

Refrigeradores Peltier

Alberto González, Patricia Prieto, Verónica León, Eva González

I. INTRODUCCIÓN

¿Por qué necesitamos la refrigeración en los sistemas electrónicos? Todos los circuitos producen una cierta cantidad de calor al estar en funcionamiento, y en muchas ocasiones, cuando el calor no es excesivo, se permite una refrigeración por ventilación pasiva. Sin embargo, el aumento de capacidad de proceso y velocidad en algunos integrados hace que aumente la potencia disipada, y sea necesaria la refrigeración de todos los componentes si no queremos quemar el circuito.

Pensemos en el circuito integrado más común, un microprocesador, y llevado al extremo del overclocking (cuando hacemos que un ordenador trabaje más rápido de para lo que esta diseñado). Es ahí donde la refrigeración marca la diferencia entre el éxito y el fracaso. Hay que pensar como está concentrada tal cantidad de transistores en una pequeña área (21 millones en 118mm² en el K6-III) eso produce mucho calor. Cuando uno fuerza al procesador a correr más rápido de lo original, todos los componentes del procesador trabajan al límite, y si se aumenta el voltaje para la estabilidad, se produce aún más calor. Y no sólo el procesador es importante, también hay que mantener la caja fría y también las nuevas tarjetas de video 3d (Voodoo 3, TNT2, etc ..). Existen varias formas de enfriar el procesador y la tarjeta de video y una de ellas es mediante los refrigeradores Peltier

II. PRINCIPIOS TEÓRICOS DE FUNCIONAMIENTO

A. Sistemas de refrigeración

Jean Peltier era un relojero francés del siglo XIX que en el año 1834 descubrió un efecto termoeléctrico y que lleva su nombre, el efecto Peltier. Los refrigeradores Peltier forman parte del conjunto de refrigeradores termoeléctricos.

Un **refrigerador termoeléctrico** es un tipo especial de semiconductor que funciona como una bomba de calor. Aplicándole una tensión continua, el calor será desplazado en la dirección de la corriente (del + hacia el -). El calor es "bombeado" de una cara del módulo a la otra, de manera que una estará fría y la otra caliente, y el efecto es reversible. Cuando la corriente pasa a través de una unión de dos diferentes tipos de conductores produce un cambio de temperatura.

En la refrigeración termoeléctrica se mantienen los mismos elementos de la refrigeración convencional, pero el refrigerante líquido y el vapor se cambian por dos conductores disímiles. El ensamble frío (superficie del evaporador), llega a ser frío por la absorción de la energía calorífica realizada por los electrones que pasan de un semiconductor a otro, en vez de la absorción de energía por el refrigerante. El compresor es sustituido por una fuente de potencia CC, que bombea los electrones desde un semiconductor a otro. El disipador de calor o condensador se sustituye por aletas convencionales, y descarga la energía al medio ambiente. La diferencia entre los dos sistemas está en que uno es mecánico y el otro es eléctrico. En el efecto termoeléctrico los materiales están conectados eléctricamente en serie y térmicamente en paralelo; para crear dos ensambles los materiales semiconductores son de tipo N y P.

Al aplicar la corriente, los electrones se mueven desde el material P hacia el N, haciéndoles saltar a un estado de mayor energía y absorbiendo así la energía térmica (lado frío). Siguiendo el circuito, los electrones vuelven al material P, saltando a un estado de energía menor, haciendo que esta energía se emita en forma de calor (lado caliente). Por tanto, los electrones en el material tipo N y en el tipo P son los que hacen la acción de refrigeración desde el lado frío hasta el lado caliente. Este efecto se puede observar en la figura 1.

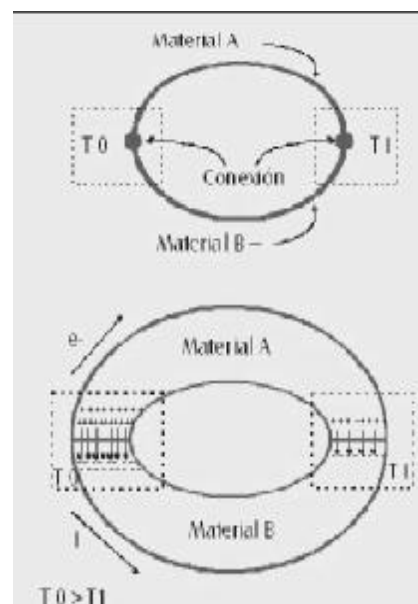


Figura 1. Efecto refrigeración térmica

B. Células Peltier

Los principios de funcionamiento de la refrigeración termoeléctrica se reflejan en la práctica en las células Peltier; en este apartado explicaremos todo lo relativo a ellas:

1) Funcionamiento

Para formar una célula Peltier se unen en serie pares termoeléctricos (entre 7 y 127 pares normalmente) de dos semiconductores diferentes, alternando tipo P y tipo N. Su aspecto final es el de pequeñas placas a las que van conectados los cables de alimentación (figura 2). Su peculiaridad es que al hacer pasar electricidad por ellas uno de los lados se vuelve frío, mientras que el otro se vuelve caliente. El lado frío suele estar alrededor de los 25°C (77°F), mientras que la temperatura del lado caliente es bastante alta y, dependiendo del modelo, puede llegar a los 80°C (176°F). Normalmente, la diferencia de temperatura entre el lado caliente y el frío es de alrededor de 70 grados, con algunos elementos Peltier de altas características esta diferencia puede alcanzar los 120 grados. En la figura 2 vemos el esquema de funcionamiento de una de estas células Peltier.

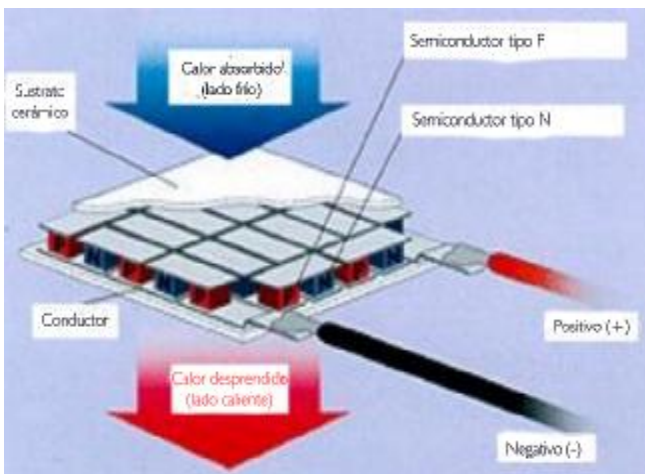


Figura 2. Funcionamiento de una célula Peltier

2) Parámetros característicos

Los parámetros característicos de una célula y que encontramos en cualquier catálogo son los siguientes:

- $T_{m\acute{a}x}$: temperatura máxima que soportan las soldaduras del ETE; si se supera este valor, se puede fundir la placa termoeléctrica. Esta temperatura máxima se mide cuando la cara caliente está refrigerada con nitrógeno y la cara fría en el vacío, sino el rendimiento es de un 20% menos de lo especificado.

- $DT_{m\acute{a}x}$: máxima diferencia de temperatura entre las dos caras de la placa (salto térmico), que se obtiene cuando el calor aplicado a la cara fría es nulo ($Q_f = 0$). Existe una configuración de células multicapa que tiene como ventaja aumentar el salto térmico. (figura 3)

$$DT_{max} = \frac{a^2 T_f^2}{2R_m}$$

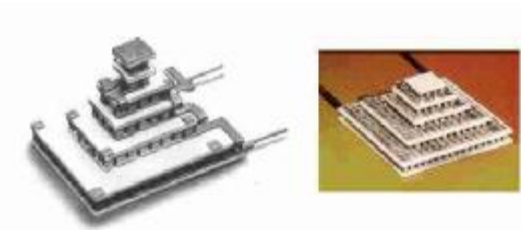


Figura 3. Distintas células multicapa

- $I_{m\acute{a}x}$: corriente máxima o óptima con la cual se obtiene, para cada valor de DT , la máxima potencia de enfriamiento (la Q_f más elevada). En otras palabras, es la corriente que consigue máxima absorción de calor en la cara fría.

$$I_{max} = \frac{aT_f}{R_m}$$

- $V_{m\acute{a}x}$: tensión máxima para conseguir $I_{m\acute{a}x}$.
- $Q_{f\ m\acute{a}x}$: calor máximo absorbido para eliminar la diferencia de temperatura entre las dos caras cuando la corriente que circula por la Peltier es $I_{m\acute{a}x}$. La cantidad de calor absorbido es proporcional a la corriente y al número de pares termoeléctricos. En otras palabras, es la máxima capacidad de calor absorbido por la cara fría para mantener la $DT = 0$ haciendo circular por la placa $I_{m\acute{a}x}$.

$$Q_{max} = \frac{a^2 T_f^2}{2R_m K_m}$$

- P_{dis} : La potencia disipada es proporcional al cuadrado de la corriente.

$$P = VI$$

- COP: Coeficiente de diseño o coeficiente del rendimiento. Este parámetro informa de la eficacia de la célula. Indica cómo de económico es el rendimiento de refrigeración; relaciona la potencia refrigerada con la que se ha necesitado para alimentar la célula. No es un dato que proporcionan los fabricantes pero puede calcularse como

$$COP = \frac{q_c}{VI}$$

- Dimensiones: Estas células Peltier, son muy pequeñas, en la figura 4 podemos ver varios modelos: una célula de 40x40 mm. y con agujero en el centro; una célula de 15x15 mm y detrás de ella otra de 30x30 mm. La más gruesa corresponde a una célula multinivel en cascada o "sandwich", formada por 2 células con el propósito de aumentar su transferencia térmica.

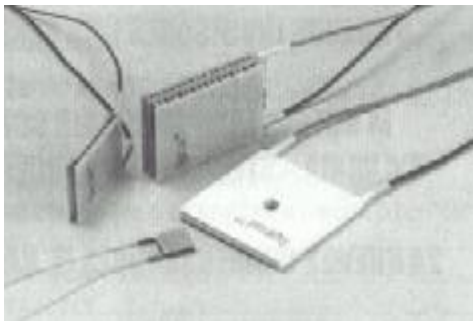


Figura 4. Distintos encapsulados de Células Peltier

3) Ecuaciones y análisis de flujos caloríficos

En estas células se tienen en cuenta **dos efectos**:

- **El efecto Joule**: flujo de calor transversal que aparece al circular una intensidad de corriente eléctrica I , por un conductor de resistencia eléctrica R .

$$q_j = I^2 \times R$$

El sentido del flujo de calor es siempre hacia fuera del conductor. Este efecto queda reflejado en la figura 5.

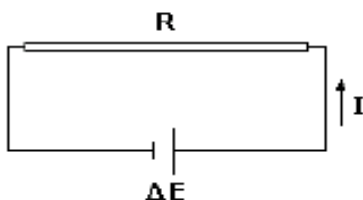


Figura 5. Sentido del flujo del calor

- **El efecto Fourier**: flujo de calor longitudinal que aparece en un conductor térmico de conductividad térmica k en presencia de un gradiente de temperaturas ∇T , de valor:

$$q_F = k/L \times \nabla T \times A_x$$

Este efecto queda reflejado en la figura 6:

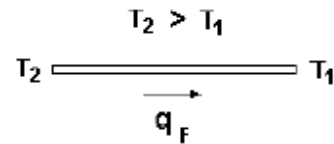


Figura 6. Efecto Fourier

Sea una célula de Peltier con un único par de elementos termoeléctricos que opera entre una temperatura de unión fría T_c , y de unión caliente T_h , dadas. Analicemos los diversos flujos de calor que aparecen.:

- Absorción de flujo de calor q_c en la unión fría (efecto Peltier):

$$q_c = a_{ab} I T_c$$

- Cesión de flujo de calor q_h en la unión caliente (efecto Peltier):

$$q_k = a_{ab} I T_k$$

- Flujo de calor de la unión caliente a la fría (conductividad térmica):

$$q_F = \frac{k a_x}{L} (T_c - T_h)$$

- Cesión de calor por pérdidas, debida a la resistencia eléctrica de toda la célula, R (efecto Joule):

$$q_j = I^2 R$$

Se puede demostrar que el flujo de calor generado por el efecto Joule se reparte en partes iguales entre la unión fría y la unión caliente. Realizando el balance energético en la unión fría se puede calcular el flujo de calor absorbido por la unión fría, que, resultando:

$$q_c = a_{ab} I T_c - \frac{1}{2} I^2 R - k \Delta T$$

Puesto que la potencia requerida por la célula es:

$$P = IV$$

el COP (Coeficiente de Diseño) de la célula Peltier será:

$$COP = \frac{q_c}{VI}$$

4) Materiales

La aplicación práctica refrigeración termoeléctrica requiere el desarrollo de semiconductores que sean buenos conductores de la electricidad y pobres conductores del calor - el equilibrio perfecto para las características TEC (Termoeléctricas). Hoy en día se utiliza principalmente el Telurido de Bismuto como material semiconductor, dopado fuertemente para crear un exceso (tipo-n) o una deficiencia (tipo-p) de electrones. Este material impide en gran medida la conducción de calor por convección desde las áreas calientes hasta las áreas frías, facilitando el flujo de los portadores de calor.

El refrigerante-12 y otros dos CFC, el refrigerante-11 y el refrigerante-22, eran los principales compuestos empleados en los sistemas de enfriamiento y aislamiento de los refrigeradores domésticos. Sin embargo, se ha descubierto que los CFC suponen una grave amenaza para el medio ambiente del planeta por su papel en la destrucción de la capa de ozono. Según el Protocolo de Montreal, la fabricación de CFC debía finalizar al final de 1995. Los hidroclorofluorocarbonos, HCFC, y el metilbromuro no dañan la capa de ozono pero producen gases de efecto invernadero. Los HCFC se retirarán en el 2015 y el consumo de metilbromuro se limitó en un 25% en 1998. La industria de la refrigeración debería adoptar rápidamente otros compuestos alternativos no perjudiciales, como el metilcloroformo.

En las aplicaciones más habituales de refrigeración y aire acondicionado, hoy en día, juegan un papel primordial algunos materiales que tienen las propiedades de realizar los efectos de la refrigeración; esos materiales son: el **ZnSb** (aleación de Antimonio y Zinc), el **PbTe** (aleación de Plomo y Telurio), el **Bi2Te3** (Telluride de Bismuto), el **PbSe** (aleación de Plomo y Selecio), el **Bi2Se3** (aleación de Bismuto y Selecio), el **Sb2Te3** (aleación de Antimonio y Tellurio), el **MnTe** (aleación de Manganeso y Tellurio) y el **GeTe** (aleación de Germanio y Tellurio).

En el caso del efecto Peltier que es el que nos ocupa, se basa en la refrigeración termoeléctrica manteniendo los mismos elementos de la refrigeración convencional (evaporador, un condensador y un compresor) pero el refrigerante líquido y el vapor se cambian por dos conductores disímiles, materiales *semiconductores de tipo N y P*. Esto provoca un rendimiento mucho menor que los refrigeradores convencionales que utiliza compresor.

5) Ventajas de las células Peltier

Como se ha visto en el apartado anterior, las células Peltier son una alternativa ecológica en los sistemas de refrigeración a los compuestos químicos que se han venido usando en los últimos años.

Gracias a estos dispositivos es posible crear sistemas termoeléctricos en un espacio de menos de 1 cm. cúbico, cuando hasta ahora los dispositivos convencionales ocupaban entre 20 y 30 cm. cúbicos.

Las células Peltier son unos sistemas muy fiables debido a su sólida construcción, teniendo tiempos de vida muy elevados si están correctamente acondicionadas; además con ellas se puede controlar la temperatura de forma muy precisa.

No tienen partes móviles que se pueda desgastar, y además son ligeras por lo que se pueden utilizar en sistemas autónomos. También pueden operar sin dificultad en cualquier orientación, en situaciones de gravedad cero e incluso bajo alta presión.

Son acústica y electromagnéticamente "silenciosas". Esta característica será importante para ciertas aplicaciones.

III. ACONDICIONAMIENTO DE LA CÉLULA PELTIER

Una vez conocemos el funcionamiento teórico de una célula Peltier, es necesario tener en cuenta el resto de elementos que habrá que poner a su disposición para el correcto funcionamiento dentro de un sistema completo. A continuación se estudia la implementación de la célula y otra serie de consideraciones necesarias para su correcto funcionamiento.

A. Etapas de implementación

Se necesita manejar las ecuaciones dadas anteriormente para conocer la alimentación que necesitará el sistema y la capacidad de refrigeración que tendrá:

- Definimos los márgenes de temperaturas de trabajo: temperatura en la cara caliente (T_c), en la cara fría (T_f) y calor que tiene que absorber la cara fría (q_c). El cálculo de q_c es complicado porque interviene el calentamiento por Joule y todas las posibles pérdidas de calor
- Calculamos los valores de alimentación del sistema, V_{max} , I_{max} , y también Q_{max} . Para esto habrá que trabajar con DT y con la curva universal de refrigeración de la figura 7, en la que las rectas pertenecen a un ejemplo de cálculo.
- Se elige el producto del fabricante que proporcionen los valores de V_{max} , I_{max} y Q_{max} obtenidos.

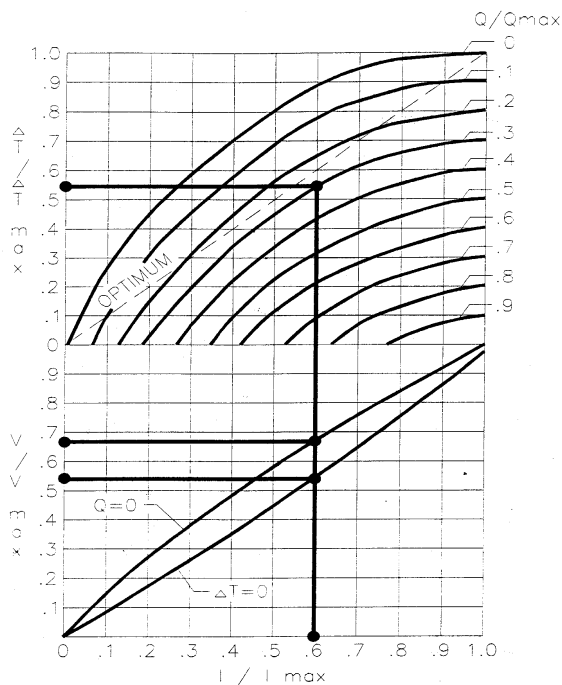


Figura 7: curva universal de refrigeración

B. Alimentación

Los módulos termoelectricos, y en nuestro caso concreto las células Peltier, necesitan una alimentación de corriente continua (DC) con el menor rizado posible. Puede ser suministrada por una batería, una fuente de corriente sencilla, un convertor AC/DC o bien un sofisticado sistema de control basado en la medida de una determinada temperatura en lazo cerrado.

Aunque el rizado de la tensión de alimentación afecta menos que en otros dispositivos electrónicos, no es recomendable sobrepasar el 10%; y en caso de trabajar con placas multinivel se recomienda no tener más del 2% de rizado, si no disminuye demasiado el valor del salto térmico. (diferencia de temperatura entre la cara caliente y la cara fría). Este efecto puede observarse en la figura 8.

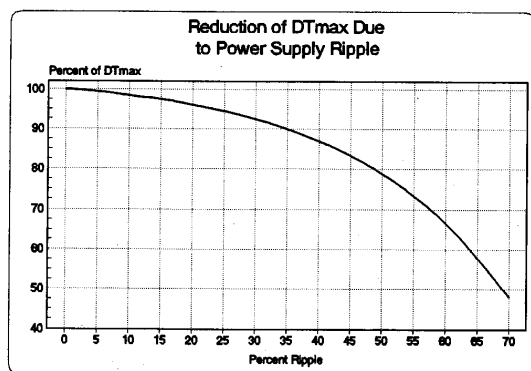


Figura 8. Reducción del salto térmico con el rizado de la alimentación

C. Disipación de calor

Tanto la cara caliente como la fría no podrán mantenerse en sus extremos de temperatura, será por tanto necesario regularlo en ambos casos:

- En la cara caliente son necesarios disipadores térmicos para eliminar el calor sobrante. A este sistema es conveniente añadirle ventiladores como sistema común; en otros casos donde prime la eficiencia sobre el coste puede optarse por disipadores refrigerados por líquido. La eficiencia del sistema de refrigeración de la cara caliente influye notablemente en el salto térmico que se puede obtener. Es tan importante el ventilador como el disipador, salvo en casos donde el calentamiento sea mínimo donde sería suficiente usar el disipador. Una forma de medir la eficiencia del ventilador es en aumento de temperatura por cada unidad calorífica disipada.
- En la cara fría no hay que tomar tantas medidas de precaución como en la cara caliente. Normalmente los dispositivos (una CPU, por ejemplo) pueden ponerse en contacto directamente con la célula; en algunos otros casos se necesita extender la superficie fría por lo que se coloca un módulo llamado *cold shoe* o *cold plate*. Suelen estar fabricados en cobre o aluminio ya que son los materiales proporcionalmente más baratos y con mayor coeficiente de conductividad térmica, por lo que todo el frío producido por la célula se transmitirá a la CPU sin que haya pérdidas en el *cold plate*.

D. Rendimiento máximo

Es debido a que hay que añadir el efecto Joule al efecto Peltier. En otras palabras, el que la corriente esté atravesando la célula Peltier añade una fuente más de calor. Ya se vio en el apartado II.B.2 que este efecto dependía de I^2 .

Si la corriente I es superior a la $I_{m\acute{a}x}$ (I óptima de enfriamiento), la potencia disipada por la célula es muy grande y esto hace que la capacidad de absorber calor de la cara fría disminuya rápidamente y ocasione un descenso del enfriamiento; ya no enfría tanto. Esto hace que la mayoría de las aplicaciones se encuentren diseñadas para trabajar al 75% de su corriente máxima.

E. Control de la célula

La forma de hacer trabajar a una célula Peltier dentro de un sistema estará condicionado por las características ambientales. Si buscamos mantener una temperatura constante en la cara fría, en ocasiones será necesario dar más potencia al sistema para refrigerar el exceso de calor y en otras el funcionamiento podrá ser mínimo, puesto que ya está suficientemente refrigerado.

De este modo se pueden distinguir varios métodos de regulación:

- Regulación ON – OFF, también denominada *por corte*. Esta regulación no es muy aconsejable porque consiste en el paso o no de corriente: o pasa (conducción) o no pasa (corte). En la mayoría de las células comerciales, esta regulación implica una disminución de su tiempo de funcionamiento.
- PWM (pulse width modulation). Es una técnica de conversión que transforma un pulso de amplitud máxima de una anchura determinada en una señal continua de menor voltaje. Se controla esencialmente el ciclo de trabajo, así como la frecuencia de la potencia que se aplica a la célula.
- Regulación mediante ventiladores. Es el sistema más económico pero no el más preciso. La célula está continuamente conectada a la potencia máxima y los que se regulan son los ventiladores mediante un sistema por ON-OFF dependiendo de la temperatura ambiente. En cada momento podremos conocer la temperatura deseada aproximada, siempre en función del ambiente, gracias a que controlamos la temperatura del radiador caliente, conocido el gradiente se conoce también la temperatura interior.
- Regulación en rampa. Es el sistema recomendado por la mayoría de los fabricantes, haciendo que la corriente que llegue a las células se incremente o disminuya de forma progresiva y así se les alarga el tiempo de vida. La regulación en rampa que consiste en regular la célula mediante un control proporcional a la diferencia de la tensión de entrada y una referencia.
- Control proporcional integral (PI Control): es una variante del anterior. Es capaz de eliminar el error estacionario al tener un integrador. Este tipo de control es muy útil en sistemas en los que tanto el interior del sistema como el exterior (la temperatura ambiente) varían.
- Control PID: es una variante del anterior. Es el control más complejo y el menos común. Éste añade un derivador que mejora la respuesta transitoria del control PI. Se utiliza cuando sistemas de grandes dimensiones tienen que estar rápidamente controlados.

F. Condensación

Uno de los problemas relacionados con las células Peltier es la condensación del aire. El hecho de que haya condensación en un sistema termoeléctrico depende de tres factores: la temperatura ambiente, la humedad del aire y la temperatura interior del objeto refrescado. Cuanto más caliente y más húmedo sea el aire de dentro del sistema a refrigerar, más probable es que ocurra la condensación.

En caso de que el ambiente en el que instalemos el sistema sea propenso a la condensación, será necesario evitar que exista condensación dentro de la célula, ya que puede dar lugar a cortocircuitos en el peor caso, pero siempre disminuirá la eficiencia del sistema.

La solución pasa por colocar la célula en vertical para favorecer que las gotas condensadas salgan de la placa; otra solución más eficaz es sellar el sistema, aunque los compuestos de sellado se acaban deteriorando con el tiempo y es necesario repetir el proceso.

En la tabla I se expresa la temperatura máxima a la que podría estar el interior del objeto refrescado en función de la temperatura ambiente y la humedad relativa, para que no haya condensación.

Humedad Relativa													
Temp	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%
30C°	10.5	12.5	14.9	16.8	18.4	20	21.4	22.7	23.9	25.1	26.2	27.2	28.2
29C°	9.7	12	14	16.0	17.5	19	20.4	21.7	23	24.1	25.2	26.2	27.2
28C°	8.9	11.1	13.7	15	16.5	18.1	19.5	20.8	22	23.2	24.2	25.2	26.2
27C°	8	10.2	12.2	14.1	15.7	17.2	18.6	19.9	21.1	22.2	23.5	24.3	25.2
26C°	7.1	9.4	11.4	13.2	14.8	16.3	17.6	18.9	20.1	21.2	22.3	23.3	24.2
25C°	6.2	8.5	10.5	12.2	13.8	15.3	16.7	18	19.1	20.3	21.3	22.3	23.2
24C°	5.4	7.6	9.6	11.3	12.9	14.4	15.8	17	18.2	19.3	20.5	21.3	22.3
23C°	4.5	6.7	8.7	10.4	12	13.5	14.8	16.1	17.2	18.3	19.4	20.3	21.3
22C°	3.6	5.8	7.8	9.5	11.1	12.6	13.9	15.1	16.3	17.4	18.4	19.4	20.3
21C°	2.7	5.0	6.9	8.6	10.2	11.6	12.9	14.2	15.3	16.4	17.4	18.4	19.3
20C°	1.9	4.1	6.0	7.7	9.3	10.7	12.0	13.2	14.4	15.4	16.4	17.4	18.3
19C°	1.0	3.2	5.1	6.8	8.3	9.8	11.1	12.3	13.4	14.5	15.5	16.4	17.3
18C°	0.2	2.3	4.2	5.9	7.4	8.8	10.1	11.3	12.5	13.5	14.5	15.4	16.3
17C°	-0.5	1.4	3.3	5.0	6.5	7.9	9.2	10.4	11.5	12.5	13.5	14.5	15.3
16C°	-1.4	0.6	2.4	4.1	5.6	7.0	8.2	9.4	10.6	11.6	12.6	13.6	14.4
15C°	-2.2	-0.3	1.5	3.2	4.7	6.1	7.3	8.5	9.6	10.6	11.6	12.5	13.4
14C°	-2.9	-1.0	0.8	2.5	3.7	5.1	6.4	7.5	8.6	9.6	10.5	11.5	12.4
13C°	-3.7	-1.8	-0.1	1.3	2.8	4.2	5.5	6.6	7.7	8.7	9.6	10.6	11.4
12C°	-4.5	-2.6	-1.0	0.4	1.9	3.2	4.5	5.7	6.7	7.7	8.7	9.6	10.4
11C°	-5.2	-3.4	-1.8	-0.4	1.0	2.3	3.5	4.7	5.8	6.7	7.7	8.6	9.4
10C°	-6.0	-4.2	-2.6	-1.2	0.1	1.4	2.6	3.7	4.8	5.8	6.7	7.6	8.4

Tabla I: Temperatura máxima del objeto a enfriar sin que se produzca condensación debido a condiciones ambientales

IV. APLICACIONES

Las aplicaciones más usuales del **efecto Peltier** se hallan en las termocuplas para realizar mediciones de temperatura, en la preparación y conservación de alimentos, como el envasado de carnes, bebidas y confituras; el almacenamiento y la distribución de alimentos; el uso en procesos industriales, como la separación y condensación de gases, el secado de aire, la medicina, la fabricación de hielo, etc.; el aire acondicionado industrial en laboratorios, la mecánica de precisión y fábricas textiles; y el aire acondicionado para lograr una temperatura agradable en viviendas y locales públicos, almacenes, grandes edificios y transporte.

Su aplicación en los distintos campos no se diferencia en absoluto de las aplicaciones ofertadas por las tecnologías de refrigeración convencionales. Se trata de una tecnología limpia y segura, basada en el uso de energías renovables.

Además del efecto Peltier, existen otros efectos utilizados en la refrigeración como puede ser el Efecto Seebeck, que es el voltaje que ocurre cuando dos materiales disímiles son conectados en ciclo cerrado (loop). Cuando los materiales se encuentran a diferentes temperaturas, los electrones fluyen de una fuente de calor a la otra debido al gradiente de temperatura. El Efecto Thomson que ocurre cuando una corriente fluye a través de un conductor a un gradiente de temperatura.

Como ya se ha visto, son muchas las aplicaciones de las unidades termoeléctricas en sistemas de enfriamiento. En las unidades termoeléctricas el rendimiento permanece constante siendo adecuado para muchos dispositivos electrónicos que requieren enfriamiento localizado en volúmenes pequeños.

Las principales ventajas de las **células Peltier** por tanto se encuentran en su pequeño tamaño, son silenciosas por la ausencia en ellas de elementos móviles, el tiempo de vida útil es relativamente largo, no contienen líquidos ni gases como medios refrigerantes y su control de la razón de enfriamiento es muy simple mediante el ajuste de la corriente de alimentación. Otra interesante aplicación de estas unidades es su uso como bombas de calor, lo cual se logra al invertir la dirección de la corriente eléctrica, transformando así la unidad de enfriamiento en un potencial calentador. A continuación se presenta una lista de aplicaciones de células Peltier en distintos campos:

A. Aplicaciones Industriales

- Servicio de refrigeradores de alimentos para aplicación aerotransportada
- Sistema cerrado de enfriamiento para cámara de suministros de poder ADC. (NASA).
- Aplicaciones en robótica y control numérico.

B. Aplicaciones Militar/Aerospacial

- Sistema de visión nocturna.
- Equipamientos.
- Armas inteligentes.
- Equipamiento electrónico de frío.
- Trajes refrigerados.
- Amplificadores paramétricos.
- Refrigerador portátil.

C. Aplicaciones en productos de consumo general

- Microprocesadores para PC. Las células se colocan entre el micro y el disipador. Existen células que refrigeran significativamente mejor que los disipadores convencionales, siendo muy adecuados, por ejemplo, para el overlocking. Es importante subrayar que el disipador de un refrigerador Peltier estará mas caliente que un disipador de un refrigerador convencional, debido al calor añadido que produce el propio elemento Peltier.
- Refrigeradores para vehículos y hogares.
- Neveras portátiles.
- Cascos refrigerados.
- Arcones refrigeradores para vino y cerveza.
- Sistemas de purificación de aguas residenciales
- Refrigeradores portátiles para insulina.

D. Aplicaciones científicas

- Detectores de infrarrojo.
- Cámaras frías.
- Refrigeración por inmersión.
- Refrigeradores de circuitos integrados.
- Diodos láser.
- Refrigeradores de tubos fotomultiplicadores.
- Refrigeradores con agitación.
- Refrigeradores para celdas de electroforesis.
- Osmómetro.
- Higrómetro.
- Analizadores para medir la contaminación atmosférica.
- Aparatos para medir la densidad de calor.
- Colimadores láser.
- CCDs de telescopios electrónicos

E. Aplicaciones instrumental médico

- Analizadores de sangre.
- Preparación y almacenamiento de tejidos.
- Refrigeradores farmacéuticos, portátiles y fijos.
- Mantas térmicas.

F. Aplicación hostelera

- Dispensadores de helados.
- Refrigeradores para almacenar productos lácteos.
- Mini-bares de hoteles.

V. EJEMPLOS DE APLICACIONES CON CÉLULAS PELTIER Y CÉLULAS PELTIER COMERCIALES

• Para un minibar

En esta primera fig 9 se puede ver las distintas vistas de un minibar. El refrigerador Peltier se encuentra en la parte posterior del minibar, quedando oculto a la vista.

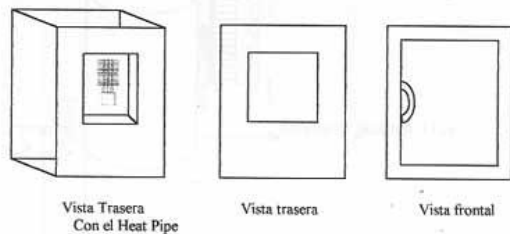


Figura 9. Vista del minibar con refrigerador Peltier

En la figura 10 se muestra el habitáculo del refrigerador Peltier utilizado normalmente en un minibar. Esta formado por un aislante de 40mm que evitará que el aire circule alrededor de la célula condensándose y al apagar la célula, se formaría agua, pudiendo destruir el refrigerador. Además, de dos célula Peltier de 40x40mm, se coloca entre estas un separador de aluminio totalmente plano de 20 mm. de grosor; el tubo de calor de 200W (en este ejemplo) para evitar que se destruyan las células.

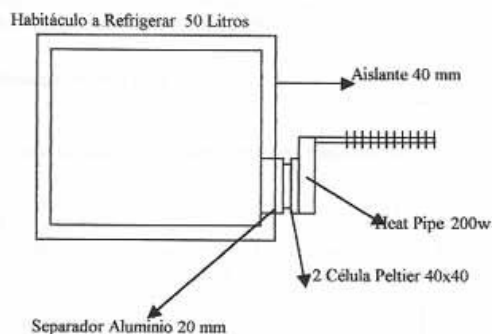


Figura 10. Habitáculo del refrigerados

• Para un depósito de agua

En la figura 11 se puede ver un depósito de plástico de 3 litros con un refrigerador Peltier en la parte posterior.

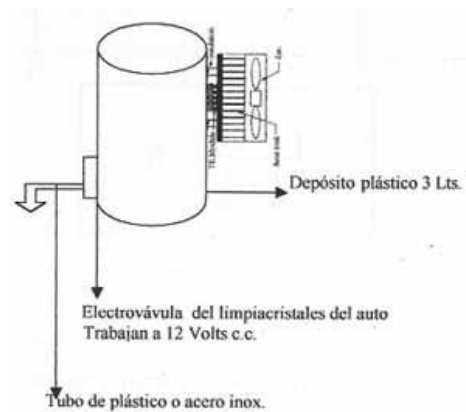


Figura 11 Depósito de agua con refrigerador Peltier.

• Para armarios eléctricos

Se utilizan refrigeradores termoelectricos en armarios eléctricos para evitar las altas temperaturas.

Datos técnicos en concreto para un armario eléctrico con un refrigerador concreto:

- Medidas del armario: 400*210*600 mm
- Equipo de Refrigeración Termoelectrico
- Número de Células Peltier: 24 de 56,6 vatios cada una (TEC1-127.06)
- Consumo: Baja el consumo en un 22,35% en estado estacionario ($2,64 \cdot 100 / 3,40 = 77,65\%$)
- COP: Coeficiente de Diseño $2,64 \cdot 230V / 40W \cdot 24 = 1,58\%$ COP Rendimiento: $N = 40W / (56,6W \text{ térmicos} + (8V \cdot 3,16 \text{ Amps. eléctricos})) = 49\%$
- Radiadores de Alusingen de Máximo Rendimiento
- Fuente de Alimentación Conmutada
- Temperatura Ambiente para pruebas: 25°C
- Temperatura del Radiador de Frío: 7° C
- Temperatura salida del aire: 12,4° C

• Para refrigerar líquidos

Por ejemplo, un equipo comercial de estas característica puede ser CD-24212-6P de CIDETE INGENIEROS SL. Datos técnicos generales del equipo CD-24212-6P:

- Dimensiones Unidad de frío: 210 * 130 * 20 mm .
- Dimensiones Radiador de calor: 210 * 120 * 65 mm.
- Temperatura del Liquido Obtenida en estado estacionario: -3,2 °C .
- Temperatura Ambiente de trabajo: 25 °C .
- Diámetro de la sección y conectores de 1/8.
- N° Ventiladores: 2 80*80*25 mm a 24V c.c.
- El equipo trabaja a: 24V – 7,4 A .

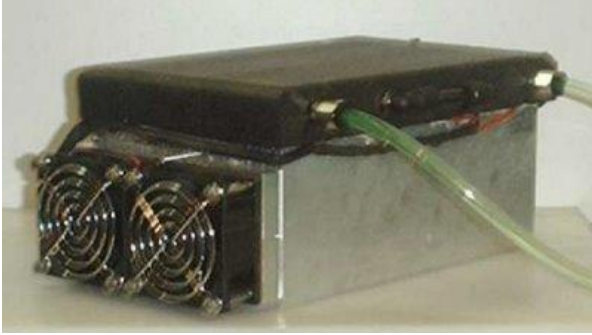


Figura 12. Refrigerador líquido comercial CD-24212-6.

Además de este equipo podemos encontrar otros de la misma familia dependiendo de la potencia que se necesite

	Potencia (W)	Precio 1-10 uds (€)
CD-2421-6P	508	540
CD-2407-4P	168	480
CD-2404-2P	84	360

Tabla II: Equipos comerciales de refrigeración

• **Refrigeradores comerciales para cualquier uso**

Podemos encontrar gran variedad de módulos de refrigeradores termoeléctricos en el mercado, con diferentes tamaños y potencias para adaptarlos a la aplicación concreta que necesitamos. Por ejemplo,

- TCP-30 Advanced Termoelectric (30 W de potencia)
- TCP-60 Advanced Termoelectric (60 W de potencia)



Figura 13. Refrigerador comercial. TCP-30 de Avanced Termoelectric

Al ser un sistema termoeléctrico, está fabricado sin compresor, ni gases (CFC's) y con poco movimiento de partículas. Son productos de calidad, rentables y fiables.

• **Células Peltier comerciales:**

En el mercado se encuentran gran variedad de células Peltier sin el sistema de acondicionamiento. Hay varios modelos dependiendo del fabricante.

Por ejemplo, para Directron tenemos varios modelos de células Peltier:

1. Célula Peltier TB-127-2.0-1.15.

Especificaciones:

Imax = 16.1 Amps.

Qmax = 156 Watts.

Vmax = 15.8 Volts.

Delta Tmax = 69 (C).

Dimensiones = 48mm X 48mm X 3.4mm.

Precio 42,95 euros.

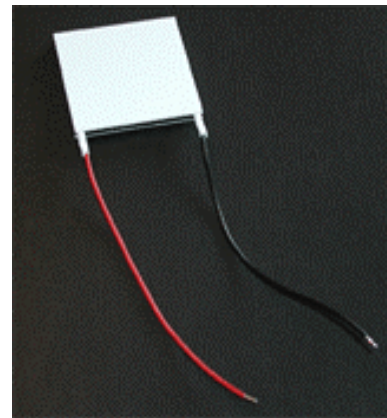


Figura 14. Célula comercial TB-127-2.0-1.15

2. Célula Peltier CPI.0-127-06L.

Especificaciones:

I max. : 6.0A.

Delta T max. : 67°C.

Voltaje : 15.4V.

Q max. : 51.4W.

Number of couples : 127.

Dimensiones: 1.6" x 1.6" x 0.15".

Anchura : 0.77oz

Precio:17,95 euros, 2x 35,50 euros

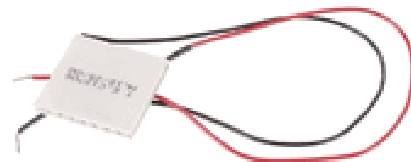


Figura 15: Célula Peltier CPI.0-127-06L

3. Celula Peltier *CPI.0-127-06L*.

Especificaciones:

I max. : 3A.

Delta T max. : 65°C

Voltaje: 15.4V.

Q max. : 25.7W.

Number of couples : 127.

Dimensiones : 1.2" x 1.2" x 0.14"

Anchura: 0.42oz.

Precio: 13.95euros/2x 27.50euros



Figura 16 Célula Peltier *CPI.0-127-06L*

4. Célula Peltier *ICE-71*

Especificaciones

I_{max} = 8.0 Amps;

Q_{max} = 80.0 Watts;

V_{max} = 16.1 Volts;

Delta T_{max} = 71 (C);

Dimensiones = 40mm X 40mm X
3.4mm.

Precio: 38.99 euros.

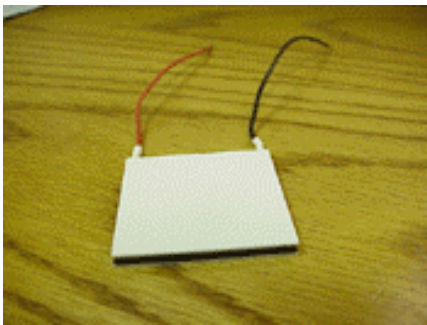


Figura 17: Célula comercial ICE-71

BIBLIOGRAFÍA

- [1] http://www.digital.arrakis.es/aplicac_peltier.htm
- [2] <http://www.arrakis.es/~cidete/esp.htm>
- [3] <http://www.electronics-cooling.com/>
- [4] <http://www.ferrotec.com>
- [5] <http://www.usbbog.edu.co/ingenium/TRES/fdisciplinar.htm>
- [6] <http://www.hipatia.org/ccds.html>
- [7] <http://www.directron.com/peltier.html>
- [8] <http://www.gatewayelex.com/peltier.htm>
- [9] <http://www.peltier-info.com/>
- [10] <http://users.pandora.be/educypedia/electronics/thermoelectric.htm>
- [11] <http://www.uni-konstanz.de/physik/Jaeckle/papers/thermopower/node2.html>
- [12] <http://www.melcor.com/handbook.htm>

RELACIÓN DE FABRICANTES

- [13] <http://www.marlow.com/>
- [14] <http://www.thermoelectric.com/>
- [15] <http://www.electracool.com/>