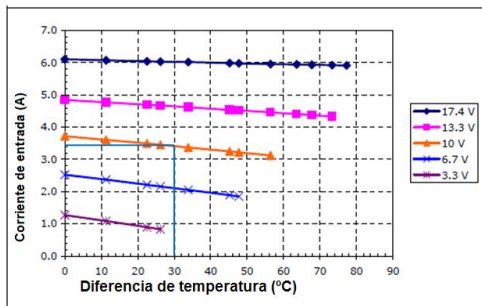


Figura 6. Corriente de entrada contra temperatura.

Conclusiones.

Con los datos obtenidos se puede concluir que al diseñar la unidad de temperatura controlada ésta puede ser construida. Ya que la celda Peltier es ligera y consume poca corriente eléctrica para su funcionamiento. Y que tiene algunas ventajas sobre los dispositivos de refrigeración tradicionales, ya que estos son más costosos, pesados y consumen más energía eléctrica. Por el momento no se cuenta con resultados comparativos sobre las ventajas que ofrece la unidad de temperatura controlada, ya que actualmente se está buscando apoyo económico para su construcción.

Reconocimientos.

Los autores de este artículo agradecen el apoyo al ITSLP para el diseño de la unidad de temperatura controlada y la participación en el XVI Congreso Internacional Anual de la SOMIM.

Referencias.

- [1] American National Standard, Temperature and Humidity Environment for

Dimensional Measurement, ANSI B89.6.2 – 1973 Reaffirmed 1995, Published by ASME, pag. 4, 5

- [2] Eduardo Hernández Goribar, Fundamentos de aire acondicionado y refrigeración, Ed. Limusa, pag. 163, 389
- [3] Especificación Geométrica de Productos (GPS), Temperatura Normalizada de Referencia para la Especificación Geométrica y Verificación de Productos, ISO 1:2002
- [4] José Luis Salazar, Josue Enríquez Z., Efectos termoeléctricos Seebeck, Peltier y Thompson, Ciencia y Desarrollo
- [5] Wilfredo Blancarte Lizárraga, Instrumentación para el control de procesos industriales, Efecto Peltier, Universidad Jesuita en Guadalajara, 28 de septiembre de 2001
- [6] Carrier Air Conditioning Company, Manual de aire acondicionado, Ed. Marcombo, Boixapeu Editores, Barcelona
- [7] Incropera, Frank P., David P., De Witt, Fundamentos de transferencia de calor, Prentice Hall, 1999.