

Termoelectricidad: Generar Electricidad con Diferencia de Temperatura (Peltier/Seebeck)

Autor: EA4IPV

Fecha: 23/03/2026

Categoría: Trampas Defensivas

Etiquetas: Sin etiquetas

Termoelectricidad: Generar Electricidad con Diferencia de Temperatura (Peltier/Seebeck)

Los módulos termoeléctricos permiten convertir directamente una diferencia de temperatura en electricidad mediante el efecto Seebeck, o producir frío y calor a partir de electricidad mediante el efecto Peltier. Estas dos caras del mismo fenómeno físico ofrecen posibilidades reales para generar energía en situaciones de supervivencia aprovechando fuentes de calor como fogatas, estufas o incluso el calor corporal. Aunque su eficiencia es modesta comparada con otros métodos de generación, su ausencia total de partes móviles, su silencio absoluto y su durabilidad los convierten en una opción única para escenarios donde la fiabilidad importa más que el rendimiento.

Fundamentos Físicos: Efectos Seebeck y Peltier

En 1821, el físico estonio Thomas Johann Seebeck descubrió que al unir dos metales diferentes y mantener sus uniones a temperaturas distintas, se generaba un voltaje eléctrico proporcional a la diferencia de temperatura. Este fenómeno ocurre porque los electrones en distintos materiales responden de forma diferente al calor: en el lado caliente ganan energía y se desplazan hacia el lado frío, creando una corriente eléctrica neta.

El efecto inverso fue descubierto por Jean Charles Athanase Peltier en 1834: al hacer pasar una corriente eléctrica a través de la unión de dos materiales distintos, una unión se enfría y la otra se calienta. Este es el principio de las neveras portátiles termoeléctricas y los enfriadores de CPU que se encuentran en el mercado.

Los módulos modernos utilizan semiconductores de telururo de bismuto (Bi_2Te_3) en lugar de metales puros, porque los semiconductores tienen coeficientes Seebeck mucho más altos (unos $200 \mu\text{V/K}$ frente a los $5\text{-}40 \mu\text{V/K}$ de los metales). Un módulo típico contiene entre 127 y 199 pares de semiconductores tipo N y tipo P conectados eléctricamente en serie y térmicamente en paralelo entre dos placas cerámicas de alúmina (Al_2O_3).

Parámetro

Efecto Seebeck (generación)

Efecto Peltier (refrigeración)

Entrada

Diferencia de temperatura (ΔT)

Corriente eléctrica (DC)

Salida

Voltaje y corriente eléctrica

Transferencia de calor (lado frío→caliente)

Eficiencia típica

5-8 % del rendimiento de Carnot

COP 0,3-0,6 (30-60 % de la energía eléctrica movida como calor)

Material común

Bi_2Te_3 (telururo de bismuto)

Bi_2Te_3 (mismo material, uso inverso)

ΔT máxima operativa

200-300 °C (lado caliente máx. ~330 °C)

Hasta 70 °C de diferencia (sin carga térmica)

Módulos TEG: Generadores Termoeléctricos Prácticos

Los módulos TEG (Thermoelectric Generator) están diseñados específicamente para generar electricidad y difieren de los módulos Peltier de refrigeración en su construcción interna. Mientras que los Peltier estándar (como el popular TEC1-12706) están optimizados para mover calor y toleran un ΔT máximo de unos 70 °C, los módulos TEG utilizan soldaduras de alta temperatura y materiales que soportan el lado caliente a 250-330 °C de forma continua.

Un módulo TEG típico de 40×40 mm genera entre 2 y 7 W con una diferencia de temperatura de 200 °C. El voltaje en circuito abierto suele ser de 4-8 V, pero bajo carga óptima se reduce a la mitad (operación en el punto de máxima potencia, donde la resistencia de carga iguala la resistencia interna del módulo). La corriente máxima ronda 1-2 A por módulo.

TEG vs Peltier estándar: Un módulo Peltier TEC1-12706 puede usarse como generador en emergencia, pero su rendimiento es inferior al de un TEG dedicado y se degrada rápidamente si el lado caliente supera 150 °C. Los TEG usan soldaduras de punto de fusión alto (260-300 °C) mientras que los Peltier estándar usan soldaduras que funden a 138 °C.

Modelos recomendados: SP1848-27145 (económico, 4,8 V/0,67 A a $\Delta T=160$ °C), TEG1-12611-6.0 (industrial, 7,2 V/2 A a $\Delta T=260$ °C). Para experimentar, el SP1848 cuesta menos de 5 € y es suficiente para alimentar LEDs o cargar un móvil lentamente.

Conexión en serie y paralelo: Para aumentar el voltaje, conectar módulos en serie. Para aumentar la corriente, en paralelo. Cuatro módulos SP1848 en serie pueden producir unos 12-16 V en circuito abierto con ΔT de 150 °C, suficiente para cargar una batería de 12 V a través de un regulador.

Disipación del lado frío: Es tan importante enfriar el lado frío como calentar el lado caliente. Sin un buen disipador, el lado frío se calienta rápidamente y el ΔT se reduce, colapsando la generación. Usar aletas de aluminio grandes, bloques de metal con masa térmica o refrigeración por agua.

Construcción de un Generador Termoeléctrico con Estufa o Fogata

El proyecto más práctico de termoelectricidad para supervivencia es un generador alimentado por una estufa de leña o una fogata. El concepto es simple: fijar uno o varios módulos TEG entre una placa caliente (en contacto con la fuente de calor) y un disipador enfriado por el aire ambiente o por agua.

La placa caliente debe ser de aluminio o cobre de al menos 3-5 mm de espesor para distribuir uniformemente el calor sobre la superficie del módulo. Se fija a la pared de la estufa o se coloca sobre un soporte que reciba el calor de la llama. La temperatura del lado caliente no debe superar los 300 °C para módulos TEG estándar ni los 150 °C para módulos Peltier reutilizados.

El disipador del lado frío debe ser lo más grande y eficiente posible. Un disipador de CPU de torre (como los usados en ordenadores de sobremesa) con aletas de aluminio funciona bien. Para máximo rendimiento, un sistema de refrigeración por agua —una olla con agua fría en contacto con el lado frío del módulo— proporciona un ΔT mucho mayor porque el agua absorbe el calor con gran eficacia y puede reponerse fácilmente.

Paso 1: Preparar las superficies: Lijar las superficies de contacto del módulo, la placa caliente y el disipador hasta que queden planas y lisas. Aplicar pasta térmica en ambos lados del módulo (la misma pasta térmica usada en CPUs de ordenador sirve perfectamente para el lado frío; para el lado caliente usar pasta térmica de alta temperatura basada en grafito o cerámica).

Paso 2: Ensamblar con presión uniforme: El módulo debe estar firmemente presionado entre la placa caliente y el disipador. Usar tornillos pasantes con arandelas y muelles para mantener presión constante incluso con la dilatación térmica. Una presión insuficiente crea bolsas de aire que reducen drásticamente la transferencia de calor.

Paso 3: Conectar la electrónica: Conectar la salida del módulo a un convertidor DC-DC elevador (boost converter) para estabilizar el voltaje a 5 V y poder cargar dispositivos USB. Sin regulación, el voltaje fluctúa con la temperatura y puede dañar los dispositivos conectados.

Paso 4: Proteger del calor directo: Los cables y la electrónica de regulación deben estar alejados de la fuente de calor. Usar cable de silicona resistente a alta temperatura para las conexiones del módulo TEG (al menos 200 °C de rating).

Choque térmico: No someter los módulos TEG a cambios bruscos de temperatura (por ejemplo, colocarlos directamente sobre una llama viva). El estrés térmico fractura las soldaduras internas y las pastillas de semiconductor. Calentar gradualmente durante varios minutos. La vida útil de un módulo bien tratado supera las 10.000 horas de operación.

Rendimiento Real y Expectativas Prácticas

Es importante calibrar las expectativas sobre la termoelectricidad. Los módulos TEG no van a alimentar un frigorífico ni un sistema de iluminación de alta potencia. Su nicho real es la carga de dispositivos

electrónicos pequeños —teléfonos, radios, GPS, linternas recargables— en situaciones donde no hay acceso a la red eléctrica ni a paneles solares (por ejemplo, noches, días muy nublados o entornos bajo cubierta forestal densa).

Configuración

ΔT estimado

Potencia útil

Aplicación práctica

1 módulo SP1848 + estufa

100-150 °C

1-3 W

Cargar móvil lentamente (8-15 horas), alimentar radio FM

4 módulos SP1848 en serie + estufa

100-150 °C

4-10 W

Cargar móvil en 3-5 horas, alimentar LED de 5 W

1 módulo TEG industrial + estufa

150-250 °C

5-7 W

Cargar móvil + alimentar iluminación LED básica

Generador comercial (BioLite, Devil Watt)

100-200 °C

2-10 W

Carga USB directa, integrado en estufa de camping

Olla con agua como lado frío

+50 °C vs aire

+30-50 % potencia

El agua mantiene el lado frío a

Los productos comerciales como la estufa BioLite CampStove (unos 3 W USB) o los generadores Devil Watt (hasta 15 W con múltiples módulos) demuestran la viabilidad del concepto. Para quien prefiera construir su propio sistema, el coste de los módulos es muy bajo (3-8 € por módulo SP1848 en tiendas de electrónica online) y el resto de materiales son comunes.

Comparación con solar: Un panel solar de 10 W cuesta unos 15-20 € y es más eficiente cuando hay sol. La ventaja del TEG es que funciona con cualquier fuente de calor, de noche y con cualquier clima. Lo ideal es tener ambos sistemas como complemento mutuo: solar durante el día y TEG cuando se enciende la estufa por la noche.

⚠ Advertencia: Esta información es orientativa y educativa. En situaciones de emergencia real, consulte a

profesionales cualificados siempre que sea posible. No ponga en riesgo su vida ni la de otros sin la formación adecuada.