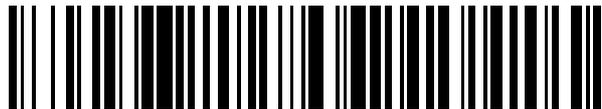


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 611 963**

51 Int. Cl.:

**F25B 21/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.05.2013 PCT/US2013/039943**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.11.2013 WO13169772**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.05.2013 E 13724982 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.11.2016 EP 2847524**

54 Título: **Sistemas y métodos relacionados con un sistema de intercambio de calor termoeléctrico**

30 Prioridad:

07.05.2012 US 201261643622 P  
07.05.2012 US 201261643625 P  
07.05.2012 US 201261643628 P  
07.05.2012 US 201261643631 P  
07.05.2012 US 201261643635 P  
07.05.2012 US 201261643640 P  
07.05.2012 US 201261643644 P  
07.05.2012 US 201261643646 P  
07.05.2012 US 201261643649 P  
22.10.2012 US 201261716882 P  
22.10.2012 US 201261716885 P  
19.12.2012 US 201261739239 P  
15.03.2013 US 201313836525  
22.04.2013 US 201313867519  
22.04.2013 US 201313867567  
22.04.2013 US 201313867589

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**11.05.2017**

73 Titular/es:

**PHONONIC DEVICES, INC. (100.0%)  
800 Capitola Drive Suite 7  
Durham, North Carolina 27713, US**

72 Inventor/es:

**EDWARDS, JESSE, W.;  
TERRIEN, ROBERT, JOSEPH;  
JUNE, M., SEAN;  
YADAV, ABHISHEK y  
SUMMERS, III, JAMES, BARTON**

74 Agente/Representante:

**CURELL AGUILÁ, Mireia**

ES 2 611 963 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Sistemas y métodos relacionados con un sistema de intercambio de calor termoeléctrico.

### 5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere a un intercambiador de calor termoeléctrico en un sistema termoeléctrico y al control del mismo.

### 10 **Antecedentes**

Actualmente, muchos sistemas de refrigeración están basados en la compresión de vapor y utilizan un control de ciclo de trabajo regulado termostáticamente. Sin embargo, los sistemas de refrigeración típicos basados en la compresión de vapor no son lo suficientemente dinámicos como para satisfacer tanto el estado estacionario como la demanda transitoria, durante el abatimiento o la recuperación. Así, los sistemas de refrigeración en base a la compresión de vapor tienden a presentar un exceso de capacidades de enfriamiento que exceden por mucho las demandas de extracción de calor requeridas durante el funcionamiento en estado estacionario. Aunque la capacidad extra proporcionada por el exceso de capacidades de enfriamiento permite un rendimiento mejorado del abatimiento, los picos de corriente importantes prevalentes durante el arranque requieren mayor capacidad y, como consecuencia, componentes más caros para manejar las cargas. Además, los picos de corriente importantes y las cargas incurridas durante el control del ciclo de trabajo desgastan los componentes excesivamente, provocando potencialmente por ello el fallo prematuro. Asimismo, debido a la naturaleza de su control, a los límites termodinámicos y a las demandas de prestaciones del producto, los sistemas de refrigeración basados en la compresión de vapor son menos eficientes que óptimos.

La desventaja de una eficiencia poco óptima de los sistemas de refrigeración basados en la compresión de vapor se refiere a controlar de forma precisa la temperatura en el interior de una cámara de enfriamiento. Típicamente, cuando una temperatura en una cámara de enfriamiento excede un valor determinado, el sistema de refrigeración basado en la compresión de vapor se activa y continúa funcionando hasta que la temperatura en la cámara de enfriamiento está por debajo de un valor determinado. Una vez que dicha cámara de enfriamiento alcanza una temperatura por debajo del valor determinado, el sistema de refrigeración basado en la compresión de vapor se detiene. Sin embargo, además de un desgaste excesivo tal como se ha indicado anteriormente, este tipo de esquema de control típicamente presentará una banda de control relativamente grande y una estratificación de temperatura interior relativamente grande, en un esfuerzo por minimizar el consumo de energía y permitir un funcionamiento en unas condiciones ambientales variadas. Este régimen se utiliza muy a menudo debido a que la regulación de paso o la variación de capacidad resulta difícil y cara de aplicar en el ciclo de compresión de vapor y proporciona una eficacia limitada ya que la eficiencia volumétrica cae.

El documento JP 2001/330339 da a conocer un procedimiento para controlar un intercambiador de calor que comprende una pluralidad de enfriadores termoeléctricos (TEC) para mantener una temperatura de consigna de una cámara que comprende recibir unos datos de temperatura indicativos de una temperatura de la cámara; así como controlar selectivamente dos o más subconjuntos de TEC en la pluralidad de TEC en base a la temperatura de la cámara, de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

Sigue existiendo una necesidad de controlar de forma precisa la temperatura en el interior de una cámara de enfriamiento en la que se maximice la eficiencia de los componentes utilizados para extraer calor de dicha cámara de enfriamiento. Además, lo necesario es un sistema y un procedimiento que permitan seleccionar individualmente los componentes y, así, su capacidad, en un sistema de refrigeración basado en las demandas de enfriamiento de una cámara de enfriamiento.

### 50 **Sumario**

La presente invención se refiere a un procedimiento para controlar un intercambiador de calor según la reivindicación 1 y a un sistema de refrigeración según la reivindicación 15. Algunas formas de realización implican el montaje de un intercambiador de calor de dos fases en un sistema termoeléctrico. En general, el intercambiador de calor de dos fases se monta en un ángulo desviado de la vertical. En una forma de realización, el ángulo se encuentra en un rango entre 2 grados y 88 grados de la vertical ambos inclusive. En otra forma de realización, el ángulo se encuentra en un rango entre 6 grados y 84 grados ambos inclusive de la vertical. Todavía en otra forma de realización, el ángulo se encuentra en el rango comprendido entre 12 grados y 78 grados ambos inclusive de la vertical. En una forma de realización preferida, el ángulo se selecciona de manera que el fluido de trabajo se fuerce a incidir directamente en una región de flujo de calor más elevada en el intercambiador de calor de dos fases. De este modo, se mejora la eficiencia de dicho intercambiador de calor de dos fases.

Los expertos en la materia apreciarán el alcance de la presente invención y se aperibirán de aspectos adicionales de la misma después de la lectura de la descripción detallada siguiente de las formas de realización preferidas en asociación con las figuras de los dibujos adjuntas.

**Breve descripción de las figuras de los dibujos**

5 Las figuras de los dibujos adjuntas incorporadas y que forman una parte de la presente memoria ilustran varios aspectos de la invención y, junto con la descripción, sirven para explicar los principios de la misma.

10 la figura 1 ilustra un sistema de refrigeración termoeléctrico que prevé una cámara de enfriamiento, un intercambiador de calor que incluye un cartucho que incluye una pluralidad de enfriadores termoeléctricos (TEC) dispuestos entre un disipador de calor de lado frío y un disipador de calor de lado caliente y un controlador que controla los TEC para mantener una temperatura de consigna en la cámara de enfriamiento de acuerdo con una forma de realización de la presente invención;

15 la figura 2 es un gráfico que ilustra una capacidad de enfriamiento y una eficiencia de enfriamiento de un TEC con respecto a una corriente de entrada del TEC;

20 la figura 3 es una ilustración más detallada del cartucho de la figura 1, en la que dicho cartucho incluye los TEC dispuestos en una placa de interconexión que permite el control selectivo de una pluralidad de subconjuntos diferentes de los TEC en la matriz de TEC de acuerdo con una forma de realización de la presente invención;

25 la figura 4 es una ilustración más detallada del cartucho de la figura 1 en la que dicho cartucho incluye los TEC dispuestos en una placa de interconexión que permite el control selectivo de una pluralidad de subconjuntos diferentes de los TEC en la matriz de TEC de acuerdo con otra forma de realización de la presente invención;

30 la figura 5 es una ilustración más detallada del cartucho de la figura 1 en la que dicho cartucho incluye los TEC dispuestos en una placa de interconexión que permite el control selectivo de una pluralidad de subconjuntos diferentes de los TEC de acuerdo con otra forma de realización de la presente invención;

35 la figura 6 es una ilustración más detallada del cartucho de la figura 1 en la que dicho cartucho incluye un único TEC dispuesto en una placa de interconexión de acuerdo con otra forma de realización de la presente invención;

40 la figura 7 es una ilustración más detallada del cartucho de la figura 1 en la que dicho cartucho incluye cuatro TEC dispuestos en una placa de interconexión de acuerdo con otra forma de realización de la presente invención;

45 la figura 8 es una ilustración más detallada del cartucho de la figura 1 en la que dicho cartucho incluye seis TEC dispuestos en una placa de interconexión de acuerdo con otra forma de realización de la presente invención;

50 la figura 9 muestra la placa de interconexión de la figura 3 sin los TEC de acuerdo con una forma de realización de la presente invención;

55 la figura 10 muestra la placa de interconexión de la figura 4 sin los TEC de acuerdo con otra forma de realización de la presente invención;

60 la figura 11 muestra la placa de interconexión de la figura 5 sin los TEC de acuerdo con otra forma de realización de la presente invención;

65 la figura 12 muestra la placa de interconexión de la figura 6 sin los TEC de acuerdo con otra forma de realización de la presente invención;

la figura 13 muestra la placa de interconexión de la figura 7 sin los TEC de acuerdo con otra forma de realización de la presente invención;

la figura 14 muestra la placa de interconexión de la figura 8 sin los TEC de acuerdo con otra forma de realización de la presente invención;

la figura 15 ilustra un ejemplo de una disposición del componente de sistema que detalla varios estados de funcionamiento, entradas y salidas del controlador de la figura 1 según una forma de realización de la presente invención;

la figura 16 es una ilustración más detallada del funcionamiento del controlador de la figura 1 cuando funciona en los distintos estados de funcionamiento de la figura 15 según una forma de realización de la presente invención;

la figura 17 ilustra un procedimiento de funcionamiento del controlador de la figura 1 para mantener la temperatura de la cámara de enfriamiento en una temperatura de consigna de acuerdo con una forma de realización de la presente invención;

la figura 18 ilustra un procedimiento de funcionamiento del controlador de la figura 1 para mantener la temperatura de la cámara de enfriamiento en una temperatura de consigna de acuerdo con otra forma de realización de la presente invención;

5 la figura 19 ilustra un procedimiento de funcionamiento del controlador de la figura 1 para supervisar una temperatura de uno o más componentes del intercambiador de calor de la figura 1, con el fin de detectar una condición de sobrecalentamiento y, en respuesta, actuar para bajar la temperatura en el uno o más componentes del intercambiador de calor de acuerdo con una forma de realización de la presente invención;

10 las figuras 20A a 20C ilustran un sistema de refrigeración termoeléctrico que prevé una pluralidad de intercambiadores de calor paralelos de acuerdo con otra forma de realización de la presente invención;

15 la figura 21 ilustra un sistema de refrigeración termoeléctrico que incluye dos cámaras de enfriamiento, estando cada una de las mismas provista de disipadores de calor acoplados térmicamente separados de acuerdo con otra forma de realización de la presente invención;

la figura 22 es una ilustración más detallada del intercambiador de calor de la figura 1 de acuerdo con una forma de realización de la presente invención;

20 las figuras 23 y 24 ilustran gráficamente un efecto de diodo térmico del bucle de admisión y del bucle de rechazo acoplado al intercambiador de calor de la figura 22 según una forma de realización de la presente invención;

la figura 25 ilustra un efecto de diodo térmico de un intercambiador de calor híbrido de acuerdo con una forma de realización de la presente invención;

25 las figuras 26 a 29 son esquemas que muestran una configuración de un disipador de calor de lado frío de los intercambiadores de calor de las figuras 1 a 21 de acuerdo con una forma de realización de la presente invención;

30 la figura 30 ilustra un intercambiador de calor provisto de disipadores de calor de lado caliente y de lado frío separados físicamente que están acoplados térmicamente mediante un conducto de calor según una forma de realización de la presente invención;

35 la figura 31 es un esquema que ilustra un flujo de calor en el intercambiador de calor de la figura 30 según una forma de realización de la presente invención;

las figuras 32 y 33 ilustran formas de realización de un sistema de refrigeración termoeléctrico que utiliza el intercambiador de calor de la figura 30;

40 la figura 34 ilustra el montaje de un intercambiador de calor de dos fases en un ángulo desviado de la vertical según una forma de realización de la presente invención;

45 la figura 35 ilustra un ejemplo particular de la figura 34, en el que el intercambiador de calor de dos fases se monta en un ángulo particular que se optimiza para una forma de realización particular del intercambiador de calor de dos fases;

las figuras 36A y 36B ilustran el encapsulado del intercambiador de calor de dos fases de la figura 34 según una forma de realización de la presente invención;

50 las figuras 37A y 37B ilustran el montaje del intercambiador de calor de dos fases de las figuras 34, 36A y 36B en una pared de un sistema termoeléctrico (por ejemplo, una pared interior de un sistema de refrigeración termoeléctrico) de manera que el ángulo del intercambiador de calor de dos fases se mantenga de acuerdo con una forma de realización de la presente invención; y

55 la figura 38 es un diagrama de bloques para el controlador de la figura 1 de acuerdo con una forma de realización de la presente invención.

### Descripción detallada

60 Las formas de realización expuestas a continuación representan la información necesaria para permitir a los expertos en la materia llevar a cabo las formas de realización e ilustran el mejor modo de llevar a cabo dichas formas de realización. Después de la lectura de la descripción siguiente, a la luz de las figuras de los dibujos adjuntos, los expertos en la materia comprenderán los conceptos de la invención y reconocerán aplicaciones de dichos conceptos, que no se abordan particularmente en la presente memoria.

65 Se entenderá que, aunque se puedan utilizar los términos primero, segundo, etc. en la presente memoria para

describir los distintos elementos, dichos elementos no deberían estar limitados por dichos términos. Dichos términos únicamente se utilizan para distinguir un elemento de otro. Por ejemplo, un primer elemento se podría denominar un segundo elemento y, de forma similar, un segundo elemento se podría denominar un primer elemento, sin apartarse del alcance de la presente invención. Tal como se utiliza en el presente documento, el término "y/o" incluye cualesquiera y todas las combinaciones de uno o más artículos enumerados asociados.

En lo que respecta a términos tales como "debajo" o "encima" o "superior" o "inferior" u "horizontal" o "vertical", se pueden utilizar en la presente memoria para describir una relación de un elemento, capa o región con respecto a otro elemento, capa o región tal como se ilustra en las figuras. Se entenderá que dichos términos, así como los mencionados con anterioridad, pretenden abarcar diferentes orientaciones del dispositivo, además de la orientación que se muestra en las figuras.

La terminología utilizada en la presente memoria tiene el propósito de describir solo formas de realización particulares y no pretende ser limitativa de la invención. Tal como se utiliza en la presente memoria, las formas singulares "un", "una" y "el/la" además pretenden incluir las formas en plural, a menos que el contexto indique claramente lo contrario. Asimismo, se entenderá que los términos "comprende", "comprendiendo", "incluye" y/o "incluyendo" cuando se utilizan en la presente memoria especifican la presencia de aspectos, integrantes, etapas, operaciones, elementos y/o componentes mencionados, pero no excluyen la presencia o adición de uno o más de otros aspectos, integrantes, etapas, operaciones, elementos, componentes y/o grupos de los mismos.

A no ser que se defina de otro modo, la totalidad de los términos (incluyendo términos técnicos y científicos) utilizados en la presente memoria tienen el mismo significado que se entiende comúnmente por parte de una persona con conocimientos ordinarios en la materia a la que pertenece la invención. Igualmente, se entenderá que los términos utilizados en la presente memoria se deberán interpretar como que tienen un significado que es consistente con su significado en el contexto de la presente memoria y la técnica relacionada y no se interpretarán en un sentido idealizado o demasiado formal a menos que se defina expresamente en la presente memoria.

La figura 1 ilustra un sistema de refrigeración termoeléctrico 100 según una forma de realización de la presente invención. Tal como se ilustra, el sistema de refrigeración termoeléctrico 100 incluye una cámara de enfriamiento 102, un intercambiador de calor 104 y un controlador 106 que controla el enfriamiento en el interior de la cámara de enfriamiento 102. Dicho intercambiador de calor 104 incluye un disipador de calor de lado caliente 108, un disipador de calor de lado frío 110 y un cartucho 112 que incluye una pluralidad de enfriadores termoeléctricos (TEC), donde cada uno de dichos TEC presenta un lado frío que está acoplado térmicamente con el disipador de calor de lado frío 110 y un lado caliente que está acoplado térmicamente con el disipador de calor de lado caliente 108. Los TEC preferentemente son dispositivos de película fina. Cuando se activa/n uno o más de los TEC mediante el controlador 106, el/los TEC/s activado/s funciona/n para calentar el disipador de calor de lado caliente 108 y enfriar el disipador de calor de lado frío 110, para facilitar, de este modo, la transmisión de calor para extraer calor de la cámara de enfriamiento 102. Más específicamente, cuando se activa/n uno o más de los TEC, el disipador de calor de lado caliente 108 se calienta para crear así un evaporador y el disipador de calor de lado frío 110 se enfría para crear así un condensador.

Actuando como un condensador, el disipador de calor de lado frío 110 facilita la extracción de calor de la cámara de enfriamiento 102 mediante un bucle de admisión 114 acoplado con el disipador de calor de lado frío 110. Dicho bucle de admisión 114 está acoplado térmicamente a una pared interior 115 del sistema de refrigeración termoeléctrico 100. La pared interior 115 define la cámara de enfriamiento 102. En una forma de realización, el bucle de admisión 114 está integrado, bien en la pared interior 115 o bien directamente en la superficie de la pared interior 115. El bucle de admisión 114 está formado por cualquier tipo de conducción que permita que un medio de enfriamiento (por ejemplo, un refrigerante de dos fases) fluya o pase por dicho bucle de admisión 114. Debido al acoplamiento térmico del bucle de admisión 114 y la pared interior 115, el medio de enfriamiento extrae calor de la cámara de enfriamiento 102 a medida que el medio de enfriamiento fluye por dicho bucle de admisión 114. El bucle de admisión 114 se puede formar, por ejemplo, de tuberías de cobre, tuberías de plástico, tuberías de acero inoxidable, o similares.

El condensador formado por el disipador de calor de lado frío 110 y el bucle de admisión 114 funciona según cualquier técnica de intercambio de calor adecuada. En una forma de realización preferida, el bucle de admisión 114 funciona de acuerdo con los principios de termosifón (es decir, funciona como un termosifón) de manera que, el medio de enfriamiento se desplaza desde el disipador de calor de lado frío 110 por el bucle de admisión 114 y retorna al disipador de calor de lado frío 110 para, de este modo, enfriar la cámara 102 utilizando el transporte de calor de dos fases pasivo. En particular, el intercambio de calor pasivo tiene lugar mediante convección natural entre el medio de enfriamiento en el bucle de admisión 114 y la cámara de enfriamiento 102. En una forma de realización, el medio de enfriamiento se encuentra en forma líquida cuando dicho medio de enfriamiento entra en contacto térmico con la cámara de enfriamiento 102. Específicamente, el intercambio de calor pasivo tiene lugar entre el entorno en la cámara de enfriamiento 102 y el medio de enfriamiento en el interior del bucle de admisión 114, de manera que la temperatura en la cámara de enfriamiento 102 descienda y la temperatura del medio de enfriamiento se incremente y/o experimente un cambio de fase. Cuando la temperatura del medio de enfriamiento se incrementa, la densidad del medio de enfriamiento se reduce, como en la evaporación. Como resultado, el medio de enfriamiento

- se mueve en una dirección hacia arriba debido a las fuerzas de flotación en el bucle de admisión 114 hacia el intercambiador de calor 104 y, específicamente, hacia el disipador de calor de lado frío 110. El medio de enfriamiento entra en contacto térmico con el disipador de calor de lado frío 110, en el que tiene lugar el intercambio de calor entre el medio de enfriamiento y el disipador de calor de lado frío 110. Cuando tiene lugar el intercambio de calor entre el medio de enfriamiento y el disipador de calor de lado frío 110, el medio de enfriamiento se condensa y vuelve a fluir por el bucle de admisión 114 debido a la gravedad, con el fin de extraer calor adicional de la cámara de enfriamiento 102. De este modo, en algunas formas de realización, el bucle de admisión 114 funciona como un evaporador cuando se enfría la cámara de enfriamiento 102.
- Tal como se ha indicado anteriormente, el intercambiador de calor 104 incluye el cartucho 112 dispuesto entre el disipador de calor de lado caliente 108 y el disipador de calor de lado frío 110. Los TEC en el cartucho 112 presentan lados calientes (es decir, lados que están calientes durante el funcionamiento de los TEC) que están acoplados térmicamente con el disipador de calor de lado caliente 108 y lados fríos (es decir, lados que están fríos durante el funcionamiento de los TEC) que están acoplados térmicamente con el disipador de calor de lado frío 110. Los TEC del interior del cartucho 112 facilitan de manera efectiva la transmisión de calor entre el disipador de calor de lado frío 110 y el disipador de calor de lado caliente 108. Más específicamente, cuando tiene lugar la transmisión de calor entre el medio de enfriamiento en el bucle de admisión 114 y el disipador de calor de lado frío 110, los TEC activos transfieren calor entre el disipador de calor de lado frío 110 y el disipador de calor de lado caliente 108.
- Actuando como un evaporador, el disipador de calor de lado caliente 108 facilita la evacuación de calor a un entorno exterior con respecto a la cámara de enfriamiento 102 mediante un bucle de rechazo 116 acoplado al disipador de calor de lado caliente 108. Dicho bucle de rechazo 116 se acopla térmicamente a una pared exterior 118, o piel exterior, del sistema de refrigeración termoeléctrico 100. La pared exterior 118 se encuentra en contacto térmico directo con el entorno exterior a la cámara de enfriamiento 102. Además, la pared exterior 118 está aislada térmicamente con respecto al bucle de admisión 114 y la pared interior 115 (y, así, de la cámara de enfriamiento 102) mediante, por ejemplo, el aislamiento adecuado. En una forma de realización, el bucle de rechazo 116 está integrado en la pared exterior 118 o integrado en la superficie de la pared exterior 118. El bucle de rechazo 116 está formado de cualquier tipo de instalación de fontanería que permita a un medio de transmisión de calor (por ejemplo, un refrigerante de dos fases) fluir o pasar por el bucle de rechazo 116. Debido al acoplamiento térmico del bucle de rechazo 116 y al entorno exterior, el medio de transmisión de calor evacúa el calor al entorno exterior mientras que el medio de transmisión de calor fluye por el bucle de rechazo 116. Dicho bucle de rechazo 116 se puede formar, por ejemplo, en tuberías de cobre, tuberías de plástico, tuberías de acero inoxidable, tuberías de aluminio, o similares.
- El evaporador formado por el disipador de calor de lado caliente 108 y el bucle de rechazo 116 funciona según cualquier técnica de intercambio de calor adecuada. En una forma de realización preferida, el bucle de rechazo 116 funciona de acuerdo con los principios de termosifón (es decir, funciona como un termosifón) de manera que el medio de transmisión de calor se desplace del disipador de calor de lado caliente 108 por el bucle de rechazo 116 y retorne al disipador de calor de lado caliente 108 para, de este modo, evacuar calor utilizando el transporte de calor pasivo de dos fases. En particular, el disipador de calor de lado caliente 108 transfiere el calor recibido del disipador de calor de lado frío 110 al medio de transmisión de calor en el bucle de rechazo 116. Una vez que se transmite el calor al medio de transmisión de calor, dicho medio de transmisión de calor cambia de fase y se desplaza por el bucle de rechazo 116 y entra en contacto térmico con la pared exterior 118, de manera que el calor se expela al entorno exterior a la cámara de enfriamiento 102. Cuando el medio de transmisión de calor en el bucle de rechazo 116 se encuentra en contacto térmico directo con la pared exterior 118, tiene lugar el intercambio de calor pasivo entre el medio de transmisión de calor en el bucle de rechazo 116 y el entorno exterior. Tal como es bien conocido, el intercambio de calor pasivo provoca condensación del medio de transmisión de calor en el bucle de rechazo 116, de manera que dicho medio de transmisión de calor retorna al intercambiador de calor 104 debido a la fuerza de gravedad. De este modo, el bucle de rechazo 116 funciona como un condensador cuando evacúa calor al entorno exterior con respecto a la cámara de enfriamiento 102.
- Tal como se indica en detalle a continuación, en una forma de realización preferida, el intercambiador de calor 104 no se encuentra en contacto térmico directo con la cámara de enfriamiento 102 y, al contrario, está aislado térmicamente de dicha cámara de enfriamiento 102. Igualmente, el intercambiador de calor 104 no se encuentra en contacto térmico directo con la pared exterior 118 y, al contrario, está aislado térmicamente de dicha pared exterior 118. De acuerdo con esto, tal como se detallará a continuación, el intercambiador de calor 104 está aislado térmicamente tanto de la cámara de enfriamiento 102 como de la pared exterior 118 del sistema de refrigeración termoeléctrico 100. De manera importante, esto proporciona un efecto de diodo térmico gracias al cual se evita que el calor se fugue de retorno a la cámara de enfriamiento 102 cuando los TEC estén desactivados.
- El controlador 106 funciona para controlar los TEC en el cartucho 112, con el fin de mantener una temperatura de consigna deseada en la cámara de enfriamiento 102. En general, el controlador 106 funciona para activar/desactivar selectivamente los TEC, para controlar selectivamente una corriente de entrada de los TEC y/o para controlar selectivamente un ciclo de trabajo de los TEC con el fin de mantener la temperatura de consigna deseada. Además, en formas de realización preferidas, se habilita el controlador 106 para que controle, de forma separada o independiente, uno o más y, en algunas formas de realización, dos o más subconjuntos de los TEC, donde cada subconjunto incluye uno o más TEC diferentes. De este modo, a título de ejemplo, si hay cuatro TEC en el cartucho

112, se puede habilitar el controlador 106 para que controle de forma separada un primer TEC individual, un segundo TEC individual y un grupo de dos TEC (es decir, un primer y un segundo TEC individuales y un grupo de dos TEC). Con este procedimiento, el controlador 106 puede, por ejemplo, activar selectivamente uno, dos, tres o cuatro TEC de forma independiente, a una eficiencia maximizada, según dicte la demanda.

Continuando con el presente ejemplo, se puede habilitar el controlador 106 para que controle de forma separada y selectiva: (1) la activación/desactivación del primer TEC individual, una corriente de entrada del primer TEC individual y/o un ciclo de trabajo del primer TEC individual; (2) la activación/desactivación del segundo TEC individual, una corriente de entrada del segundo TEC individual y/o un ciclo de trabajo del segundo TEC individual; y (3) la activación/desactivación del grupo de dos TEC, una corriente de entrada del grupo de dos TEC y/o un ciclo de trabajo del grupo de dos TEC. Utilizando este control selectivo separado de los diferentes subconjuntos de TEC, el controlador 106 preferentemente controla los TEC para permitir una eficiencia del sistema de refrigeración termoeléctrico 100. Por ejemplo, el controlador 106 puede controlar los TEC para maximizar la eficiencia cuando está en funcionamiento en un modo de estado estable, como cuando la cámara de enfriamiento 102 se encuentra en su temperatura de consigna o en un rango de temperatura de estado estable definido. Sin embargo, durante el abatimiento o la recuperación, el controlador 106 puede controlar los TEC para conseguir un rendimiento deseado, como por ejemplo, maximizar la extracción de calor de la cámara de enfriamiento 102, proporcionando un compromiso entre los tiempos de abatimiento/recuperación y eficiencia, o similar.

Antes de seguir, sería conveniente una breve explicación acerca de la capacidad de enfriamiento frente a una característica de corriente de entrada y eficiencia frente a una característica de corriente de entrada de un TEC. A este respecto, la figura 2 es un gráfico que ilustra la capacidad de enfriamiento (Q) y la eficiencia de enfriamiento (COP) de un TEC frente a una corriente de entrada de un TEC. La eficiencia de enfriamiento se representa más específicamente por un coeficiente de rendimiento (COP). Tal como se ilustra en la figura 2, a medida que se incrementa la corriente de entrada (I) del TEC, además se incrementa la capacidad de enfriamiento del TEC. El punto en la curva de capacidad de enfriamiento (Q) que representa dónde se retira una cantidad máxima de calor mediante el TEC se indica como  $Q_{max}$ . De este modo, cuando el TEC está funcionando a  $Q_{max}$ , el TEC está retirando la mayor cantidad de calor posible. El TEC funciona a  $Q_{max}$  cuando se proporciona una corriente máxima  $I_{max}$  correspondiente al TEC. La figura 2 además ilustra el COP del TEC como una función de la corriente. Para aplicaciones de enfriamiento, el COP de un TEC es una razón del calor retirado con respecto a una cantidad de entrada de trabajo al TEC para retirar el calor. La cantidad de calor, o capacidad, (Q) a la que el COP del TEC se maximiza se indica como  $Q_{COPmax}$ . El TEC funciona a  $Q_{COPmax}$  cuando se proporciona una corriente  $I_{COPmax}$  al TEC. De este modo, la eficiencia, o COP, del TEC se maximiza cuando se proporciona la corriente  $I_{COPmax}$  al TEC de manera que dicho TEC funciona a  $Q_{COPmax}$ .

Tal como se explica en detalle más adelante, en formas de realización preferidas, el controlador 106 controla los TEC en el cartucho 112, de manera que, durante el funcionamiento en estado estable, se activan uno o más TEC y funcionan a  $Q_{COPmax}$  y se desactivan el resto de TEC para maximizar de ese modo la eficiencia. La cantidad de TEC activados y, al contrario, la cantidad de TEC desactivados, viene dictada por la demanda. A la inversa, durante el abatimiento o la recuperación, se activan uno o más y, posiblemente, todos, los TEC en el cartucho 112 y funcionan según un perfil de rendimiento deseado. Un ejemplo del perfil de rendimiento deseado es que la totalidad de los TEC se activan y funcionan a  $Q_{max}$ , con el fin de minimizar el tiempo de abatimiento o de recuperación. Sin embargo, el perfil de rendimiento deseado alternativamente puede proporcionar un compromiso entre el tiempo de abatimiento o de recuperación y la eficiencia, por ejemplo, todos los TEC se activan o funcionan en un punto entre  $Q_{COPmax}$  y  $Q_{max}$ . Se deberá observar que, tal como se ha mencionado con anterioridad, el control de los TEC no está limitado a estos ejemplos.

Tal como se ha indicado anteriormente, la figura 2 ilustra la capacidad de enfriamiento y la eficiencia de enfriamiento de un TEC individual. El incremento en el número de TEC incrementa linealmente la capacidad de retirada de calor sin afectar el COP de funcionamiento del sistema de refrigeración termoeléctrico 100 que utiliza los TEC. De este modo, si el sistema de refrigeración termoeléctrico 100 incluye cuatro TEC, entonces la capacidad de retirada de calor del sistema de refrigeración termoeléctrico 100 se incrementa cuatro veces en comparación con una forma de realización del sistema de refrigeración termoeléctrico 100 que incluye un único TEC, al mismo tiempo que permite que la totalidad del sistema, en algunas formas de realización, funcione entre parado/off,  $Q_{COPmax}$  y  $Q_{max}$ .

Se deberá observar que, mientras que la aplicación de corriente eléctrica a un TEC y la figura 2 se indican en el contexto de enfriamiento, los mismos principios se aplican en el contexto de recuperación de calor/generación de energía, donde se utilizan los TEC para generar energía, o corriente, en respuesta al calor.

## Cartucho TEC

Antes de explicar los detalles del funcionamiento del controlador 106 para controlar de forma separada y selectiva los TEC, es ventajoso indicar las formas de realización en el cartucho 112 de la figura 1 que habilita el control separado y selectivo de los TEC. Se deberá observar que, aunque la explicación siguiente del cartucho 112 se da con respecto al sistema de refrigeración termoeléctrico 100 de la figura 1, el cartucho 112 no está limitado a su uso en dicho sistema de refrigeración termoeléctrico 100 de la figura 1 ni a la refrigeración termoeléctrica en general. Por

ejemplo, el cartucho 112 se puede utilizar en aplicaciones de recuperación de calor o de generación de energía.

Tal como se ha indicado anteriormente, los TEC en el cartucho 112 se utilizan para regular la temperatura de la cámara de enfriamiento 102. Con el fin de satisfacer la capacidad de enfriamiento deseada para muchas aplicaciones de refrigeración, el sistema de refrigeración termoeléctrico 100 utiliza múltiples TEC. El uso de múltiples TEC resulta beneficioso sobre el uso de un único TEC grande debido a que los múltiples TEC se pueden controlar de forma separada para proporcionar el rendimiento deseado bajo condiciones variables. Al contrario, un TEC individual de gran tamaño que está concebido para proporcionar una capacidad deseada máxima de abatimiento o recuperación no proporciona dicha flexibilidad. Por ejemplo, durante condiciones de estado estable, el TEC individual de gran tamaño típicamente funcionaría a un punto de capacidad baja que corresponde a un valor de COP bajo. Dicho de otro modo, el TEC de gran tamaño funcionaría de forma ineficiente. Al contrario, se habilita al controlador 106 para que controle de forma separada los subconjuntos de TEC en el cartucho 112 con el fin de maximizar la eficiencia durante las condiciones de estado estable.

Las figuras 3 a 5 ilustran formas de realización del cartucho 112 que habilitan al controlador 106 para el control separado y selectivo de los diferentes subconjuntos de TEC según un esquema de control deseado. Sin embargo, se deberá observar que las formas de realización de las figuras 3 a 5 solo son ejemplos. El cartucho 112 se puede configurar de manera que contenga cualquier cantidad de TEC y que permita que se controle de forma separada cualquier cantidad de subconjuntos de TEC. Cada subconjunto generalmente incluye uno o más TEC. Además, los diferentes subconjuntos pueden incluir la misma cantidad o cantidades diferentes de TEC.

En la forma de realización de la figura 3, el cartucho 112 incluye los TEC 120a a 120f (mencionados más en general en la presente memoria colectivamente como TEC 120 e individualmente como TEC 120) dispuestos en una placa de interconexión 122. Los TEC 120 son dispositivos de película fina. Algunos ejemplos no limitativos de TEC de película fina se dan a conocer en la patente de los Estados Unidos número 8.216.817, titulada *Method for thin film thermoelectric module fabrication*. La placa de interconexión 122 incluye pistas conductoras eléctricamente 124a a 124d (mencionadas más en general en la presente memoria colectivamente como pistas 124 e individualmente como pista 124) que definen cuatro subconjuntos de los TEC 120a a 120f. En particular, los TEC 120a y 120b están conectados eléctricamente en serie entre sí mediante la pista 124a y, como tal, forman un primer subconjunto de los TEC 120. Del mismo modo, los TEC 120c y 120d están conectados eléctricamente en serie entre sí mediante la pista 124b y, como tal, forman un segundo subconjunto de los TEC 120. El TEC 120e está conectado a la pista 124c y, como tal, forma un tercer subconjunto de los TEC 120, y el TEC 120f está conectado a la pista 124d y, como tal, forma un cuarto subconjunto de los TEC 120. El controlador 106 (figura 1) puede, en un orden no específico, controlar selectivamente el primer subconjunto de TEC 120 (es decir, los TEC 120a y 120b) controlando una corriente aplicada a la pista 124a, controlar selectivamente el segundo subconjunto de los TEC 120 (es decir, los TEC 120c y 120d) controlando una corriente aplicada a la pista 124b, controlar selectivamente el tercer subconjunto de los TEC 120 (es decir, el TEC 120e) controlando una corriente aplicada a la pista 124c, y controlar selectivamente el cuarto subconjunto de los TEC 120 (es decir, el TEC 120f) controlando una corriente aplicada a la pista 124d. De este modo, utilizando los TEC 120a y 120b como ejemplo, el controlador 106 puede activar/desactivar de forma selectiva dichos TEC 120a y 120b bien retirando la corriente de la pista 124a (desactivando) o aplicando una corriente a la pista 124a (activando), puede incrementar o reducir selectivamente la corriente aplicada a la pista 124a mientras se activan los TEC 120a y 120b y/o puede controlar la corriente aplicada a la pista 124a de manera que controle un ciclo de trabajo de los TEC 120a y 120b mientras dichos TEC 120a y 120b se activan (por ejemplo, modulación de ancho de pulso de la corriente).

La placa de interconexión 122 incluye unas aberturas 126a y 126b (mencionadas más en general en la presente memoria de forma colectiva como aberturas 126 y de forma individual, como abertura 126) que muestran las superficies inferiores de los TEC 120a a 120f. Cuando se disponen entre el disipador de calor de lado caliente 108 (figura 1) y el disipador de calor de lado frío 110 (figura 1), las aberturas 126a y 126b habilitan las superficies inferiores de los TEC 120a a 120f para que se acoplen térmicamente al disipador de calor adecuado 108 o 110.

De acuerdo con algunas formas de realización de la presente invención, durante el funcionamiento, el controlador 106 puede activar o desactivar selectivamente cualquier combinación de los subconjuntos de los TEC 120 aplicando o retirando corriente de las pistas correspondientes 124a a 124d. Además, el controlador 106 puede controlar los puntos de funcionamiento de los TEC 120 activos controlando la cantidad de corriente proporcionada a las pistas correspondientes 124a a 124d. Por ejemplo, si solo se tiene que activar el primer subconjunto de los TEC 120 y funciona a  $Q_{COP_{max}}$  durante el funcionamiento de estado estable, entonces el controlador 106 proporciona la corriente  $I_{COP_{max}}$  a la pista 124a para activar de ese modo los TEC 120a y 120b y hacer funcionar los TEC 120a y 120b a  $Q_{COP_{max}}$  y retira la corriente de las otras pistas 124b a 124d para desactivar de ese modo los otros TEC 120c a 120f.

En la forma de realización que se muestra haciendo referencia a la figura 3, el cartucho 112 incluye los TEC 120a a 120f. De acuerdo con algunas formas de realización de la presente invención, el cartucho 112 puede incluir cualquier cantidad de TEC 120. Por ejemplo, en la forma de realización que se muestra haciendo referencia a la figura 4, el cartucho 112 incluye la placa de interconexión 122 provista solo de dos TEC 120, los TEC 120e y 120f. En esta forma de realización, el controlador 106 (figura 1) puede controlar individualmente los TEC 120e y 120f controlando

las corrientes proporcionadas a las pistas correspondientes 124d y 124c, respectivamente, Como otro ejemplo, el cartucho 112 puede incluir solo cuatro TEC 120, por ejemplo los TEC 120c a 120f, tal como se muestra haciendo referencia a la figura 5. En esta forma de realización, la placa de interconexión 122 incluye las pistas 124b a 124d, que proporcionan corriente a los TEC 120c a 120f, respectivamente. Además, los subconjuntos correspondientes de los TEC 120 se pueden controlar mediante el controlador 106 proporcionando las corrientes adecuadas a las pistas 124b a 124d.

Aunque las figuras 3 a 5 ilustran formas de realización del cartucho 112 que habilitan el control selectivo de los diferentes TEC en dicho cartucho 112, las figuras 6 a 8 ilustran formas de realización del cartucho 112 que se pueden utilizar si no se necesita el control selectivo. En estas formas de realización, la corriente de entrada de los TEC y/o un ciclo de trabajo de los TEC se pueden variar para proporcionar una capacidad deseada, una eficiencia deseada o un compromiso entre capacidad y eficiencia. En particular, la figura 6 ilustra una forma de realización del cartucho 112 que incluye una placa de interconexión 128 y un TEC 130 individual dispuesto en la placa de interconexión 128. Una abertura 131 en la placa de interconexión 128 muestra una superficie inferior del TEC 130. El controlador 106 (figura 1) puede controlar la capacidad y la eficiencia del TEC 130 controlando una entrada de corriente al TEC 130 mediante una pista conductora eléctricamente 132 en la placa de interconexión 128.

La figura 7 ilustra una forma de realización del cartucho 112 que es similar a la de la figura 6, pero en la que el cartucho 112 incluye cuatro TEC. Más específicamente, dicho cartucho 112 incluye una placa de interconexión 134 y cuatro TEC 136 dispuestos en dicha placa de interconexión 134. Se prevén aberturas 137 en la placa de interconexión 134 para mostrar las superficies inferiores de los TEC 136. Una vez más, el controlador 112 puede controlar una capacidad y eficiencia de los TEC 136 controlando una entrada de corriente a los TEC 136 y/o un ciclo de trabajo de los TEC 136 mediante una pista conductora eléctricamente 138 en la placa de interconexión 134.

La figura 8 ilustra todavía otro ejemplo del cartucho 112 que es similar al de las figuras 6 y 7, pero en el que el cartucho 112 incluye seis TEC. Más específicamente, el cartucho 112 incluye una placa de interconexión 140 y seis TEC 142 dispuestos en la placa de interconexión 140. Se prevén aberturas 143 en dicha placa de interconexión 140 para mostrar las superficies inferiores de los TEC 142. Una vez más, el controlador 112 puede controlar una capacidad y eficiencia de los TEC 142 controlando una entrada de corriente a dichos TEC 142 y/o un ciclo de trabajo de dichos TEC 142 mediante una pista conductora eléctricamente 144 en la placa de interconexión 140. Se deberá observar que las formas de realización de las figuras 6 a 8 solo son ejemplos. El cartucho 112 se puede configurar para incluir cualquier cantidad de TEC o pistas conductores en una configuración en serie o en paralelo.

Las figuras 9 a 14 ilustran las placas de interconexión 122, 128, 134 y 140 de las figuras 3 a 8, respectivamente, pero sin los TEC sujetos a dichas placas de interconexión. Las figuras 9 a 14 ilustran más claramente las aberturas 126, 131, 137 y 143 en las placas de interconexión que muestran las superficies inferiores de los TEC o, dicho de otro modo, que habilitan el acoplamiento térmico entre las superficies inferiores de los TEC y el disipador de calor 108 o 110 adecuado. Las figuras 9 a 14 además ilustran los contactos 146, 148, 150 y 152 que habilitan la conexión eléctrica y mecánica entre las placas de interconexión 122, 128, 134 y 140 y los TEC correspondientes.

#### Control selectivo de los TEC

A continuación, se da una explicación detallada de las formas de realización del funcionamiento del controlador 106 de la figura 1. Para dicha explicación, se asume que el cartucho 112 es el cartucho 112 de la figura 3, que habilita el control selectivo de múltiples subconjuntos diferentes de los TEC 120. Se deberá observar que el uso del cartucho 112 de la figura 3 es solo un ejemplo.

La figura 15 ilustra el funcionamiento del controlador 106 según una forma de realización de la presente invención. Tal como se ilustra, el controlador 106 recibe información acerca de la temperatura de las entradas de temperatura 154 y 156. Dichas entradas de temperatura 154 y 156 pueden ser cualquier tipo de detectores de temperatura. Los datos de temperatura incluyen una temperatura ( $T_{CH}$ ) de la cámara de enfriamiento 102 y una temperatura ( $T_R$ ) del lado de rechazo, o lado caliente, del intercambiador de calor 104. El lado de rechazo del intercambiador de calor 104 es el lado caliente del intercambiador de calor 104. Así, por ejemplo, la temperatura ( $T_R$ ) puede ser una temperatura del disipador de calor de lado caliente 108. Basándose en los datos de temperatura, el controlador 106 determina un modo en curso de funcionamiento del sistema de refrigeración termoeléctrico 100. En esta forma de realización, el modo de funcionamiento en curso es uno entre un modo de abatimiento 158, un modo de estado estable 160, un modo de sobrecalentamiento 162 y un modo de recuperación 163. El modo de abatimiento 158 generalmente tiene lugar cuando el sistema de refrigeración termoeléctrico 100 se conecta la primera vez. El modo en estado estable 160 tiene lugar cuando la temperatura de la cámara de enfriamiento 102 está en o próxima a la temperatura de consigna. En particular, la temperatura de la cámara de enfriamiento 102 está en o próxima a la temperatura de consigna cuando la temperatura de la cámara de enfriamiento 102 se encuentra dentro de un rango de estado estable predefinido que incluye la temperatura de consigna (por ejemplo, la temperatura de consigna de la cámara de enfriamiento  $102 \pm 2$  grados). El modo de sobrecalentamiento 162 es cuando la temperatura en el lado de rechazo del intercambiador de calor 104 está por encima de una temperatura admisible máxima predefinida. El modo de sobrecalentamiento 162 es un modo de seguridad durante el que se reduce la temperatura del lado de rechazo del intercambiador de calor 104 y, así, la temperatura del lado caliente de los TEC 120, con el fin de

proteger los TEC 120 ante daños. Finalmente, el modo de recuperación 163 es cuando la temperatura de la cámara de enfriamiento 102 se incrementa fuera del rango de estado estable debido a, por ejemplo, fuga de calor en la cámara de enfriamiento 102, abertura de la puerta de la cámara de enfriamiento 102 o similar.

5 El funcionamiento del controlador 106 en los diferentes modos 158, 160, 162 y 163 en una forma de realización de la presente invención se ilustra en la figura 16. Tal como se ilustra en dicha figura 16, cuando funciona en el modo de abatimiento 158, el controlador 106 controla las corrientes de la totalidad de los TEC 120, de modo que todos los TEC 120 funcionan en un nivel de potencia entre  $Q_{COPmax}$  y  $Q_{max}$  según dicte el perfil de rendimiento deseado. Dicho de otro modo, el controlador 106 hace que se proporcione una corriente entre  $I_{COPmax}$  e  $I_{max}$  a la totalidad de los TEC 120. El controlador 106 determina cuándo estará el sistema de refrigeración termoeléctrico 100 en modo de abatimiento 158 basándose en, por ejemplo, habiendo sido energizado eléctricamente, de manera que cuando el sistema de refrigeración termoeléctrico 100 se adquiera por primera vez, o después de que el sistema de refrigeración termoeléctrico 100 se energice eléctricamente después de haber sido desconectado de una fuente de energía eléctrica. El controlador 106 mantiene la totalidad de los TEC 120 a un nivel de energía entre  $Q_{COPmax}$  y  $Q_{max}$  hasta que la temperatura de la cámara de enfriamiento 102 se abate hasta la temperatura de consigna o dentro de un rango aceptable de la temperatura de consigna, tal como se muestra con referencia a 164. Una vez que la cámara de enfriamiento 102 se abate hasta la temperatura de consigna, el controlador 106 controla el funcionamiento de los TEC 120 de manera que la totalidad de dichos TEC 120 funcione a  $Q_{COPmax}$  haciendo que la corriente  $I_{COPmax}$  se proporcione a la totalidad de dichos TEC 120. Además, el controlador 106 puede reducir la cantidad de TEC 120 que están activados una vez que la cámara de enfriamiento 102 se abate hasta la temperatura de consigna.

Tal como se ha indicado anteriormente, basándose en los datos de temperatura, el controlador 106 además determina cuándo está el sistema de refrigeración termoeléctrico 100 en el modo de estado estable 160. El sistema de refrigeración termoeléctrico 100 se encuentra en el modo de estado estable 160 si la temperatura de la cámara de enfriamiento 102 es igual que la temperatura de consigna o está dentro de un rango predeterminado de la temperatura de consigna. Cuando está en el modo de estado estable 160, el controlador 106 establece la cantidad requerida de los TEC 120 a  $Q_{COPmax}$  según sea requerido por la demanda. En este ejemplo, la totalidad de los TEC 120 funcionan a  $Q_{COPmax}$  en el modo de estado estable 160. Durante dicho modo de estado estable 160, si  $Q_{COPmax} > Q_{leak}$  tal como se muestra con la referencia 166, la temperatura de la cámara de enfriamiento 102 continuará descendiendo. En este caso, el controlador 106 reduce el ciclo de trabajo de los TEC 120 activados, tal como se muestra haciendo referencia a 168. Al contrario, si  $Q_{COPmax} < Q_{leak}$  tal como se muestra con la referencia 170, la temperatura de la cámara de enfriamiento 102 se incrementará. En este caso, el controlador 106 incrementa la cantidad de TEC 120 activos según la disponibilidad y, a continuación, la corriente proporcionada a los TEC 120 activos hasta un valor entre  $I_{COPmax}$  e  $I_{max}$ , tal como se muestra con la referencia 172. Especialmente,  $Q_{leak}$  se refiere a la cantidad de calor que se fuga en la cámara 102, como el calor que pasa por un sello de una puerta de la cámara de enfriamiento 102, la conducción natural de calor por la cámara de enfriamiento 102 o similar.

Tal como se ha mencionado anteriormente, el controlador 106 además determina si la cámara de enfriamiento 102 se encuentra en el modo de sobrecalentamiento 162 basándose en los datos de temperatura de la entrada de temperatura 156. Durante el funcionamiento del sistema de refrigeración termoeléctrico 100, se supervisa la temperatura en el lado de rechazo del intercambiador de calor 104 para asegurar que la temperatura en el lado de rechazo del intercambiador de calor 104 no exceda la temperatura admisible máxima predeterminada. La temperatura del lado de rechazo del intercambiador de calor 104 puede exceder la temperatura admisible máxima predeterminada cuando, por ejemplo, la cámara de enfriamiento 102 no enfría, por ejemplo si la puerta de la cámara de enfriamiento 102 no está cerrada adecuadamente o similar.

Si el controlador 106 determina que la temperatura en el lado de rechazo del intercambiador de calor 104 excede la temperatura admisible máxima predeterminada, en un funcionamiento 174, el controlador 106 reduce la temperatura en el lado de rechazo del intercambiador de calor 104 desactivando algunos o todos los TEC 120 que facilitan el enfriamiento o reduciendo la corriente que se proporciona a los TEC 120. Por ejemplo, si la totalidad de los TEC 120 está en funcionamiento, bien a  $Q_{COPmax}$  o a  $Q_{max}$ , el controlador 106 puede desactivar uno o más de los TEC 120 o, preferentemente, la totalidad de los TEC 120. En otro ejemplo, si los TEC 120a, 120b, 120e y 120f están funcionando a  $Q_{max}$ , el controlador 160 podría desactivar los TEC 120e y 120f de manera que solo los TEC 120a y 120b funcionen a  $Q_{max}$  y facilitando la extracción de calor de la cámara de enfriamiento 102. En otro ejemplo, si los TEC 120a a 120d están funcionando a  $Q_{COPmax}$ , el controlador 106 podría desactivar los TEC 120c y 120d y, a continuación, además activar el TEC 120e con el fin de mantener la temperatura de la cámara de enfriamiento 102 tan próxima a la temperatura de consigna como sea posible sin dañar el cartucho 112. Se debería observar que el controlador 106 puede desactivar cualquier cantidad de TEC 120 activos y activar cualquier cantidad de TEC 120 inactivos en respuesta a la determinación de que la temperatura del intercambiador de calor 104 excede la temperatura admisible máxima.

Tal como se ha observado anteriormente, si el controlador 106 determina que la temperatura del intercambiador de calor 104 excede la temperatura admisible máxima predeterminada, el controlador 106 puede reducir la corriente que se proporciona a los TEC 120 además de o como alternativa a la desactivación de algunos o todos los TEC 120. Con el fin de ilustrar adicionalmente esta funcionalidad, si la totalidad de los TEC 120 está en funcionamiento, bien a

5  $Q_{COPmax}$  o a  $Q_{max}$ , el controlador 106 podría reducir la cantidad de corriente que se proporciona a cada uno de los TEC 120. Por ejemplo, si la totalidad de los TEC 120 está funcionando a  $Q_{max}$ , el controlador 106 podría reducir la corriente de  $I_{max}$  a un valor que se encuentre entre  $I_{COPmax}$  e  $I_{max}$ . Además, si la totalidad de los TEC 120 está funcionando a  $Q_{COPmax}$  o a  $Q_{max}$ , el controlador 106 podría reducir solo la corriente proporcionada a algunos de los TEC 120 con el fin de reducir la temperatura del intercambiador de calor 104. En una forma de realización adicional, el controlador 106 además podría desactivar algunos de los TEC 120 y, simultáneamente, reducir la corriente a algunos o todos los TEC 120 que todavía estén activados si la temperatura del intercambiador de calor 104 excede la temperatura admisible máxima predeterminada.

10 Cuando se encuentra en el modo de recuperación 163, el controlador 106 conmuta los TEC activos 120 de funcionar a  $Q_{COPmax}$  a funcionar a  $Q_{max}$ , tal como se muestra en el funcionamiento 175. El modo de recuperación 163 tiene lugar cuando, durante el funcionamiento de estado estable, el controlador 106 recibe datos de temperatura de la entrada de temperatura 154 que indican que la temperatura en el interior de la cámara de refrigeración 102 ha aumentado significativamente por encima de la temperatura de consigna en un periodo de tiempo corto.

15 Específicamente, el sistema de refrigeración termoeléctrico 100 puede entrar en el modo de recuperación 163 cuando la temperatura del interior de la cámara de enfriamiento 102 se incrementa por encima de un umbral superior del rango de estado estable de temperaturas (por ejemplo, se incrementa por encima de la temperatura de consigna más algún valor predefinido que define el umbral superior de dicho rango de estado estable deseado).

20 Se debería observar que los controles 164, 166, 168, 170, 172, 174 y 175 ilustrados en la figura 16 para los diferentes modos 158, 160, 162 y 163 son solo ejemplos. La manera en la que el controlador 106 controla los TEC 120 en cada uno de los modos 158, 160, 162 y 163 puede variar dependiendo de la aplicación en particular. En general, tal como se ha explicado con anterioridad, el controlador 106 controla los TEC 120 para reducir la temperatura de la cámara de enfriamiento 102 cuando se encuentra en el modo de abatimiento 158 o en el modo de recuperación 163. La manera exacta en la que esto se lleva a cabo puede variar. Por ejemplo, si el perfil de rendimiento es que se desea un tiempo de abatido o recuperación mínimo, el controlador 106 puede activar la totalidad de los TEC 120 a  $Q_{max}$  con un 100 % del ciclo de trabajo (siempre en funcionamiento). Al contrario, si se desea un compromiso entre el tiempo de abatimiento o recuperación y la eficiencia, el controlador 106 puede, por ejemplo, activar la totalidad de los TEC 120 a  $Q_{COPmax}$  con un 100 % del ciclo de trabajo (siempre en funcionamiento) o en cualquier punto entre  $Q_{COPmax}$  y  $Q_{max}$ . Cuando se encuentra en el modo de estado estable 160, el controlador 106 generalmente funciona para mantener la temperatura de consigna de una manera eficiente. Por ejemplo, el controlador 106 puede hacer funcionar la cantidad de TEC 120 requerida (por ejemplo, la totalidad de los TEC 120 o menos que la totalidad de los TEC 120) a  $Q_{COPmax}$  dependiendo de la carga. Esta cantidad predeterminada de los TEC 120 es una cantidad de los TEC 120 que se requiere para mantener la temperatura de consigna funcionando a o cerca de  $Q_{COPmax}$ . Si no resultan necesarios todos los TEC 120 durante el modo de estado estable 160, entonces los TEC 120 no necesarios se desactivan. El controlador 106 puede ajustar de forma precisa el funcionamiento de los TEC 120 activados para mantener de forma precisa la temperatura de consigna, por ejemplo, incrementando o reduciendo ligeramente la corriente de entrada de los TEC 120 activados, de manera que los TEC 120 activados funcionen ligeramente por encima de  $Q_{COPmax}$  o incrementando o reduciendo el ciclo de trabajo de los TEC 120 activados para compensar la  $Q_{leak}$ .

45 Volviendo a la figura 15, el sistema de refrigeración termoeléctrico 100 además incluye una interfaz de usuario (UI) 176, una fuente de energía 178, un accesorio (acc) 180 y electrónica de potencia 182. La interfaz de usuario 176 permite que un usuario introduzca varios parámetros de control asociados con el sistema de refrigeración termoeléctrico 100. Dichos parámetros de control incluyen la temperatura de consigna de la cámara de enfriamiento 102. En algunas formas de realización, los parámetros de control pueden incluir adicionalmente valores para el rango de temperaturas de estado estable. Se deberá observar que, en algunas formas de realización, la interfaz de usuario 176 adicionalmente puede permitir que el usuario o un fabricante del sistema de refrigeración termoeléctrico 100 defina la temperatura admisible máxima para el lado de rechazo del intercambiador de calor 104, los valores de corriente asociados con  $I_{COPmax}$  e  $I_{max}$  y/o similares. Sin embargo, se debería tener en cuenta que algunos o todos los parámetros de control se podrían programar o codificar por hardware en el controlador 106.

55 La fuente de energía eléctrica 178 proporciona energía eléctrica al controlador 106, el accesorio 180 y la electrónica de potencia 182. El accesorio 180 puede ser una luz para la cámara o un módulo de comunicación para capacidades extendidas. En una forma de realización en la que el accesorio 180 es un módulo de comunicación, el accesorio 180 se puede comunicar con dispositivos remotos, como, pero no limitado a: un teléfono móvil, un ordenador situado en un lugar remoto o incluso otros aparatos y sistemas de refrigeración termoeléctricos. En una forma de realización en la que el accesorio 180 se comunica con un teléfono móvil o un ordenador remoto, el accesorio 180 puede proporcionar parámetros de funcionamiento (por ejemplo, los datos de temperatura) del sistema de refrigeración termoeléctrica 100 y de la cámara de enfriamiento 102 a un dispositivo o entidad remota. En una forma de realización en la que el accesorio 180 se comunica con otros sistemas de refrigeración termoeléctricos, dicho accesorio 180 puede comunicar los parámetros de funcionamiento del sistema de refrigeración termoeléctrico 100 a otros sistemas de refrigeración termoeléctricos, como la temperatura de consigna, los umbrales superior e inferior de la temperatura de consigna, una temperatura admisible máxima de la cámara de enfriamiento 102, la temperatura admisible máxima del lado de rechazo del intercambiador de calor 104 o similares.

La electrónica de potencia 182 generalmente funciona para proporcionar corriente a los TEC 120 en respuesta a las entradas de control del controlador 106. Más específicamente, la electrónica de potencia 182 proporciona de forma independiente corriente a cada uno de los subconjuntos de los TEC 120. En una forma de realización, además se controlan los ciclos de trabajo de los diferentes subconjuntos de TEC 120. En este caso, la electrónica de potencia 182 puede prever una función de modulación de anchura de pulso mediante la que se controlan los ciclos de trabajo de los diferentes subconjuntos de los TEC 120.

Haciendo referencia a la figura 17, se ilustra un procedimiento de funcionamiento del controlador 106 para mantener la cámara de enfriamiento 102 a la temperatura de consigna de acuerdo con una forma de realización de la presente invención. Inicialmente, se reciben (etapa 1000) los datos de temperatura correspondientes a la temperatura en el interior de la cámara de enfriamiento 102 y la temperatura en el lado de rechazo del intercambiador de calor 104. Por ejemplo, se puede utilizar un termopar, o cualquier otro tipo de detector, para determinar la temperatura de la cámara de enfriamiento 102 y proporcionar la temperatura como datos de temperatura al controlador 106 en la etapa 1000 mediante la entrada de temperatura 154. Además, se puede utilizar un termopar, o cualquier otro tipo de detector, para determinar la temperatura del lado de rechazo del intercambiador de calor 104 y proporcionar la temperatura como datos de temperatura al controlador 106 en la etapa 1000 mediante la entrada de temperatura 156.

En respuesta a la recepción de los datos de temperatura, el controlador 106 controla selectivamente los TEC basándose en los datos de temperatura (etapa 1002). En general, el controlador 106 controla de forma selectiva uno o más y, en algunas formas de realización, dos o más subconjuntos diferentes de los TEC basándose en los datos de temperatura y en la temperatura de consigna para la cámara de enfriamiento 102. Utilizando los TEC 120 en el cartucho 112 de la figura 3 como un ejemplo, el controlador 106 controla de manera selectiva, o por separado, los diferentes subconjuntos de los TEC 120. Más específicamente, tal como se ha mencionado anteriormente, el controlador 106 determina si el sistema de refrigeración termoeléctrico 100 se encuentra en el modo de abatimiento 158, el modo de estado estable 160, o el modo de recuperación 163, basándose en los datos de temperatura y en la temperatura de consigna para la cámara de enfriamiento 102. Si el controlador 106 determina que el sistema de refrigeración termoeléctrico 100 está en el modo de abatimiento 158 o en el modo de recuperación 163, el controlador 106 controla los TEC 120 para reducir la temperatura de la cámara de enfriamiento 102 bien activando los TEC 120 que en el momento se encuentran desactivados, incrementando la corriente proporcionada a los TEC 120 activados, y/o incrementando el ciclo de trabajo de los TEC 120 activados. Si el controlador 106 determina que el sistema de refrigeración termoeléctrico 100 está en el modo de estado estable 160, el controlador 106 controla los TEC 120 para mantener la temperatura de consigna. En el modo de estado estable 160, el controlador 106 puede, por ejemplo, activar o desactivar los diferentes subconjuntos de los TEC 120, incrementar o reducir la corriente proporcionada a los diferentes subconjuntos de los TEC 120 activados y/o incrementar o reducir el ciclo de trabajo de los diferentes subconjuntos de los TEC 120 activados según sea necesario para mantener la temperatura de consigna.

Como un ejemplo, si los datos de temperatura indican que el sistema de refrigeración termoeléctrico 100 está en el modo de recuperación 163 mientras los TEC 120a, 120b y 120e funcionan a  $Q_{COPmax}$  durante el funcionamiento de estado estable, el controlador 106 podría accionar subconjuntos adicionales de los TEC 120 inactivos 120c, 120d y 120f y hacer funcionar los TEC 120 recién activados a  $Q_{COPmax}$ . Si se precisa más capacidad de enfriamiento, el controlador 106 puede entonces incrementar la corriente proporcionada a los TEC activos 120a, 120b, 120c, 120d, 120e y 120f hasta  $I_{max}$  con el fin de reducir la temperatura de la cámara de enfriamiento 102 hasta la temperatura de consigna lo antes posible. Después de que el controlador 106 controle selectivamente los TEC 120 para que funcionen a  $Q_{max}$ , el procedimiento retorna a la etapa 1000 y el controlador 106 vuelve a recibir una vez más los datos de temperatura. Volviendo al ejemplo, si los datos de temperatura recibidos en la etapa 1000 indican que la cámara de enfriamiento 102 se ha enfriado hasta la temperatura de consigna, el controlador 106 reduce la corriente proporcionada a los TEC 120a, 120b y 120e de  $I_{max}$  a  $I_{COPmax}$ , de manera que dichos TEC 120a, 120b y 120e funcionan a  $Q_{COPmax}$  para el modo en estado estable 160 en la etapa 1002. Además, el controlador 106 desactiva los TEC 120c, 120d y 120f, que en este ejemplo no se utilizan en el modo de estado estable 160. El controlador 106 repite continuamente este proceso para mantener la temperatura de consigna en la cámara de enfriamiento 102.

Dicho de otro modo, en una forma de realización, el controlador 106 está configurado o habilitado para controlar los TEC 120 según una pluralidad de esquemas de control. Dichos esquemas de control incluyen el control independiente de la activación y la desactivación de los diferentes subconjuntos de los TEC 120, el control independiente de una corriente proporcionada a cada uno de los subconjuntos de los TEC 120 y/o el control independiente de un ciclo de trabajo de cada subconjunto de los TEC 120. En funcionamiento, el controlador 106 selecciona uno o más esquemas de control basados en la temperatura de la cámara de enfriamiento 102 y, en algunas formas de realización, la temperatura en el lado de rechazo del intercambiador de calor 104, así como en un perfil de rendimiento deseado. El perfil de rendimiento deseado puede ser programable o de codificación interna en el controlador 106. Dicho perfil de rendimiento deseado dicta cómo se controlan los TEC 120 (por ejemplo, eficiencia máxima, capacidad máxima o en algún punto entre eficiencia máxima y capacidad máxima) para los diferentes modos de funcionamiento. Una vez que se seleccionan el/los esquema/s de control, el controlador 106 controla los diferentes subconjuntos de los TEC 120 según el/los esquema/s de control seleccionado/s. De este modo, el controlador 106 puede controlar cualquier combinación de activación/desactivación, corriente y ciclo de trabajo para

cada modo de funcionamiento.

Por ejemplo, para el modo de estado estable 160, el controlador 106 puede seleccionar el esquema de control de activación/desactivación de los TEC 120 basándose en la temperatura de la cámara de enfriamiento 102 y en un perfil de rendimiento deseado para maximizar la eficiencia durante el modo de estado estable 160. En este caso, el controlador 106 activa a continuación uno o más subconjuntos de TEC 120 y, en algunas formas de realización, desactiva uno o más de los otros subconjuntos de los TEC 120. Además, el controlador 106 puede seleccionar controlar la corriente y/o el ciclo de trabajo de los TEC 120 activados durante el modo de estado estable 160, en cuyo caso el controlador 106 controla independientemente la corriente proporcionada a cada uno de los subconjuntos de TEC 120 activados y/o el ciclo de trabajo de cada uno de los subconjuntos de TEC 120 activados. Continuando con este ejemplo, para el modo de recuperación 163 o el modo de abatimiento 158, el controlador 106 puede seleccionar el esquema de control de activación/desactivación de los TEC 120 basándose en la temperatura de la cámara de enfriamiento 102 y en un perfil de rendimiento deseado (por ejemplo, minimizando el tiempo de abatimiento o de recuperación). En este caso, el controlador 106 activa subconjuntos adicionales de los TEC 120 no activados durante el modo de estado estable 160. Además, el controlador 106 puede seleccionar controlar la corriente y/o el ciclo de trabajo de los subconjuntos de los TEC 120 activados para el modo de abatimiento 158 o para el modo de recuperación 163, en cuyo caso el controlador 106 controla independientemente la corriente de cada uno de los subconjuntos de TEC 120 activados y/o el ciclo de trabajo de cada uno de los subconjuntos de TEC 120 activados.

La figura 18 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento de funcionamiento del controlador 106 para mantener la cámara de enfriamiento 102 a la temperatura de consigna de acuerdo con otra forma de realización de la presente invención. Inicialmente, se reciben los datos de temperatura para la cámara de enfriamiento 102 y el lado de rechazo del intercambiador de calor 104 (etapa 1100). Después de recibir dichos datos de temperatura, el controlador 106 determina si la temperatura de la cámara de enfriamiento 102 es mayor que un umbral superior del rango de estado estable para la temperatura de la cámara de enfriamiento 102 (etapa 1102). Dicho rango de estado estable es un rango de temperatura aceptable para la cámara de enfriamiento 102 que incluye la temperatura de consigna. Como un ejemplo, el rango de estado estable podría ser la temperatura de consigna más o menos un intervalo predefinido (por ejemplo, 2 grados). Si la temperatura de la cámara de enfriamiento 102 no es mayor que el umbral superior del rango de estado estable, el controlador 106 determina si la temperatura de la cámara de enfriamiento 102 es mayor que un umbral inferior del rango de estado estable (etapa 1104).

Si la temperatura de la cámara de enfriamiento 102 no es mayor que el umbral inferior del rango de estado estable, el proceso retorna a la etapa 1100. Sin embargo, si la temperatura de la cámara de enfriamiento 102 está por debajo del umbral inferior del rango de estado estable, el controlador 106 controla los TEC 120 para incrementar la temperatura de la cámara de enfriamiento 102 (etapa 1106). Dependiendo de la forma de realización particular, el controlador 106 incrementa la temperatura de la cámara de enfriamiento 102 desactivando uno o más de los TEC, reduciendo la entrada de corriente a uno o más de los TEC 120 y/o reduciendo el ciclo de trabajo de uno o más de los TEC 120. Debido a que el controlador 106 puede controlar de forma selectiva los diferentes subconjuntos de los TEC 120, el controlador 106 presenta una flexibilidad sustancial en el modo en el que se incrementa la temperatura de la cámara de enfriamiento 102. Después de controlar los TEC 120 para incrementar la temperatura de la cámara de enfriamiento 102, el proceso retorna a la etapa 1100 y se repite.

Volviendo a la etapa 1102, si la temperatura de la cámara de enfriamiento 102 es mayor que el umbral superior del rango de estado estable, el controlador 106 determina entonces si la temperatura de la cámara de enfriamiento 102 es mayor que una temperatura admisible máxima predeterminada para la cámara de enfriamiento 102 (etapa 1108). Si lo es, el proceso pasa a la etapa 1112. Si no lo es, el controlador 106 controla los TEC 120 para reducir la temperatura de la cámara de enfriamiento 102 (etapa 1110). El controlador 106 controla los TEC 120 para reducir la temperatura de la cámara de enfriamiento 102 activando uno o más TEC 120 desactivados con anterioridad, incrementando la entada de corriente a uno o más de los TEC 120 activados de  $I_{COPmax}$  a un valor que sea mayor que  $I_{COPmax}$  (por ejemplo,  $I_{max}$ ), y/o incrementando el ciclo de trabajo de uno o más de los TEC 120 activados. Utilizando los TEC 120 en la forma de realización del cartucho 112 de la figura 3 como un ejemplo, el controlador 106 controla independientemente los diferentes subconjuntos de los TEC 120. De manera que, por ejemplo, si con anterioridad a la etapa 1110 el primer subconjunto de los TEC 120 (es decir, los TEC 120a y 120b) está activado y en funcionamiento a  $Q_{COPmax}$  pero los TEC 120 restantes están desactivados, el controlador 106 puede reducir la temperatura de la cámara de enfriamiento 102 incrementando la entrada de corriente al primer subconjunto de los TEC 120 de  $I_{COPmax}$  a un valor mayor que  $I_{COPmax}$  (por ejemplo,  $I_{max}$ ) incrementando un ciclo de trabajo del primer subconjunto de los TEC 120, activando el segundo subconjunto de los TEC 120 para que funcione a  $Q_{COPmax}$  o a una capacidad mayor que  $Q_{COPmax}$  con un ciclo de trabajo deseado (por ejemplo siempre en marcha/on), activando el tercer subconjunto de los TEC 120 para que funcione a  $Q_{COPmax}$  o a una capacidad mayor que  $Q_{COPmax}$  con un ciclo de trabajo deseado (por ejemplo siempre en marcha/on), y/o activando el cuarto subconjunto de los TEC 120 para que funcione a  $Q_{COPmax}$  o a una capacidad mayor que  $Q_{COPmax}$  con un ciclo de trabajo deseado (por ejemplo siempre en marcha/on).

A continuación, si se procede con el "sí" de la etapa 1108 o la etapa 1110, el controlador 106 determina si la temperatura en el lado de rechazo del intercambiador de calor 104 es mayor que la temperatura admisible máxima

predeterminada del lado de rechazo del intercambiador de calor 104 (etapa 1112). Si lo es, el controlador 106 controla los TEC 120 para reducir la temperatura de los componentes del intercambiador de calor (etapa 1114). Específicamente, el controlador 106 controla los TEC 120 para reducir la temperatura de los componentes del intercambiador de calor 104 en el lado de rechazo (por ejemplo, el disipador de calor de lado caliente 108). La  
 5 disminución de la temperatura de los componentes del intercambiador de calor 104 se puede conseguir desactivando alguno o la totalidad de los TEC 120, reduciendo la corriente proporcionada a alguno o a la totalidad de los TEC 120 o mediante una combinación de ambos. El proceso retorna entonces a la etapa 1100 y se repite.

Sin embargo, si la temperatura en el lado de rechazo del intercambiador de calor 104 no es mayor que la  
 10 temperatura admisible máxima predeterminada, el controlador 106 controla los TEC para reducir la temperatura de la cámara de enfriamiento 102 (etapa 1116). Tal como se ha explicado anteriormente, el controlador 106 controla los TEC 120 para reducir la temperatura de la cámara de enfriamiento 102 activando uno o más TEC 120 desactivados con anterioridad, incrementando la entrada de corriente a uno o más de los TEC 120 activados desde  $I_{COPmax}$  a un  
 15 valor que sea mayor que  $I_{COPmax}$  (por ejemplo,  $I_{max}$ ), y/o incrementando el ciclo de trabajo de uno o más de los TEC 120 activados. Por ejemplo, si con anterioridad a la etapa 1116 el primer subconjunto de los TEC (es decir, los TEC 120a y 120b) está activado y en funcionamiento a  $Q_{COPmax}$  pero los TEC 120 restantes están desactivados, el controlador 106 puede reducir la temperatura de la cámara de enfriamiento 102 incrementando la entrada de corriente al primer subconjunto de los TEC 120 desde  $I_{COPmax}$  a un valor mayor que  $I_{COPmax}$  (por ejemplo,  $I_{max}$ )  
 20 incrementando un ciclo de trabajo del primer subconjunto de los TEC 120, activando el segundo subconjunto de los TEC 120 para que funcione a  $Q_{COPmax}$  o a una capacidad mayor que  $Q_{COPmax}$  con un ciclo de trabajo deseado (por ejemplo siempre en marcha/on), activando el tercer subconjunto de los TEC 120 para que funcione a  $Q_{COPmax}$  o a una capacidad mayor que  $Q_{COPmax}$  con un ciclo de trabajo deseado (por ejemplo siempre en marcha/on), y/o  
 25 activando el cuarto subconjunto de los TEC 120 para que funcione a  $Q_{COPmax}$  o a una capacidad mayor que  $Q_{COPmax}$  con un ciclo de trabajo deseado (por ejemplo siempre en marcha/on). Después de reducir la temperatura de la cámara de enfriamiento 102 en la etapa 1116, el proceso retorna a la etapa 1100 y se repite.

Como un ejemplo, se supone que los datos de temperatura indican que la cámara de enfriamiento 102 está a 0,9 °C y el lado de rechazo del intercambiador de calor 104 está a 19 °C. Además, para este ejemplo, la temperatura de  
 30 consigna para la cámara de enfriamiento 102 es de 2,2 °C, el umbral superior del rango de estado estable es de 5,0 °C, el umbral inferior del rango de estado estable es de 1,0 °C, la temperatura admisible máxima de la cámara de enfriamiento 102 es de 15 °C y la temperatura admisible máxima en el lado de rechazo del intercambiador de calor 104 es de 20 °C. Utilizando este ejemplo, el controlador 106 primero determina que la temperatura de la cámara de enfriamiento 102 (0,9 °C) no excede el valor de umbral superior del rango de estado estable (5,0 °C). De este modo, el controlador 106 lleva a cabo la etapa 1104 en la que el controlador 106 determina que la temperatura de la  
 35 cámara de enfriamiento 102 (0,9 °C) es menor que el umbral inferior del rango de estado estable (1,0 °C). Por lo tanto, el controlador 106 lleva a cabo la etapa 1106 para incrementar la temperatura de la cámara de enfriamiento 102. Después de llevar a cabo dicha etapa 1106, dicho controlador 106 retorna a la etapa 1100 para recibir así los datos de temperatura actualizados y continuar el proceso.

Como otro ejemplo, se supone que los datos de temperatura indican que la temperatura de la cámara de enfriamiento 102 está a 14 °C y el lado de rechazo del intercambiador de calor 104 está a 18 °C. Además, para este  
 40 ejemplo, la temperatura de consigna para la cámara de enfriamiento 102 es de 2,2 °C, el umbral superior del rango de estado estable es de 5,0 °C, el umbral inferior del rango de estado estable es de 1,0 °C, la temperatura admisible máxima de la cámara de enfriamiento 102 es de 15 °C y la temperatura admisible máxima en el lado de rechazo del intercambiador de calor 104 es de 20 °C. Utilizando este ejemplo, el controlador 106 determina que la temperatura de la cámara de enfriamiento 102 (14 °C) es mayor que el umbral superior del rango de estado estable (5,0 °C). De este modo, dicho controlador 106 lleva a cabo la etapa 1108, en la que el controlador 106 determina que la temperatura de la cámara de enfriamiento 102 (14 °C) es menor que la temperatura admisible máxima de la cámara de enfriamiento 102 (15 °C). De acuerdo con esto, el controlador 106 lleva a cabo la etapa 1110 para reducir así la  
 45 temperatura de la cámara de enfriamiento 102.

En un tercer ejemplo, los datos de temperatura indican que la cámara de enfriamiento 102 está a 17 °C y la temperatura del intercambiador de calor está a 22 °C. Además, para este ejemplo, la temperatura de consigna para  
 50 la cámara de enfriamiento 102 es de 2,2 °C, el umbral superior del rango de estado estable es de 5,0 °C, el umbral inferior del rango de estado estable es de 1,0 °C, la temperatura admisible máxima en la cámara de enfriamiento 102 es de 15 °C y la temperatura admisible máxima en el lado de rechazo del intercambiador de calor 104 es de 20 °C. En la etapa 1102, el controlador 106 determina que la temperatura de la cámara de enfriamiento 102 es mayor que el umbral superior del rango de estado estable. Por lo tanto, el controlador 106 lleva a cabo la etapa 1108, en la que dicho controlador 106 determina que la temperatura de la cámara de enfriamiento 102 (17 °C) excede la temperatura  
 55 admisible máxima en la cámara de enfriamiento 102 (15 °C).

De acuerdo con esto, el controlador 106 lleva a cabo la etapa 1112, en la que el controlador 106 determina si la temperatura en el lado de rechazo del intercambiador de calor 104 excede la temperatura admisible máxima en el  
 60 lado de rechazo del intercambiador de calor 104. De acuerdo con una forma de realización de la presente invención, la temperatura admisible máxima en el lado de rechazo del intercambiador de calor 104 es una temperatura más allá de la cual los componentes de dicho intercambiador de calor 104 se podrían sobrecalentar y podrían dañarse. Un

ejemplo de cuándo la temperatura en el lado de rechazo del intercambiador de calor 104 excede la temperatura admisible máxima en el lado de rechazo del intercambiador de calor 104 es cuando hay una gran cantidad de fuga de calor en la cámara de enfriamiento 102, como cuando se deja abierta una puerta de dicha cámara de enfriamiento 102. En el supuesto en el que la puerta de la cámara de enfriamiento 102 se deja abierta, el sistema de refrigeración termoeléctrico 100 está intentando abatir la temperatura de la cámara de enfriamiento 102 a la temperatura de consigna. En este punto, como tiene lugar una gran cantidad de fuga de calor, los componentes del intercambiador de calor 104 pueden no ser capaces de abatir la temperatura de la cámara de enfriamiento 102, sino que se sobrecargan, sobrecalentando (es decir, excediendo la temperatura admisible máxima en el lado de rechazo del intercambiador de calor 104). Otro ejemplo de cuándo la temperatura en el lado de rechazo del intercambiador de calor 104 excede la temperatura admisible máxima en el lado de rechazo del intercambiador de calor 104 es cuando no tiene lugar la transmisión de calor adecuada entre el bucle de admisión 114 y la cámara de enfriamiento 102, como cuando hay una obstrucción en el bucle de admisión 114, o como cuando hay un problema con el medio de enfriamiento en el bucle de admisión 114 o similares. En el tercer ejemplo, la temperatura en el lado de rechazo del intercambiador de calor 104 (22 °C) excede la temperatura admisible máxima en el lado de rechazo del intercambiador de calor 104 (20 °C). De acuerdo con esto, el controlador 106 lleva a cabo la etapa 1114 en la que dicho controlador 106 enfría la temperatura de los componentes del intercambiador de calor 104.

La figura 19 es un diagrama de flujo que ilustra el procedimiento de funcionamiento del controlador 106 para supervisar la temperatura en el lado de rechazo del intercambiador de calor 104 de acuerdo con una forma de realización de la presente invención. Inicialmente, el controlador 106 recibe datos de temperatura (etapa 1200). En una forma de realización, los datos de temperatura corresponden a la temperatura en el lado de rechazo del intercambiador de calor 104. Después de recibir los datos de temperatura, el controlador 106 determina si la temperatura en el lado de rechazo del intercambiador de calor 104 excede la temperatura admisible máxima en el lado de rechazo del intercambiador de calor 104, tal como se ha descrito anteriormente haciendo referencia a la etapa 1112 de la figura 18 (etapa 1202). Si la temperatura en el lado de rechazo del intercambiador de calor 104 no excede la temperatura admisible máxima, el proceso retorna a la etapa 1200 y se repite. Sin embargo, si la temperatura en el lado de rechazo del intercambiador de calor 104 excede la temperatura admisible máxima en el lado de rechazo del intercambiador de calor 104, el controlador 106 controla los TEC 120 para, de este modo, reducir la temperatura en el lado de rechazo del intercambiador de calor 104 (etapa 1204).

#### Sistemas de intercambio de calor multiparalelos

En las formas de realización descritas anteriormente, el sistema de refrigeración termoeléctrico 100 incluye un sistema intercambiador de calor individual (es decir, un intercambiador de calor individual 104, un bucle de admisión individual 114 y un bucle de rechazo individual 116). Las figuras 20A a 20C ilustran otra forma de realización del sistema de refrigeración termoeléctrico 100 que incluye dos sistemas de intercambio de calor paralelos. Se deberá observar que, aunque se ilustran dos sistemas paralelos de intercambio de calor en la forma de realización de las figuras 20A a 20C, se podría utilizar cualquier cantidad de dos o más sistemas de intercambio de calor paralelos. Tal como se ilustra en la figura 20A, los dos sistemas paralelos de intercambio de calor son los mismos que el sistema de intercambio de calor de la figura 1. En particular, el primer sistema de intercambio de calor incluye un intercambiador de calor 104a que incluye un disipador de calor de lado caliente 108a, un disipador de calor de lado frío 110a, un cartucho 112a dispuesto entre los disipadores de calor de lado caliente y de lado frío 108a y 110a, un bucle de admisión 114a acoplado al disipador de calor de lado frío 110a y un bucle de rechazo 116a acoplado al disipador de calor de lado caliente 108a. El cartucho 112a incluye uno o más TEC y preferentemente una pluralidad de TEC que se controlan de manera selectiva mediante el controlador 106. En algunas formas de realización, los TEC se disponen en una placa de interconexión que habilita el control selectivo e independiente de uno o más, y preferentemente dos o más, subconjuntos de los TEC del modo descrito anteriormente con respecto al cartucho 112 de la figura 1. Del mismo modo, el segundo sistema de intercambio de calor incluye un intercambiador de calor 104b que incluye un disipador de calor de lado caliente 108b, un disipador de calor de lado frío 110b, un cartucho 112b dispuesto entre los disipadores de calor de lado frío y caliente 108b y 110b, un bucle de admisión 114b acoplado al disipador de calor de lado frío 110b y un bucle de rechazo 116b acoplado al disipador de calor de lado caliente 108b. El cartucho 112b incluye uno o más TEC y preferentemente una pluralidad de TEC que se controlan de manera selectiva mediante el controlador 106. En algunas formas de realización preferidas, los TEC se disponen en una placa de interconexión que habilita el control selectivo e independiente de uno o más, y preferentemente dos o más, subconjuntos de los TEC del modo descrito anteriormente con respecto al cartucho 112 de la figura 1. El funcionamiento de los dos sistemas de intercambio de calor de la figura 20A y el control de los TEC en los cartuchos 112a y 112b es el mismo que el que se ha descrito anteriormente con respecto al sistema de intercambio de calor y al cartucho 112 correspondientes de la figura 1. Por ello, no se repiten los detalles.

Los sistemas de intercambio de calor paralelos proporcionan un grado adicional de libertad al controlador 106 cuando controla los TEC en los cartuchos 112a y 112b. Más específicamente, además de controlar de manera selectiva e independiente uno o más, y preferentemente dos o más, subconjuntos de TEC en el cartucho 112a, el controlador 106 además se habilita para controlar de manera selectiva e independiente uno o más, y preferentemente dos o más, subconjuntos de TEC en el cartucho 112b independientemente del/de los subconjunto/s de TEC en el cartucho 112a. Como un ejemplo, durante el funcionamiento de estado estable, el controlador 106 podría activar algunos o potencialmente todos los TEC en el cartucho 112a, preferentemente en o cerca de (por

ejemplo ligeramente por encima o potencialmente por debajo) de  $Q_{COPmax}$  y desactivar la totalidad de los TEC en el cartucho 112b, tal como se ilustra en la figura 20B. Al contrario, durante el abatimiento o la recuperación, el controlador 106 podría activar cualquier TEC desactivado previamente en el cartucho 112a y activar alguno o potencialmente todos los TEC en el cartucho 112b, tal como se ilustra en la figura 20C. Durante el abatimiento o la recuperación, los TEC activados preferentemente funcionan a  $Q_{COPmax}$ ,  $Q_{max}$  o algún valor entre  $Q_{COPmax}$  y  $Q_{max}$ .

Una ventaja no limitativa de los intercambiadores de calor paralelos 104a y 104b es la capacidad de aislar completamente cantidades de subconjuntos de TEC al mismo tiempo que se proporciona una capacidad de recuperación importante sin sufrir de pérdidas parasíticas asociadas a los TEC desactivados ubicados en el mismo intercambiador de calor 104a, 104b que los TEC activos. Otra ventaja no limitativa de los intercambiadores de calor paralelos 104a y 104b se refiere a maximizar la eficiencia equilibrando mejor los diferentes regímenes de control con respecto al volumen/área de disipación correspondiente del intercambiador de calor.

Disipadores de calor en cascada

En una forma de realización adicional de la presente invención, las disposiciones de TEC pueden ser en cascada, con el fin de mantener diferentes cámaras de enfriamiento a diferentes temperaturas de consigna. En una forma de realización, un sistema de refrigeración termoeléctrico individual puede prever una primera cámara de enfriamiento y una segunda cámara de enfriamiento, cada una de ellas con una temperatura de consigna diferente. En una forma de realización, un primer conjunto de TEC (por ejemplo, TEC en un primer cartucho) proporciona enfriamiento a la primera cámara de enfriamiento. Además, un segundo conjunto de TEC (por ejemplo, TEC en un segundo cartucho) proporciona enfriamiento a la segunda cámara de enfriamiento, siendo la temperatura de consigna de la segunda cámara de enfriamiento menor que la de la primera cámara de enfriamiento. En esta forma de realización, el primer y el segundo conjunto de los TEC están acoplados térmicamente entre sí mediante disipadores de calor en cascada. En esta forma de realización, durante el enfriamiento de la primera cámara de enfriamiento, el primer conjunto de TEC extrae calor de la primera cámara de enfriamiento y funciona para evacuar el calor extraído a un entorno exterior a la primera cámara de enfriamiento. En esta forma de realización, durante el enfriamiento de la segunda cámara de enfriamiento, el segundo conjunto de TEC extrae calor de la segunda cámara de enfriamiento y, a continuación, funciona para evacuar el calor extraído al primer conjunto de TEC. Aquí, el primer conjunto de TEC funciona para evacuar el calor extraído de la segunda cámara de enfriamiento a un entorno exterior a la primera y la segunda cámara de enfriamiento. En esta forma de realización, el primer conjunto de TEC puede funcionar de forma independiente al segundo conjunto de TEC. En particular, la primera temperatura de consigna puede ser diferente de la segunda temperatura de consigna. Además, podría haber diferentes modos de funcionamiento para cada una de las cámaras de enfriamiento (por ejemplo, la primera cámara de enfriamiento se podría abatir mientras que la segunda cámara de enfriamiento se encuentra en estado estable debido a la abertura de una puerta de la primera cámara de enfriamiento).

A este respecto, la figura 21 ilustra un sistema de refrigeración termoeléctrico 184 provisto de cámaras de enfriamiento 186 y 188 de acuerdo con una forma de realización de la presente invención. En esta forma de realización, las cámaras de enfriamiento 186 y 188 prevén diferentes temperaturas de consigna. Por ejemplo, si el sistema de refrigeración termoeléctrico 184 es un refrigerador doméstico, la cámara de enfriamiento 186 puede corresponder a un congelador y la cámara de enfriamiento 188 puede corresponder a un refrigerador. El sistema de refrigeración termoeléctrico 184 además incluye un intercambiador de calor 190 de acuerdo con otra forma de realización de la presente invención. Aquí, el intercambiador de calor 190 incluye un disipador de calor de lado caliente 192 y dos disipadores de calor de lado frío, es decir, un disipador de calor de lado frío 194 y un disipador de calor de lado frío 196. Dicho disipador de calor de lado caliente 192 está acoplado térmicamente con un bucle de rechazo 198 que funciona para evacuar calor de las cámaras de enfriamiento 186 y 188 de un modo similar al que se ha descrito anteriormente con respecto a la cámara de enfriamiento 102, el disipador de calor de lado caliente 108 y el bucle de rechazo 116 de la figura 1. En este ejemplo, el intercambiador de calor 190 se encuentra entre una pared interior 200 que define la cámara de enfriamiento 188 y una pared exterior 202 del sistema de refrigeración termoeléctrico 184.

El intercambiador de calor 190 además incluye cartuchos 204 y 206. El cartucho 204 está acoplado térmicamente tanto con el disipador de calor de lado frío 194 como con el disipador de calor de lado frío 196. Dicho cartucho 204 incluye TEC según se ha descrito anteriormente con referencia al cartucho 112 de la figura 1, estando un lado frío de los TEC acoplado térmicamente al disipador de calor de lado frío 194 y un lado caliente de los TEC está acoplado térmicamente al disipador de calor de lado frío 196. Además, los TEC dispuestos en el cartucho 204 pueden presentar cualquier cantidad de TEC, tal como se ha descrito anteriormente con referencia a las figuras 3 a 8. Los TEC en el cartucho 204 facilitan la transmisión entre el disipador de calor de lado frío 194 y el disipador de calor de lado frío 196. El calor que se transmite entre el disipador de calor de lado frío 194 y el disipador de calor de lado frío 196 es calor extraído de la cámara de enfriamiento 186 a través de un bucle de admisión 208.

El cartucho 206 se dispone entre el disipador de calor de lado caliente 192 y el disipador de calor de lado frío 196. El cartucho 206 incluye TEC según se ha descrito anteriormente con referencia al cartucho 112 de la figura 1, estando un lado frío de los TEC acoplado térmicamente con el disipador de calor de lado frío 196 y un lado caliente de los TEC está acoplado térmicamente con el disipador de calor de lado caliente 192. Los TEC en el cartucho 206 facilitan

la transmisión de calor entre el disipador de calor de lado frío 196 y el disipador de calor de lado caliente 192. Además, los TEC dispuestos en el cartucho 206 pueden presentar cualquier cantidad de TEC, tal como se ha descrito anteriormente con referencia a las figuras 3 a 8. En esta forma de realización, la transmisión de calor entre el disipador de calor de lado frío 196 y el disipador de calor de lado caliente 192 es calor extraído de la cámara de enfriamiento 188 mediante un bucle de admisión 210 y, si los TEC en el cartucho 204 están activados, el calor se extrae de la cámara de enfriamiento 186 a través del bucle de admisión 208.

Cada uno de los bucles de admisión 208 y 210 funciona de una manera similar a la que se ha descrito anteriormente con referencia al bucle de admisión 114 de la figura 1. En particular, tal como se ha descrito anteriormente haciendo referencia al bucle de admisión 114, cada uno de los bucles de admisión 208 y 210 facilita la extracción de calor a partir de una cámara enfriada (es decir, las cámaras de enfriamiento 186 o 188, respectivamente). Los TEC en los cartuchos 204 y 206 se pueden controlar de forma separada. Así, dicho de otro modo, los subconjuntos de los TEC en cada uno de los cartuchos 204 y 206 se pueden controlar de forma separada para mantener las temperaturas de consigna en las cámaras de enfriamiento 186 y 188.

Tal como se ha indicado anteriormente, cada uno de los cartuchos 204 y 206 incluye TEC que presentan la funcionalidad descrita con anterioridad. En una forma de realización de la presente invención, el cartucho 206 prevé una cantidad mayor de TEC que el cartucho 204, de manera que dicho cartucho 206 podría facilitar la transmisión de calor desde ambos bucles de admisión 208 y 210. Por ejemplo, si se activan uno o más subconjuntos de los TEC en el cartucho 204, entonces se deben controlar los TEC en el cartucho 206 para que dispongan de capacidad suficiente para transmitir el calor extraído por el bucle de admisión 208 así como cualquier calor extraído por el bucle de admisión 210. Por ejemplo, si cuatro TEC en el cartucho 204 están funcionando a  $Q_{COPmax}$ , entonces más de cuatro TEC en el cartucho 206 deberían estar funcionando además a  $Q_{COPmax}$  con el fin de proporcionar la capacidad suficiente para transmitir la transmisión de calor mediante los TEC activados en el cartucho 204. Además, si además se debe extraer calor mediante el bucle de admisión 210, los TEC en el cartucho 206 se controlan adicionalmente para proporcionar una capacidad adicional con el fin de extraer la cantidad de calor deseada mediante el bucle de admisión 210.

Durante el funcionamiento del sistema de refrigeración termoeléctrico 184, un controlador 212 controla los TEC dispuestos en los cartuchos 204 y 206 para mantener las temperaturas de consigna deseadas en las cámaras de enfriamiento 186 y 188. En particular, con el fin de mantener la temperatura de consigna deseada en la cámara de enfriamiento 186, el controlador 212 controla los TEC dispuestos en los cartuchos 204 y 206 basándose en la temperatura en la cámara de enfriamiento 186 y, en algunas formas de realización, en la temperatura en el lado de rechazo del intercambiador de calor 190 tal como se ha descrito anteriormente con referencia a las figuras 15 a 19. Por lo tanto, en una forma de realización, el controlador 212 recibe datos de temperatura referidos tanto a la cámara de enfriamiento 186 como al lado de rechazo del intercambiador de calor 190 y controla selectivamente los TEC dispuestos en los cartuchos 204 y 206 para mantener la temperatura de consigna de la cámara de enfriamiento 186. En general, el controlador 212 detecta el modo de funcionamiento (es decir, estado estable, recuperación, abatimiento, etc.) y, a continuación, activa/desactiva los TEC en los cartuchos 204 y 206, incrementa o reduce los ciclos de trabajo de los TEC en los cartuchos 204 y 206 y/o incrementa o reduce las corrientes proporcionadas a los TEC en los cartuchos 204 y 206 de acuerdo con el modo de funcionamiento.

Por ejemplo, si la cámara de enfriamiento 186 está a la temperatura de consigna, el controlador 212 controla los TEC en el cartucho 204 de manera que una cantidad predeterminada de los TEC necesarios para el funcionamiento de estado estable de la cámara de enfriamiento 186 funcione a  $Q_{COPmax}$ . En este ejemplo, el cartucho 204 prevé cuatro TEC y tres de los cuatro TEC funcionan a  $Q_{COPmax}$ . Además, durante el funcionamiento en estado estable de la cámara de enfriamiento 186, el controlador 212 controla tres o más de los TEC en el cartucho 206 de manera que los TEC, activos en el cartucho 206 funcionan a  $Q_{COPmax}$  en conjunción con y en soporte de los tres TEC en el cartucho 204 que funciona a  $Q_{COPmax}$ . En este ejemplo, si el controlador 212 detecta posteriormente que la cámara de enfriamiento 186 se encuentra en recuperación, el controlador 212 controla selectivamente los TEC en el cartucho 204, con el fin de abatir la temperatura de la cámara de enfriamiento 186 hasta la temperatura de consigna. Por ejemplo, el controlador 212 puede activar los cuatro TEC en el cartucho 204 de manera que la totalidad de dichos TEC en el cartucho 204 funcione a  $Q_{max}$ . Además, cuando el controlador 212 activa los cuatro TEC en el cartucho 204 a  $Q_{max}$ , el controlador 212 además activa más TEC en el cartucho 206 para soportar la capacidad adicional proporcionada por los TEC recién activados en el cartucho 204.

Tal como se ha indicado con anterioridad, el sistema de refrigeración termoeléctrico 184 además incluye la cámara de enfriamiento 188 en la que el bucle de admisión 210 facilita la extracción de calor de dicha cámara de enfriamiento 188, tal como se ha descrito anteriormente con referencia al bucle de admisión 114 de la figura 1. Dicho bucle de admisión 210 se acopla térmicamente con el disipador de calor de lado frío 196 de manera que dicho disipador de calor de lado frío 196 transfiera el calor extraído de la cámara de enfriamiento 188 al bucle de rechazo 198 mediante el cartucho 206 y los TEC dispuestos en el mismo. De este modo, el bucle de rechazo 198 funciona para evacuar el calor extraído de la cámara de enfriamiento 186 y la cámara de enfriamiento 188. Tal como se ha indicado anteriormente, el cartucho 206 incluye TEC que trabajan en conjunción con los TEC dispuestos en el cartucho 204. Aquí, el cartucho 206 incluye TEC adicionales que facilitan la transmisión de calor extraído de la cámara de enfriamiento 188 al disipador de calor de lado caliente 192.

Además de controlar los TEC dispuestos en el cartucho 206 para soportar la transmisión de calor mediante los TEC activados dispuestos en el interior del cartucho 204, el controlador 212 controla selectivamente los TEC dispuestos en el interior del cartucho 206 para mantener la temperatura de consigna deseada en el interior de la cámara de enfriamiento 188 de acuerdo con los procedimientos de las figuras 15 a 19 descritas anteriormente. De este modo, el controlador 212 recibe los datos de temperatura para la cámara de enfriamiento 188 y controla selectivamente los TEC dispuestos en el cartucho 206 de forma correspondiente. Por ejemplo, durante el funcionamiento de estado estable, el controlador 212 selecciona los TEC en el cartucho 206 que no facilitan la transmisión de calor asociada con la cámara de enfriamiento 186, de manera que los TEC seleccionados funcionan a  $Q_{COPmax}$ . Continuando con el mismo ejemplo, cuando el controlador 212 detecta que la cámara de enfriamiento 188 está en recuperación, en una forma de realización, el controlador 212 controla los TEC seleccionados de manera que dichos TEC seleccionados funcionan a  $Q_{max}$ . Además, el controlador 212 puede seleccionar los TEC que no estén activados de modo que dichos TEC adicionales funcionen a  $Q_{max}$  o en algún punto entre  $Q_{COPmax}$  y  $Q_{max}$ . En este supuesto, si el cartucho 206 incluye diez TEC y cuatro de los TEC facilitan la transmisión de calor asociada con la cámara de enfriamiento 186, durante el funcionamiento en estado estable de dicha cámara de enfriamiento 188, de los seis TEC restantes, el controlador 212 puede seleccionar tres de los TEC restantes para que funcionan a  $Q_{COPmax}$ . Sin embargo, cuando la cámara de enfriamiento 188 está en recuperación y el controlador 212 necesita abatir la temperatura de la cámara de enfriamiento 188 hasta la temperatura de consigna, el controlador 212 puede controlar los tres TEC que funcionan a  $Q_{COPmax}$  de manera que dichos TEC funcionen a  $Q_{max}$  y, a continuación, de los tres TEC restantes que no están activados, el controlador 212 puede activar uno o más TEC adicionales para que funcionen además a  $Q_{max}$ .

En el supuesto anterior, de los TEC activados en el cartucho 206, cuatro estaban funcionando a  $Q_{COPmax}$  con el fin de facilitar la transmisión de calor de la cámara de enfriamiento 186. Se deberá observar que en el supuesto anterior, cuando la cámara de enfriamiento 188 estaba en recuperación, de acuerdo las formas de realización de la presente invención, el controlador 212 podía haber controlado los cuatro TEC que ayudaban con la transmisión de calor del calor extraído de la cámara de enfriamiento 186, de modo que dichos cuatro TEC funcionasen a  $Q_{max}$ . En este punto, los cuatro TEC seguirían funcionando para mantener la cámara de enfriamiento 186 en la temperatura de consigna (debido a que los TEC solo necesitan funcionar a  $Q_{COPmax}$ ) mientras que, al mismo tiempo, ayudarían con el abatimiento de temperatura de la cámara de enfriamiento 188 hasta la temperatura de consigna (el calor adicional que se puede extraer entre el punto asociado con  $Q_{COPmax}$  y  $Q_{max}$  tal como se muestra haciendo referencia a la figura 2). Se deberá observar que la totalidad de los TEC en el cartucho 206 se puede controlar para su funcionamiento a  $Q_{max}$  cuando la cámara de enfriamiento 186 y la cámara de enfriamiento 188 están en recuperación.

35 Efecto de diodo térmico y aislamiento térmico del sistema de intercambio de calor

En algunas formas de realización preferidas de la presente invención, el/los sistema/s de intercambio de calor que se dan a conocer en la presente memoria además proporcionan un efecto de diodo térmico y aislamiento térmico del intercambiador de calor de la/s cámara/s de enfriamiento y del entorno exterior. Esto resulta beneficioso debido a que el efecto de diodo térmico y el aislamiento térmico del/de los intercambiador/es de calor evita, o por lo menos minimiza el retorno de la fuga de calor del entorno exterior, por el/los intercambiador/es de calor, a la/s cámara/s de enfriamiento. A este respecto, la figura 22 ilustra una forma de realización del intercambiador de calor 104 de la figura 1, estando el intercambiador de calor 104 aislado térmicamente de la cámara de enfriamiento 102 y la pared exterior 118 del sistema de refrigeración termoeléctrico 100 de manera que la fuga de calor de retorno del intercambiador de calor 104 a la cámara de enfriamiento 102 no tenga lugar cuando el intercambiador de calor 104 no está facilitando activamente la extracción de calor de la cámara de enfriamiento 102 (por ejemplo, cuando la totalidad de los TEC está inactiva).

Tal como se ha indicado anteriormente con respecto a la figura 1, el intercambiador de calor 104 incluye el disipador de calor de lado frío 110 y el disipador de calor de lado caliente 108, disponiéndose el cartucho 112 entre dicho disipador de calor de lado frío 110 y dicho disipador de calor de lado caliente 108. Tal como se ilustra en la figura 22, con el fin de proporcionar aislamiento térmico del intercambiador de calor 104, dicho intercambiador de calor 104 se separa físicamente de, y se sujeta físicamente a, la pared interior 115 mediante separadores 220. En particular, los separadores 220 se acoplan con el disipador de calor de lado frío 110 y la pared interior 115 de manera que dichos separadores 220 aislen física y térmicamente el intercambiador de calor 104 de la pared interior 115 mientras que, al mismo tiempo, monten el intercambiador de calor 104 en el sistema de refrigeración termoeléctrico 100. De acuerdo con una forma de realización de la presente invención, los separadores 220 se pueden formar en cualquier tipo de material que minimice la conductividad térmica, como por ejemplo cualquier material con conductividad térmica baja, incluyendo cerámica, plástico o similares. Además, tal como se puede apreciar con respecto a la figura 22, el intercambiador de calor 104 se dispone entre la pared interior 115 y la pared exterior 118 (y, así, la cámara de enfriamiento 102), estando dicho intercambiador de calor 104 además aislado térmicamente de la pared interior 115 y de la pared exterior 118 por aislamiento 222.

65 Cuando el aislamiento térmico del intercambiador de calor 104 se combina con un efecto de diodo térmico proporcionado por los bucles de admisión y de rechazo 114 y 116, el retorno de la fuga de calor del entorno exterior y del intercambiador de calor 104 en la cámara de enfriamiento 102 cuando la totalidad de los TEC dispuestos en el

cartucho 112 está desactivada o está en un estado “parado/off” durante el control de ciclo de trabajo. En una forma de realización, los bucles de admisión y de rechazo 114 y 116 funcionan según los principios de termosifón (es decir, son termosifones) y, como tal, proporcionan un efecto de diodo térmico. Este efecto de diodo térmico se ilustra con respecto a las figuras 23 y 24. La figura 23 ilustra la transmisión de calor por el sistema de intercambio de calor cuando se activan uno o más TEC en el intercambiador de calor 104 o están en el estado “en marcha/on” durante el control del ciclo de trabajo. Tal como se ilustra, cuando uno o más TEC está en marcha/on, el medio de enfriamiento en el bucle de admisión 114 se condensa mediante el disipador de calor de lado frío 110 del intercambiador de calor 104, de manera que el medio de enfriamiento condensado fluya por el bucle de admisión 114 mediante la fuerza de la gravedad. Cuando fluye por el bucle de admisión 114, el medio de enfriamiento extrae calor de la cámara de enfriamiento 102. El calor extraído evapora el medio de enfriamiento. A continuación, el medio de enfriamiento evaporado retorna al disipador de calor de lado frío 110 del intercambiador de calor 104 mediante fuerzas de flotación. Este proceso continúa para facilitar la extracción de calor de la cámara de enfriamiento 102. Al contrario, en el lado de rechazo, el medio de intercambio de calor en el bucle de rechazo 116 se evapora mediante el disipador de calor de lado caliente 108 del intercambiador de calor 104. El medio de intercambio de calor evaporado fluye por el bucle de rechazo 116 mediante fuerzas de flotación de manera que el calor se evacúa al entorno exterior. Debido a la evacuación de calor, el medio de intercambio de calor se condensa y el medio de intercambio de calor condensado retorna al disipador de calor de lado caliente 108 por gravedad. El proceso continúa para dar lugar a la evacuación de calor al entorno exterior.

Una vez que los TEC en el intercambiador de calor 104 están desactivados o en el estado “parado/off” durante el control del ciclo de trabajo, los bucles de admisión y de rechazo 114 y 116 evitan la transmisión de calor por dichos bucles de admisión y de rechazo 114 y 116 hacia la cámara de enfriamiento 102, tal como se ilustra en la figura 24. Más específicamente, cuando la totalidad de los TEC está desactivada o en el estado “parado/off” durante el control del ciclo de trabajo, el disipador de calor de lado frío 110 del intercambiador de calor 104 ya no resulta suficientemente frío como para condensar el medio de enfriamiento en el bucle de admisión 114. Como tal, el medio de enfriamiento en el bucle de admisión 114 se evapora y se recoge en el disipador de calor de lado frío 110, evitando así la transmisión de calor adicional por el bucle de admisión 114. Por ello, se puede apreciar que el bucle de admisión 114 proporciona transmisión de calor lejos de la cámara de enfriamiento 102 (es decir, extracción de calor) pero evita la transmisión de calor hacia la cámara de enfriamiento 102 (es decir, el retorno de la fuga de calor en la cámara de enfriamiento 102). De esta manera, el bucle de admisión 114 proporciona un efecto de diodo térmico. De un modo similar, el disipador de calor de lado caliente 108 ya no resulta suficientemente caliente como para evaporar el medio de intercambio de calor en el bucle de rechazo 116. Por ello, el medio de intercambio de calor en el bucle de rechazo 116 se condensa y se recoge en el disipador de calor de lado caliente 108, evitando así la transmisión de calor adicional por el bucle de rechazo 116. De este modo, se puede apreciar que el bucle de rechazo 116 proporciona transmisión de calor lejos del intercambiador de calor 104 (es decir, evacuación de calor) pero evita la transmisión de calor hacia el intercambiador de calor 104 (es decir, el retorno de la fuga de calor del entorno exterior al intercambiador de calor 104). De esta manera, el bucle de rechazo 116 proporciona un efecto de diodo térmico. De manera importante, el aislamiento térmico del intercambiador de calor 104 y el efecto de diodo térmico de los bucles de admisión y de rechazo 114 y 116 habilitan: (1) la desactivación de la totalidad de los TEC en el intercambiador de calor 104 sin ningún o con el mínimo retorno de la fuga de calor en la cámara de enfriamiento 102 y (2) el control del ciclo de trabajo de los TEC en el intercambiador de calor 104 sin ningún o con el mínimo retorno de la fuga de calor en la cámara de enfriamiento 102.

De forma destacable, aunque que el sistema de intercambio de calor de la figura 1 incluye ambos bucles de admisión y de rechazo 114 y 116, la presente invención no está limitada a ello. Alternativamente, el sistema de intercambio de calor puede ser un sistema híbrido que incluya el bucle de admisión 114 en el lado de admisión del intercambiador de calor 104 y un mecanismo de intercambio de calor alternativo (por ejemplo aletas y un ventilador) en el lado de rechazo del intercambiador de calor 104. En esta forma de realización alternativa, el bucle de admisión 114 todavía proporciona un efecto de diodo térmico que evita el retorno de la fuga de calor en la cámara de enfriamiento 102 cuando la totalidad de los TEC en el intercambiador de calor 104 está desactivada o en el estado “parado/off” durante el control del ciclo de trabajo, tal como se ilustra en la figura 25. Como otra alternativa, el sistema de intercambio de calor puede ser un sistema híbrido que incluya el bucle de rechazo 116 en el lado de rechazo del intercambiador de calor 104 y un mecanismo de intercambio de calor alternativo (por ejemplo aletas y un ventilador) en el lado de admisión del intercambiador de calor 104. En esta forma de realización alternativa, el bucle de rechazo 116 proporciona un efecto de diodo térmico que evita el retorno de la fuga de calor del entorno exterior al intercambiador de calor 104.

La figura 26 ilustra el aislamiento térmico del intercambiador de calor 190 de la figura 21 de acuerdo con una forma de realización de la presente invención. Aquí, el intercambiador de calor 190 está interconectado a la pared interior 200 que define la cámara de enfriamiento 188 mediante separadores 220. En particular, los separadores 220 están acoplados con el disipador de calor de lado frío 194 y la pared interior 200 de manera que los separadores 220 aislen física y térmicamente el intercambiador de calor 190 de la cámara de enfriamiento 188 mientras que, al mismo tiempo, monten el intercambiador de calor 190 en el sistema de refrigeración termoeléctrico 184. El aislamiento 222 alrededor del intercambiador de calor 190 aísla térmicamente el intercambiador de calor 190 de la cámara de enfriamiento 188 y la pared exterior 202. Además, de manera similar a la que se ha descrito anteriormente, el bucle de admisión 198 y los bucles de admisión 208 y 210 proporcionan cada uno de los mismos un efecto de diodo

térmico. De forma destacable, en esta forma de realización se prevén dos bucles de admisión, es decir, los bucles de admisión 208 y 210, que proporcionan cada uno de los mismos un efecto de diodo térmico que evita el retorno de la fuga de calor en las cámaras de enfriamiento 186 y 188 correspondientes. De acuerdo con esto, cuando el intercambiador de calor 190 no extrae calor de forma activa de la cámara de enfriamiento 186 o 188, el retorno de la fuga de calor en las cámaras de enfriamiento 186 y 188 no tiene lugar mediante el intercambiador de calor 190.

#### Configuración del disipador de calor

Tal como se ha indicado anteriormente con respecto a la figura 1, el bucle de admisión 114 transfiere el calor extraído de la cámara de enfriamiento 102 al disipador de calor de lado frío 110 y el disipador de calor de lado caliente 108 transfiere el calor extraído al bucle de rechazo 116. La figura 27 es un esquema que ilustra una configuración del disipador de calor de lado frío 110 de acuerdo con una forma de realización de la presente invención. Se deberá observar que, aunque la presente explicación se centra en el disipador de calor de lado frío 110, esta explicación se puede aplicar igualmente a los disipadores de calor de lado frío 194 y 196 y a los disipadores de calor de lado caliente 108 y 192. El disipador de calor de lado frío 110 incluye dos puertos de entrada/salida 226/228 por los que entra y sale el medio de enfriamiento del disipador de calor de lado frío 110 después de la transmisión de calor con la cámara de enfriamiento 102 y/o uno de los TEC activados de la disposición de TEC 120 en el cartucho 112. Específicamente, cuando el medio de enfriamiento entra en los puertos de entrada/salida 226/228, el medio de enfriamiento incluye el calor extraído de la cámara de enfriamiento 102. El calor extraído de la cámara de enfriamiento 102 se transmite al medio de enfriamiento mediante convección, conducción y radiación térmica y, seguidamente, al disipador de calor de lado frío 110 mediante convección, conducción y radiación térmica entre el medio de enfriamiento y el disipador de calor de lado frío 110. El calor extraído seguidamente se transmite a la disposición de TEC 120 mediante aletas 230 dispuestas en el disipador de calor de lado frío 110 a una plancha 232 tal como se muestra con respecto a la figura 28, que está acoplada térmicamente a la disposición de los TEC 120.

Tal como se muestra haciendo referencia a la figura 27, cada una de las aletas 230 presenta una forma alargada y respectivamente se expande en una longitud  $L_1$  a  $L_4$ . Además, tal como se puede apreciar con respecto a la figura 28, las aletas 230 se extienden en una altura  $h$  y están separadas entre sí en una anchura  $w$ . De este modo, cada una de las aletas 230 presenta un área de superficie efectiva para transmitir calor que es una función de la longitud  $L_1$  a  $L_4$  y la altura  $h$ . Se deberá observar que aunque el disipador de calor de lado frío 110 se describe como presentando las aletas 230 con la configuración y las dimensiones indicadas anteriormente, el disipador de calor de lado frío 110 puede prever aletas de cualquier configuración y puede presentar cualquier dimensión dependiendo de las cargas de calor y las limitaciones de espacio. En algunas formas de realización, la configuración y las dimensiones de las aletas 230 pueden ser una función del tipo de medio de enfriamiento utilizado en el bucle de admisión 114 y un diferencial de la temperatura entre la cámara de enfriamiento 102, el intercambiador de calor 104 y una temperatura ambiente. Además, las dimensiones y la configuración de las aletas 230 además pueden ser una función de las presiones de fluido en el bucle de admisión 114 y el bucle de rechazo 116 y cualquier fuga de calor en el sistema de refrigeración termoeléctrico 100.

La figura 29 ilustra otra forma de realización del disipador de calor de lado frío 110 que incluye un disipador de calor 234. En una forma de realización, el sistema de refrigeración termoeléctrico 100 no incluye el bucle de rechazo 116, sino que, en su lugar, prevé el disipador de calor 234, en el que el sistema de refrigeración termoeléctrico 100 incluye un ventilador (que no se muestra) que retira el calor absorbido por el disipador de calor 234 a un entorno exterior al sistema de refrigeración termoeléctrico 100. Además, en una forma de realización adicional de la presente invención, el sistema de refrigeración termoeléctrico 100 puede incluir tanto el disipador de calor 234 como el bucle de rechazo 116, formando de este modo una configuración híbrida en la que tanto el disipador de calor 234 como el bucle de rechazo 116 funcionan para rechazar el calor extraído de la cámara de enfriamiento 102 a un entorno exterior al sistema de refrigeración termoeléctrico 100.

#### Intercambiador de calor disociado

Algunas formas de realización de la presente invención maximizan, o por lo menos incrementan, las capacidades de extracción de calor de un sistema de refrigeración termoeléctrico incrementando el área de superficie disponible de una pared interior de la cámara de enfriamiento y/o el área de superficie disponible de una pared exterior que se puede utilizar para transmitir calor mediante bucles de admisión y de rechazo, respectivamente. En general, estas formas de realización proporcionan un intercambiador de calor que prevé disipadores de calor de lado caliente y de lado frío separados físicamente, o disociados, que están acoplados térmicamente mediante un conducto de calor. En una forma de realización, el cartucho que contiene los TEC está sujeto físicamente al disipador de calor de lado frío, donde el conducto de calor acopla térmicamente un lado caliente de los TEC al disipador de calor de lado caliente. En otra forma de realización, el cartucho que contiene los TEC está sujeto físicamente al disipador de calor de lado caliente, donde el conducto de calor acopla térmicamente el lado frío de los TEC al disipador de calor de lado frío.

A este respecto, la figura 30 ilustra una forma de realización del intercambiador de calor que incluye un conducto de calor 236 que permite la separación física del disipador de calor de lado frío 110 del disipador de calor de lado caliente 108. De acuerdo con algunas formas de realización de la presente invención, el conducto de calor 236

puede ser cualquier dispositivo adecuado para conducir calor entre el disipador de calor de lado frío 110 y el disipador de calor de lado caliente 108. Algunos ejemplos de dispositivos que se podrían utilizar para el conducto de calor 236 incluyen un tubo de calor tradicional, permitiendo dicho tubo de calor el movimiento pasivo de calor en una dirección descendente del disipador de calor de lado frío 110 al disipador de calor de lado caliente 108.

En una forma de realización alternativa, el conducto de calor 236 puede comprender un acoplamiento de convección que trabaje en conjunción con una cámara tipo plenum, con el fin de facilitar la transmisión de calor entre el disipador de calor de lado frío 110 y el disipador de calor de lado caliente 108. Además, en otra forma de realización, el conducto de calor 236 puede incluir un bucle de fluido provisto de un fluido de transmisión de calor en el que una bomba bombea el fluido de transmisión de calor entre el disipador de calor de lado frío 110 y el disipador de calor de lado caliente 108. En una forma de realización en la que el conducto de calor 236 incluye un bucle de fluido, el fluido de transmisión de calor lleva calor desde el disipador de calor de lado frío 110 hasta el disipador de calor de lado caliente 108. Adicionalmente, el conducto de calor 236 puede transmitir calor mediante conducción directa, en la que el conducto de calor 236 transfiere por conducción calor del disipador de calor de lado frío 110 al disipador de calor de lado caliente 108.

El conducto de calor 236 se acopla física y térmicamente al cartucho 112 utilizando cualquier técnica conocida, como una plancha dispersadora, interactuando dicha placa dispersadora con los TEC 120 dispuestos en el cartucho 112. Tal como se ha observado anteriormente, durante el enfriamiento de la cámara de enfriamiento 102, el calor de la cámara de enfriamiento 102 se transmite térmicamente al bucle de admisión 114. A continuación se transmite el calor de dicho bucle de admisión 114 térmicamente a los TEC 120 dispuestos en el cartucho 112, además descrito con anterioridad. El calor se transmite de los TEC 120 al conducto de calor 236 y el conducto de calor 236 transfiere el calor al disipador de calor de lado caliente 108. Además, el conducto de calor 236 se acopla física y térmicamente al disipador de calor de lado caliente 108 utilizando cualquier técnica bien conocida, como un conjunto mecánico 237 en el que el conducto de calor 236 se acopla directamente al disipador de calor de lado caliente 108. Se deberá observar que, en una forma de realización alternativa, el conducto de calor 236 se conecta directamente al disipador de calor de lado caliente 108 de manera que el conjunto mecánico 237 no resulta necesario. Se deberá observar que aunque el cartucho 112 se muestra acoplado térmicamente al disipador de calor de lado frío 110 de manera que el conducto de calor 236 se acople térmicamente con el cartucho 112 y el disipador de calor de lado caliente 108, dicho cartucho 112 se puede acoplar térmicamente con el disipador de calor de lado caliente 108 de manera que el conducto de calor 236 se pueda acoplar térmicamente de forma directa con el disipador de calor de lado frío 110 y el cartucho 112 cuando dicho cartucho 112 esté acoplado con el disipador de calor de lado caliente 108. Se deberá observar que se puede usar cualquier metodología para disociar el disipador de calor de lado frío 110 del disipador de calor de lado caliente 108 pudiendo dicho disipador de calor de lado frío 110 y dicho disipador de calor de lado caliente 108 estar acoplados térmicamente entre sí. Por ejemplo, el disipador de calor de lado frío 110 y el disipador de calor de lado caliente 108 pueden acoplarse por conducción y por convección entre sí. Además, el disipador de calor de lado frío 110 y el disipador de calor de lado caliente 108 se pueden acoplar térmicamente utilizando un bucle bombeado o se pueden acoplar por radiación entre sí.

La figura 31 es un esquema que ilustra el flujo de calor para el intercambiador de calor 104 de la figura 30 de acuerdo con una forma de realización de la presente invención. En particular, el calor se extrae de la cámara de enfriamiento 102 tal como se indica mediante  $Q_{ACCEPTIN}$  y a continuación se transmite al conducto de calor 236 tal como se indica mediante  $Q_{ACCEPTOUT}$ . El conducto de calor 236 transfiere entonces el calor al bucle de rechazo 116 tal como se indica mediante  $Q_{REJECTIN}$ , donde el calor se expulsa finalmente a un entorno exterior a la cámara de enfriamiento 102, tal como se muestra mediante  $Q_{REJECTOUT}$ .

En algunas formas de realización en las que el conducto de calor 236 separa el disipador de calor de lado frío 110 del disipador de calor de lado caliente 108, dicho disipador de calor de lado frío 110 se aleja de dicho disipador de calor de lado caliente 108 de manera que, en una forma de realización, el disipador de calor de lado frío 110 esté en una porción superior del sistema de refrigeración termoeléctrico 100 y el disipador de calor de lado caliente 108 esté en una porción inferior del sistema de refrigeración termoeléctrico 100, tal como se muestra con referencia a las figuras 32 y 33. En algunas formas de realización en las que el disipador de calor de lado frío 110 se dispone en una porción superior del sistema de refrigeración termoeléctrico 100, un bucle de admisión 238 puede envolver un área de superficie mayor de la cámara de enfriamiento 102 de manera que tenga lugar una mayor cantidad de transmisión de calor entre la cámara de enfriamiento 102 y el medio de enfriamiento en el bucle de admisión 238 gracias a la mayor área de superficie entre la cámara de enfriamiento 102 y el bucle de admisión 238. Más específicamente, como el bucle de admisión 238 se comunica térmicamente con una porción mayor de la cámara de enfriamiento 102, dicho bucle de admisión 238 puede facilitar la extracción de una mayor cantidad de calor, incrementando de este modo la eficiencia de calentamiento general de un dispositivo que aplique el bucle de admisión 238.

Además, en formas de realización en las que el disipador de calor de lado caliente 108 se dispone en una porción inferior del sistema de refrigeración termoeléctrico 100, se puede extender un bucle de rechazo 240 desde la porción inferior del sistema de refrigeración termoeléctrico 100 hasta la porción superior del sistema de refrigeración termoeléctrico 100 tal como se muestra con respecto a las figuras 32 y 33 de manera que el bucle de rechazo 240 presente una cantidad de área de superficie mayor expuesta al entorno exterior a la cámara de enfriamiento 102. En

este punto, otra vez puede tener lugar una cantidad mayor de transmisión de calor entre el bucle de rechazo 240 y el entorno exterior a la cámara de enfriamiento 102, gracias a la cantidad mayor de área de superficie entre el bucle de rechazo 240 y el entorno que es exterior a la cámara de enfriamiento 102. Se deberá observar que aunque las figuras 32 y 33 ilustran el disipador de calor de lado frío 110 dispuesto en la porción superior en el sistema de refrigeración termoeléctrico 100 y el disipador de calor de lado caliente 108 dispuesto en la porción inferior en el sistema de refrigeración termoeléctrico 100, en algunas formas de realización que incluyen el conducto de calor 236, el disipador de calor de lado frío 110 se puede disponer en cualquier ubicación en el sistema de refrigeración termoeléctrico 100 y el disipador de calor de lado caliente 108 se puede disponer en cualquier ubicación en el sistema de refrigeración termoeléctrico 100, siendo la distancia entre el disipador de calor de lado frío 110 y el disipador de calor de lado caliente 108 maximizada con respecto a las dimensiones físicas de un dispositivo que ponga en práctica las formas de realización de la presente invención. Con respecto al conducto de calor 236, aunque el conducto de calor 236 se ha mostrado y descrito con referencia al sistema de refrigeración termoeléctrico 100, dicho conducto de calor 236 además se puede utilizar con el sistema de refrigeración termoeléctrico 184, en el que el conducto de calor 236 se acople térmicamente entre el disipador de calor de lado frío 196 y el disipador de calor de lado caliente 192, de manera que los disipadores de calor de lado frío 194 y 196 se dispongan en un primer lado del sistema de refrigeración termoeléctrico 184 (es decir, cerca de una porción superior del sistema de refrigeración termoeléctrico 184) y el disipador de calor de lado caliente 192 se disponga en un segundo lado del sistema de refrigeración termoeléctrico 184 (es decir, cerca de la parte inferior del sistema de refrigeración termoeléctrico 184) opuesto al primer lado.

#### Montaje del intercambiador de calor de dos fases

Tradicionalmente, los intercambiadores de calor se montan verticalmente para proporcionar una velocidad de fluido máxima en los sistemas de intercambio de calor de dos fases por gravedad. Sin embargo, la configuración vertical genera una gradiente térmica horizontal entre las superficies de admisión o evacuación de la bomba de calor y las superficies restantes más alejadas del intercambiador de calor. Los inventores han encontrado que, montando el intercambiador de calor en un ángulo alejado de la vertical, se pueden minimizar las gradientes, maximizando así la eficiencia para un área de superficie y una concepción del sistema dadas.

Las figuras 34 a 37B se refieren al montaje de un intercambiador de calor de dos fases 242 en un sistema termoeléctrico según las formas de realización de la presente invención. El sistema termoeléctrico en el que el intercambiador de calor de dos fases 242 se monta puede ser un sistema de refrigeración termoeléctrico igual o similar al que se ha descrito anteriormente o algún otro tipo de sistema termoeléctrico (por ejemplo, un generador de energía termoeléctrico). Tal como se ilustra en la figura 34, el intercambiador de calor de dos fases 242 incluye un disipador de calor de lado caliente 244, un disipador de calor de lado frío 246 y uno o más TEC 248 dispuestos entre los mismos. Más específicamente, los TEC 248 están dispuestos de manera que los lados calientes de los TEC 248 se acoplen física y térmicamente a un dispersador de calor 250, siendo dicho dispersador de calor 250 bien parte del disipador de calor de lado caliente 244 o estando acoplado física y térmicamente al disipador de calor de lado caliente 244. De un modo similar, los lados fríos de los TEC 248 están acoplados física y térmicamente a un dispersador de calor 252, siendo dicho dispersador de calor 252 bien parte del disipador de calor de lado frío 246 o estando física y térmicamente acoplado al disipador de calor de lado frío 246.

El disipador de calor de lado caliente 244 incluye una cámara 254 que prevé un puerto de entrada 256. En esta forma de realización, se conecta un tubo de entrada 258 al puerto de entrada 256. El tubo de entrada 258 se puede acoplar a cualquier mecanismo de intercambio de calor adecuado. En una forma de realización, el tubo de entrada 258 se acopla a un bucle de rechazo que funciona según los principios de termosifón como, por ejemplo, las formas de realización de un bucle de rechazo descrito anteriormente. La cámara 254 se llena con un fluido de trabajo 260. En funcionamiento, cuando los TEC 248 están activos, los lados calientes de los TEC 248 evaporan el fluido de trabajo 260 y el fluido de trabajo evaporado se transporta hacia arriba hasta el puerto de entrada 256 en el tubo de entrada 258 gracias a las fuerzas de flotación. Después de pasar por el tubo de entrada 258, el fluido de trabajo evaporado se condensa y el fluido de trabajo condensado retorna a la cámara 254 del disipador de calor de lado caliente 244 por el tubo de entrada 258 y el puerto de entrada 256 gracias a las fuerzas de gravedad.

De un modo similar, el disipador de calor de lado frío 246 incluye una cámara 262 que prevé un puerto de entrada 264. En esta forma de realización, se conecta un tubo de entrada 266 al puerto de entrada 264. Dicho tubo de entrada 266 se puede acoplar a cualquier mecanismo de intercambio de calor adecuado. En una forma de realización, el tubo de entrada 266 está acoplado a un bucle de admisión que funciona según los principios del termosifón, como por ejemplo, las formas de realización de un bucle de admisión descrito anteriormente. En funcionamiento, cuando los TEC 248 están activos, los lados fríos de los TEC 248 condensan un fluido de trabajo en la cámara 262. Dicho fluido de trabajo condensado fluye a continuación desde la cámara 262 por el puerto de entrada 264 en el tubo de entrada 266 gracias a las fuerzas de gravedad. Después de pasar por el tubo de entrada 266, el fluido de trabajo condensado se evapora y el fluido de trabajo evaporado resultante retorna a la cámara 262 del disipador de calor de lado frío 246 por el tubo de entrada 266 y el puerto de entrada 264 gracias a las fuerzas de flotación.

Tal como se ha ilustrado, el intercambiador de calor de dos fases 242 se monta en un ángulo ( $\alpha$ ) con respecto a la

vertical. En primer lugar, se selecciona el ángulo ( $\alpha$ ) para asegurar que el fluido de trabajo 260 en la cámara 254 del disipador de calor de lado caliente 244 se fuerza para que incida directamente en una región de flujo de calor máximo 268 en una pared de la cámara 254 adyacente al dispersador de calor 250 y los lados calientes de los TEC 248. Más específicamente, el ángulo ( $\alpha$ ) se selecciona de manera que, cuando los TEC 248 están activos, un nivel de fluido de trabajo 270 en la cámara 254 (es decir, el nivel del fluido de trabajo 260 en la cámara 254) se encuentra en o ligeramente sobre la parte superior de la región de flujo de calor máxima 268. Con ello, el fluido de trabajo 260 se fuerza a incidir directamente en la totalidad de la región de flujo máximo 268, que a su vez mejora la eficiencia del intercambiador de calor de dos fases 242. Dicho de otro modo, seleccionando el ángulo ( $\alpha$ ) de manera que el nivel de fluido de trabajo 270 se encuentre en o sobre la parte superior de la región de flujo de calor máximo 268, se incrementa un área de superficie de dicha región de flujo de calor máximo 268 que está en contacto térmico con el fluido de trabajo 260, lo que a su vez permite una transmisión de calor más eficiente desde los lados calientes de los TEC 248 al fluido de trabajo 260. Por comparación, si el intercambiador de calor de dos fases 242 se montara verticalmente, para la misma cantidad de fluido de trabajo, el nivel de fluido de trabajo 270 en la cámara 254 caería bastante por debajo de la parte superior de la región de flujo de calor máximo 268 que, a su vez, reduciría el área de superficie de la región de flujo de calor máxima 268 que está en contacto con el fluido de trabajo 260 y, así, la eficiencia de la transmisión de calor desde los lados calientes de los TEC 248 al fluido de trabajo 260.

Seleccionando el ángulo ( $\alpha$ ) de manera que el nivel de fluido de trabajo 270 se encuentre en o sobre la parte superior de la región de flujo de calor máximo 268 además se separa el flujo del fluido de trabajo condensado del fluido de trabajo evaporado. Más específicamente, tal como se ilustra, entran gotas del fluido de trabajo condensado en la cámara 254 del disipador de calor de lado caliente 244 por el puerto de entrada 256. Gracias al ángulo ( $\alpha$ ) en el que se monta el intercambiador de calor de dos fases 242, las gotas del fluido de trabajo condensado caen por gravedad de manera que entran por la mitad inferior del puerto de entrada 256 y, a continuación, fluyen hacia abajo por la pared de la cámara 254 adyacente al dispersador de calor 250 y los TEC 248. Al contrario, el fluido de trabajo evaporado fluye hacia arriba gracias a las fuerzas de flotación y por una mitad superior del puerto de entrada 256. De esta manera, se separan el flujo del fluido de trabajo condensado y el fluido de trabajo evaporado.

Además, el ángulo ( $\alpha$ ) además se selecciona para asegurar que se fuerza el fluido de trabajo evaporado en la cámara 262 del disipador de calor de lado frío 246 a incidir directamente en una región de flujo de calor máximo 272 sobre una pared de la cámara 262 adyacente al dispersador de calor 252 y los lados fríos de los TEC 248. Más específicamente, debido al ángulo ( $\alpha$ ), las fuerzas de gravedad provocan que las gotas del fluido de trabajo condensado caigan de la superficie de la pared de la cámara 262 adyacente al dispersador de calor 252 y los TEC 248 a la pared opuesta de la cámara 262. A continuación, dichas gotas fluyen por una mitad inferior del puerto de entrada 264 y en el tubo de entrada 266. Al contrario, el fluido de trabajo evaporado entra en la cámara 262 por una mitad superior del puerto de entrada 264 y fluye hacia arriba a la región de flujo de calor máximo 272. Debido a que las gotas del fluido de trabajo condensado caen de la superficie de la pared de la cámara 262, el fluido de trabajo evaporado puede incidir directamente en la región de flujo de calor máximo 272 que, a su vez, mejora la eficiencia de la transmisión de calor del lado frío de los TEC 248 al fluido de trabajo evaporado.

El valor óptimo del ángulo ( $\alpha$ ) depende de varios parámetros que incluyen una geometría del intercambiador de calor de dos fases 242 (por ejemplo, una razón de altura con respecto a anchura del intercambiador de calor de dos fases 242), la ubicación de los TEC 248 en el intercambiador de calor de dos fases 242, la construcción de los dispersadores de calor 250 y 252, la ubicación y la orientación de los puertos de entrada 258 y 264 y los tubos de entrada 258 y 266, así como la geometría de cualquier característica del área de superficie extendida presente en el intercambiador de calor de dos fases 242. Cada aplicación particular del intercambiador de calor de dos fases 242 dispondría de su propio valor óptimo del ángulo ( $\alpha$ ). En una forma de realización, el ángulo ( $\alpha$ ) se encuentra en un rango entre 2 grados y 88 grados, ambos inclusive. En otra forma de realización, el ángulo ( $\alpha$ ) se encuentra en un rango entre 6 grados y 84 grados, ambos inclusive. Todavía en otra forma de realización, el ángulo ( $\alpha$ ) se encuentra en un ángulo entre 12 grados y 78 grados, ambos inclusive.

La figura 35 ilustra un ejemplo particular del intercambiador de calor de dos fases 242 de la figura 34. En este ejemplo, la altura de dicho intercambiador de calor de dos fases 242 es de 75 milímetros (mm) y la separación entre el disipador de calor de lado caliente 244 y el disipador de calor de lado frío 246 es de 10 mm. En este ejemplo, el valor óptimo del ángulo ( $\alpha$ ) es de 29 grados. Se deberá observar que este ejemplo además ilustra los puertos roscados 274 y 276 y los espaciadores 275 por los que se pueden roscar los tornillos 278 para sujetar físicamente el disipador de calor de lado caliente 244 y el disipador de calor de lado frío 246. Además, tal como se ha explicado anteriormente, los tornillos 278 se pueden utilizar para montar el intercambiador de calor de dos fases 242 a un sistema termoelectrónico de manera que se mantenga el ángulo ( $\alpha$ ) deseado con respecto a la vertical.

Los TEC, como los TEC 248, son susceptibles a la degradación del rendimiento y a daños debidos a la formación de condensado de vapor en las patas conductoras del conjunto de módulo. Debido a esto, a menudo se impregna un TEC(s) con un material de sellado alrededor del perímetro de los TEC(s). Esta impregnación introduce un cortocircuito térmico de los TEC(s) que reduce el rendimiento y la eficiencia de dichos TEC(s). La figura 36A ilustra una forma de realización del intercambiador de calor de dos fases 242 que proporciona aislamiento y protección ante la formación de condensado de vapor en los TEC(s) 248 que, a su vez, mejora el rendimiento, la capacidad de bombeo de calor y la eficiencia del intercambiador de calor de dos fases 242 al mismo tiempo que simplifica la

fabricación y reduce los costes. Se deberá observar que los conceptos de la figura 36A no están limitados a su uso con el intercambiador de calor de dos fases 242. Al contrario, dichos conceptos de la figura 36A se pueden aplicar a cualquier intercambiador de calor termoeléctrico.

- 5 Tal como se ilustra en la figura 36A, el intercambiador de calor de dos fases 242 está encapsulado en una matriz impermeable adecuada 280 como por ejemplo una matriz aislante de espuma expandida. En esta forma de realización, el intercambiador de calor de dos fases 242 está encapsulado de manera que dicho intercambiador de calor de dos fases 242 se mantenga en el ángulo ( $\alpha$ ) en la matriz impermeable 280. Además, en esta forma de realización, se forma un pequeño bolsillo 282 de aire o gas de conductividad baja similar o un espacio vacío
- 10 alrededor de los TEC(s) 248. La matriz impermeable 280 elimina la necesidad de impregnar los TEC(s) 248 para minimizar la oxidación y los daños de la condensación de vapor. En particular, el asilamiento proporcionado por la matriz impermeable 280 elimina la formación de condensado de vapor en los TEC(s) 248 y, por ello, elimina la necesidad de impregnar dichos TEC(s) 248 y permite el rendimiento máximo con un retorno de fuga térmica mínimo.
- 15 La figura 36B ilustra una forma de realización en la que el intercambiador de calor de dos fases 242 está encapsulado en la matriz impermeable 280 de manera que, con respecto a la estructura encapsulada, el intercambiador de calor de dos fases 242 es vertical. En esta forma de realización, el intercambiador de calor de dos fases 242 se monta utilizando una estructura de sujeción 284 correspondiente que proporciona el ángulo ( $\alpha$ ) deseado con respecto a la vertical. La estructura de sujeción 284 preferentemente está aislada térmicamente (por ejemplo está realizada en un material de plástico aislante térmicamente).
- 20

La figura 37A ilustra el intercambiador de calor de dos fases encapsulado 242 de la figura 36A montado en una pared 285 de un sistema termoeléctrico (por ejemplo, una pared interior de un sistema de refrigeración termoeléctrico) de acuerdo con una forma de realización de la presente invención. El intercambiador de calor de dos fases encapsulado 242 se puede montar en la pared 285 utilizando cualquier mecanismo adecuado. Por ejemplo, los tornillos 278 se podrían extender desde dicho intercambiador de calor de dos fases encapsulado 242 y en la pared 285 o una plancha de sujeción en la pared 285. Sin embargo, una vez más, se puede utilizar cualquier mecanismo adecuado para sujetar el intercambiador de calor de dos fases encapsulado 242 a la pared 285.

25

30 La figura 37B ilustra una forma de realización del intercambiador de calor de dos fases encapsulado 242 de la figura 36B, en el que dicho intercambiador de calor de dos fases encapsulado 242 se monta en la pared 285 de un sistema termoeléctrico (por ejemplo, en una pared interior de un sistema de refrigeración termoeléctrico), de manera que se mantenga el ángulo ( $\alpha$ ) con respecto a la vertical. Tal como se ilustra, el intercambiador de calor de dos fases encapsulado 242 se monta al sistema termoeléctrico mediante la estructura de sujeción 284 que mantiene la orientación relativa de dicho intercambiador de calor de dos fases encapsulado 242 (es decir, la estructura de sujeción 284 mantiene el ángulo ( $\alpha$ ) con respecto a la vertical). En una forma de realización, la estructura de sujeción 284 es una estructura de sujeción aislante térmicamente 284 formada en un material adecuado como, por ejemplo, un material plástico aislante térmicamente. La estructura de sujeción 284 puede estar separada de o integrada en el intercambiador de calor de dos fases encapsulado 242. Por ejemplo, en una forma de realización, el intercambiador de calor de dos fases encapsulado 242 está atornillado a la estructura de sujeción 284, estando dicha estructura de sujeción 284 sujeta a o integrada en la pared adecuada del sistema termoeléctrico. Como otro ejemplo, la estructura de sujeción 284 se puede sujetar al intercambiador de calor de dos fases encapsulado 242 y encapsular, por lo menos parcialmente, mediante la matriz impermeable 280. Dicha estructura de sujeción 284, a continuación, se atornilla, o se sujeta de otro modo, a la pared 285 del sistema termoeléctrico, de manera que se mantenga el ángulo ( $\alpha$ ) deseado con respecto a la vertical.

35

40

45

La figura 38 es un diagrama de bloques del controlador 106 de acuerdo con una forma de realización de la presente invención. La explicación se puede aplicar igualmente al controlador 212. En esta forma de realización, el controlador 106 incluye un procesador de hardware 286 y una memoria 288 asociada con dicho procesador de hardware 286. En una forma de realización, la memoria 288 almacena instrucciones que permiten que el procesador de hardware 286 lleve a cabo las operaciones indicadas anteriormente de acuerdo con las distintas formas de realización de la presente invención.

50

Se deberá observar que, aunque se han descrito los sistemas de refrigeración termoeléctricos 100 y 184 haciendo referencia al enfriamiento de las cámaras de enfriamiento 102 y 196, dichos sistemas de refrigeración termoeléctricos 100 y 184 además se podrían utilizar para la recuperación de calor/generación de energía cuando se invierte el funcionamiento de los TEC 120 de manera que, en lugar de tomar calor de un medio de enfriamiento en los bucles de admisión 114, 202 y 204, los TEC 120 estén provistos de calor con el fin de generar corriente por dichos TEC 120. Más específicamente, los sistemas de TEC que se dan a conocer con referencia a los sistemas de refrigeración termoeléctricos 100 y 184 son procesos termodinámicos completamente reversibles según se define por los procesos Peltier y Seebeck, de manera que los sistemas de refrigeración termoeléctricos 100 y 184 descritos anteriormente se podrían utilizar para aplicaciones de recuperación de calor/generación de energía. Además, se deberá observar que aunque los procesos explicados anteriormente se han descrito haciendo referencia al sistema de refrigeración termoeléctrico 100, además se podrían utilizar con el sistema de refrigeración termoeléctrico 184. Así, los procedimientos detallados anteriormente con respecto a las figuras 17 a 19 se podrían utilizar con el sistema de refrigeración termoeléctrico 184.

55

60

65

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Procedimiento para controlar un intercambiador de calor (104), que comprende una pluralidad de refrigeradores termoeléctricos, TEC, (120) para mantener una temperatura de consigna de una cámara (102), comprendiendo el procedimiento:
- recibir (1000) unos datos de temperatura indicativos de una temperatura de la cámara; y
- 10 controlar de manera selectiva (1002) dos o más subconjuntos de TEC en la pluralidad de TEC basándose en la temperatura de la cámara;
- caracterizado por que el control selectivo de los dos o más subconjuntos de TEC comprende el funcionamiento de cada TEC en un primer subconjunto de TEC de entre la pluralidad de TEC en o cerca de  $Q_{COPmax}$  cuando la
- 15 temperatura de la cámara se encuentra dentro de un rango de estado estable que incluye la temperatura de consigna.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que cada subconjunto de TEC incluye uno o más TEC diferentes de la pluralidad de TEC.
- 20 3. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que cada TEC en la pluralidad de TEC es un dispositivo termoeléctrico de película fina.
4. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que el control selectivo de dos o más subconjuntos de TEC basándose en la temperatura de la cámara además comprende:
- 25 activar el primer subconjunto de TEC de entre la pluralidad de TEC cuando la temperatura de la cámara se encuentra dentro del rango de estado estable que incluye la temperatura de consigna; y
- mantener un segundo subconjunto de TEC de entre la pluralidad de TEC en un estado inactivo de manera que
- 30 cada TEC en el segundo subconjunto de TEC esté durmiente cuando la temperatura de la cámara se encuentra dentro del rango de estado estable.
5. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que el control selectivo de los dos o más subconjuntos de TEC además comprende:
- 35 determinar (1102) si la temperatura de la cámara excede un umbral superior del rango de estado estable.
6. Procedimiento según la reivindicación 5, en el que el control selectivo de los dos o más subconjuntos de TEC además comprende:
- 40 en respuesta a la determinación de que la temperatura de la cámara excede el umbral superior del rango de estado estable, incrementar (1110) un ciclo de trabajo del primer subconjunto de TEC;
- en respuesta a la determinación de que la temperatura de la cámara excede el umbral superior del rango de
- 45 estado estable, incrementar (1110) una corriente proporcionada al primer subconjunto de TEC;
- en respuesta a la determinación de que la temperatura de la cámara excede el umbral superior del rango de estado estable, activar (1110) un segundo subconjunto de TEC de entre la pluralidad de TEC; o
- 50 en respuesta a la determinación de que la temperatura de la cámara excede el umbral superior del rango de estado estable, activar (1110) uno o más subconjuntos adicionales de TEC de entre la pluralidad de TEC, incluyendo preferentemente la activación de uno o más subconjuntos adicionales de TEC para que funcionen a  $Q_{COPmax}$ , preferentemente incrementando (1110) una capacidad de uno o más subconjuntos adicionales de TEC de  $Q_{COPmax}$  a un valor superior o igual a  $Q_{max}$ .
- 55 7. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que el intercambiador de calor además incluye una segunda pluralidad de TEC y el procedimiento además comprende:
- controlar de forma selectiva dos o más subconjuntos de TEC en la segunda pluralidad de TEC
- 60 independientemente de los dos o más subconjuntos de TEC en la pluralidad de TEC.
8. Procedimiento según la reivindicación 7, en el que el control selectivo de los dos o más subconjuntos en la segunda pluralidad de TEC comprende:
- 65 activar (1110) por lo menos uno de entre los dos o más subconjuntos de TEC en la segunda pluralidad de TEC cuando la temperatura de la cámara exceda un umbral superior del rango de estado estable que incluye la

temperatura de consigna.

9. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que el control selectivo de los dos o más subconjuntos de TEC además comprende:

5 determinar (1104) si la temperatura de la cámara es menor que un umbral inferior del rango de estado estable que incluye la temperatura de consigna, incluyendo preferentemente la disminución (1106) de una corriente proporcionada por lo menos a un subconjunto de entre los dos o más subconjuntos de TEC en respuesta a la determinación de que la temperatura de la cámara es menor que el umbral inferior del rango de estado estable.

10. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que el control selectivo de dos o más subconjuntos de TEC además comprende:

15 determinar (1112) si la temperatura de la cámara excede una temperatura admisible máxima para la cámara, incluyendo preferentemente la determinación de si una temperatura en un lado de rechazo del intercambiador de calor excede una temperatura admisible máxima para el lado de rechazo del intercambiador de calor.

11. Procedimiento según la reivindicación 10, en el que el control selectivo de los dos o más subconjuntos de TEC además comprende:

20 reducir (1114) una corriente proporcionada a por lo menos uno de entre los dos o más subconjuntos de TEC cuando la temperatura de la cámara excede la temperatura admisible máxima para la cámara y la temperatura en el lado de rechazo del intercambiador de calor excede la temperatura admisible máxima para el lado de rechazo del intercambiador de calor;

25 desactivar (1114) por lo menos uno de entre los dos o más subconjuntos de TEC cuando la temperatura de la cámara exceda la temperatura admisible máxima para la cámara y la temperatura en el lado de rechazo del intercambiador de calor exceda la temperatura admisible máxima para el lado de rechazo del intercambiador de calor; o

30 en respuesta a la determinación de que la temperatura de la cámara es superior a la temperatura admisible máxima para la cámara y a la determinación de que la temperatura en el lado de rechazo del intercambiador de calor es inferior a la temperatura admisible máxima para el lado de rechazo del intercambiador de calor:

35 incrementar una corriente proporcionada a por lo menos uno de entre los dos o más subconjuntos de TEC hasta  $I_{max}$ ; y

40 activar (1116) por lo menos un subconjunto de entre los dos o más subconjuntos de TEC que anteriormente estaba desactivado, incluyendo preferentemente proporcionar la corriente, hasta  $I_{max}$ , a dicho por lo menos un subconjunto de los dos o más subconjuntos de TEC.

12. Procedimiento según la reivindicación 1, que además comprende:

45 determinar (1112) que una temperatura en un lado de rechazo del intercambiador de calor excede una temperatura admisible máxima para el lado de rechazo del intercambiador de calor;

50 en el que el control selectivo de los dos o más subconjuntos de TEC además comprende controlar los dos o más subconjuntos de TEC para reducir la temperatura en el lado de rechazo del intercambiador de calor en respuesta a la determinación de que la temperatura en el lado de rechazo del intercambiador de calor excede la temperatura admisible máxima para el lado de rechazo del intercambiador de calor.

13. Procedimiento según la reivindicación 12, en el que el control de los dos o más subconjuntos de TEC para reducir la temperatura en el lado de rechazo del intercambiador de calor comprende:

55 desactivar por lo menos uno de entre los dos o más subconjuntos de TEC.

14. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la cámara es una cámara de enfriamiento (102).

15. Sistema de refrigeración (100) que comprende:

60 un intercambiador de calor (104) que comprende una pluralidad de enfriadores termoeléctricos, TEC, (120); y

un controlador (106) asociado con la pluralidad de TEC, estando el controlador configurado para:

65 recibir (1000) unos datos de temperatura ( $T_{ch}$ ) indicativos de una temperatura de una cámara; y caracterizado por que el controlador

- 5 controla de manera selectiva (1002) dos o más subconjuntos de TEC en la pluralidad de TEC basándose en la temperatura de la cámara de manera que cada TEC en un primer subconjunto de TEC de entre los dos o más subconjuntos de TEC funcione en o cerca de  $Q_{COPmax}$  cuando la temperatura de la cámara se encuentre dentro un rango de estado estable que incluya una temperatura de consigna.

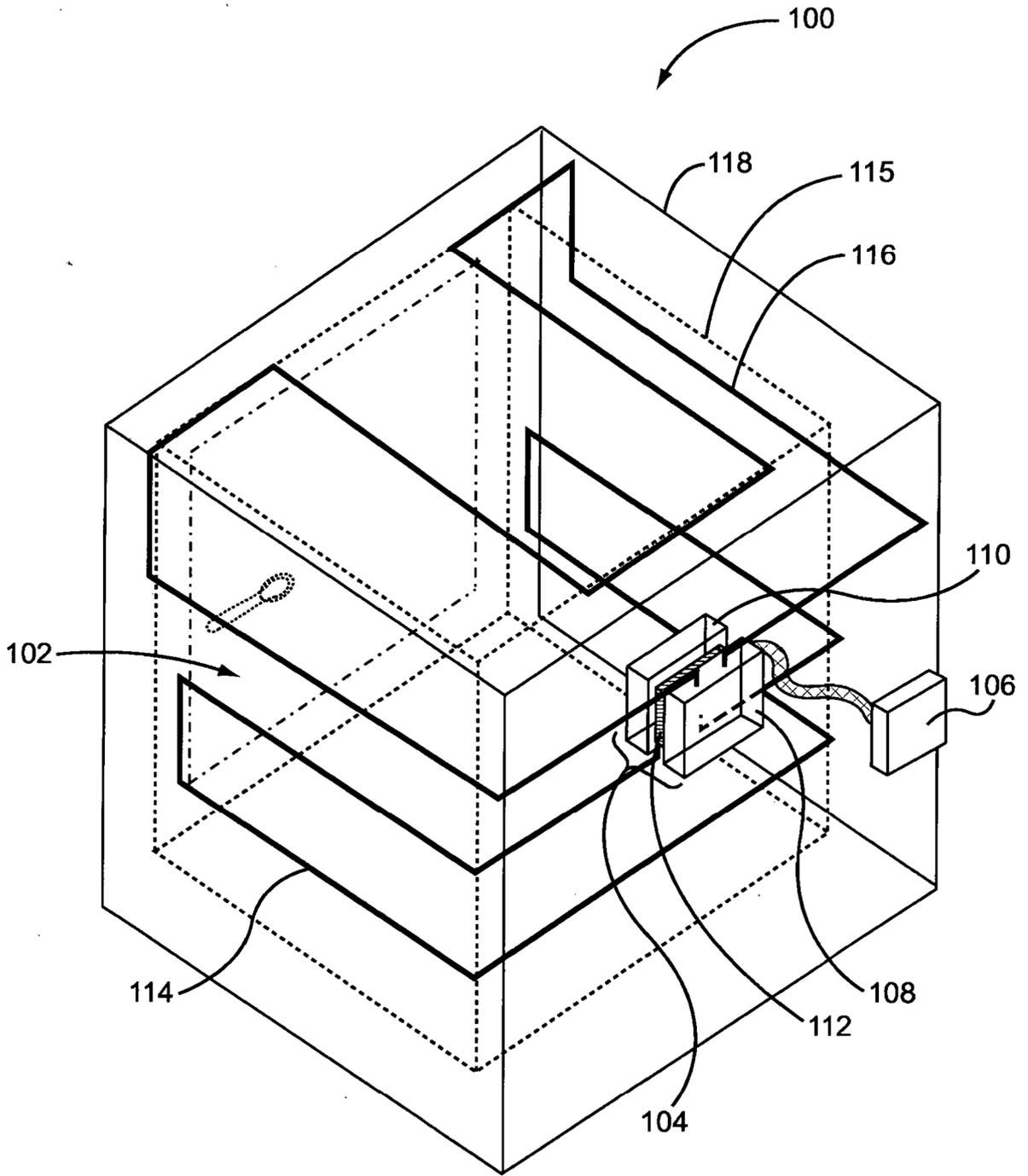


Figura 1

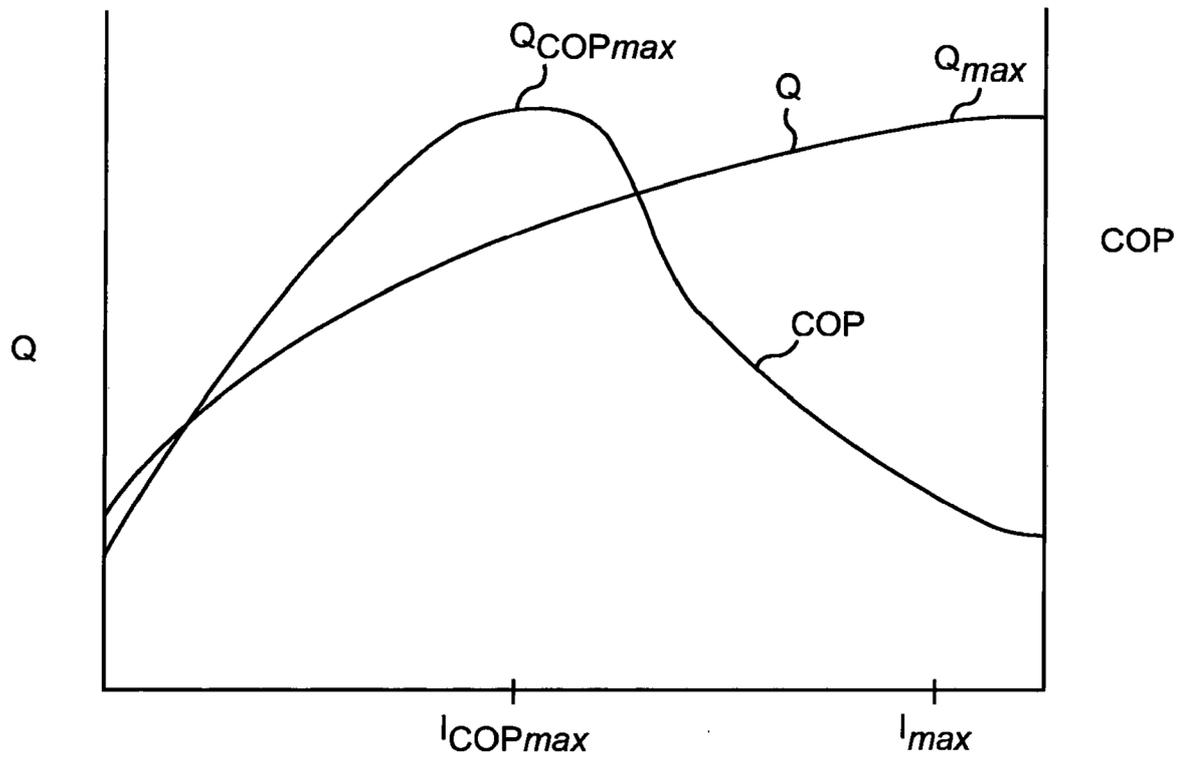


Figura 2

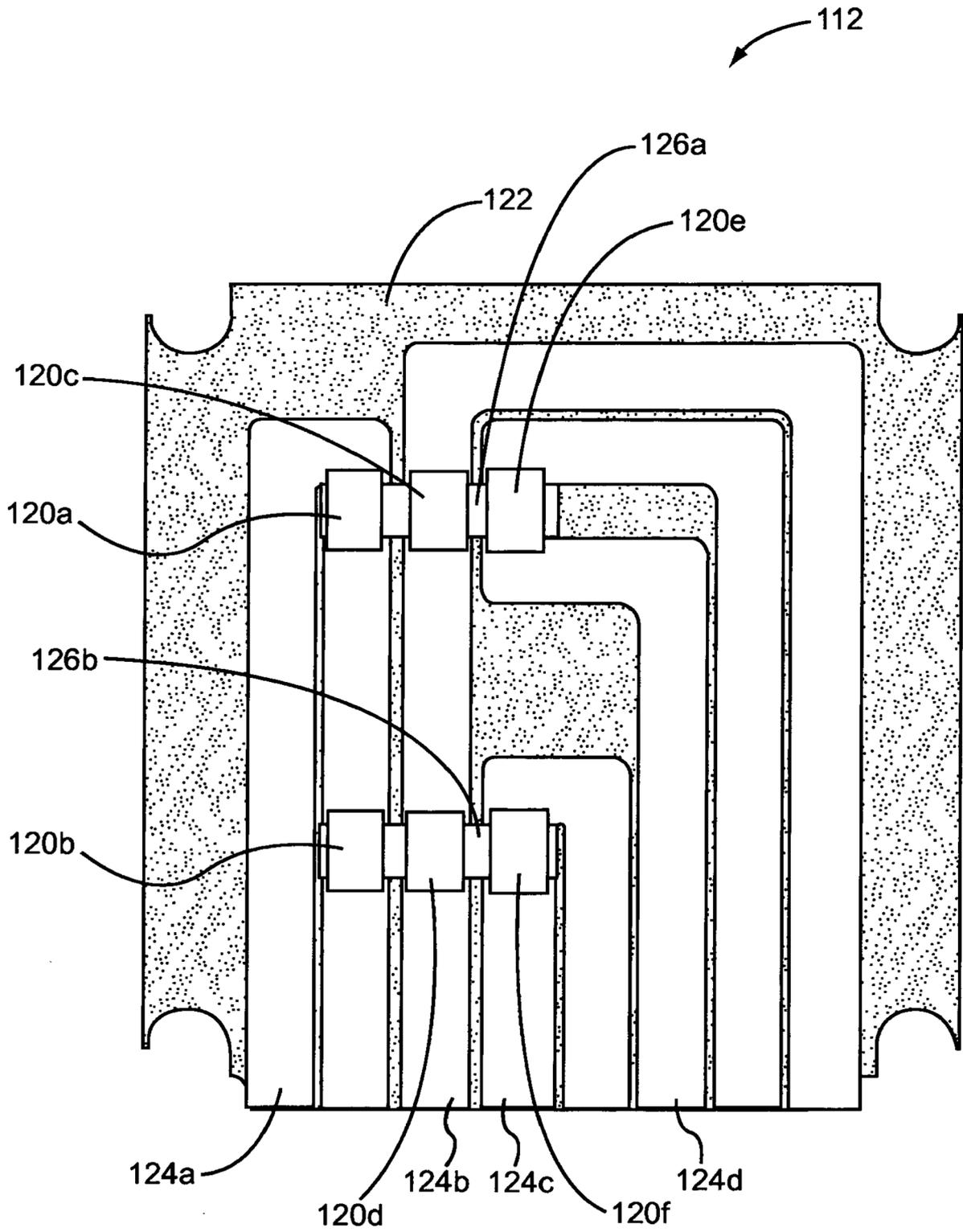


Figura 3

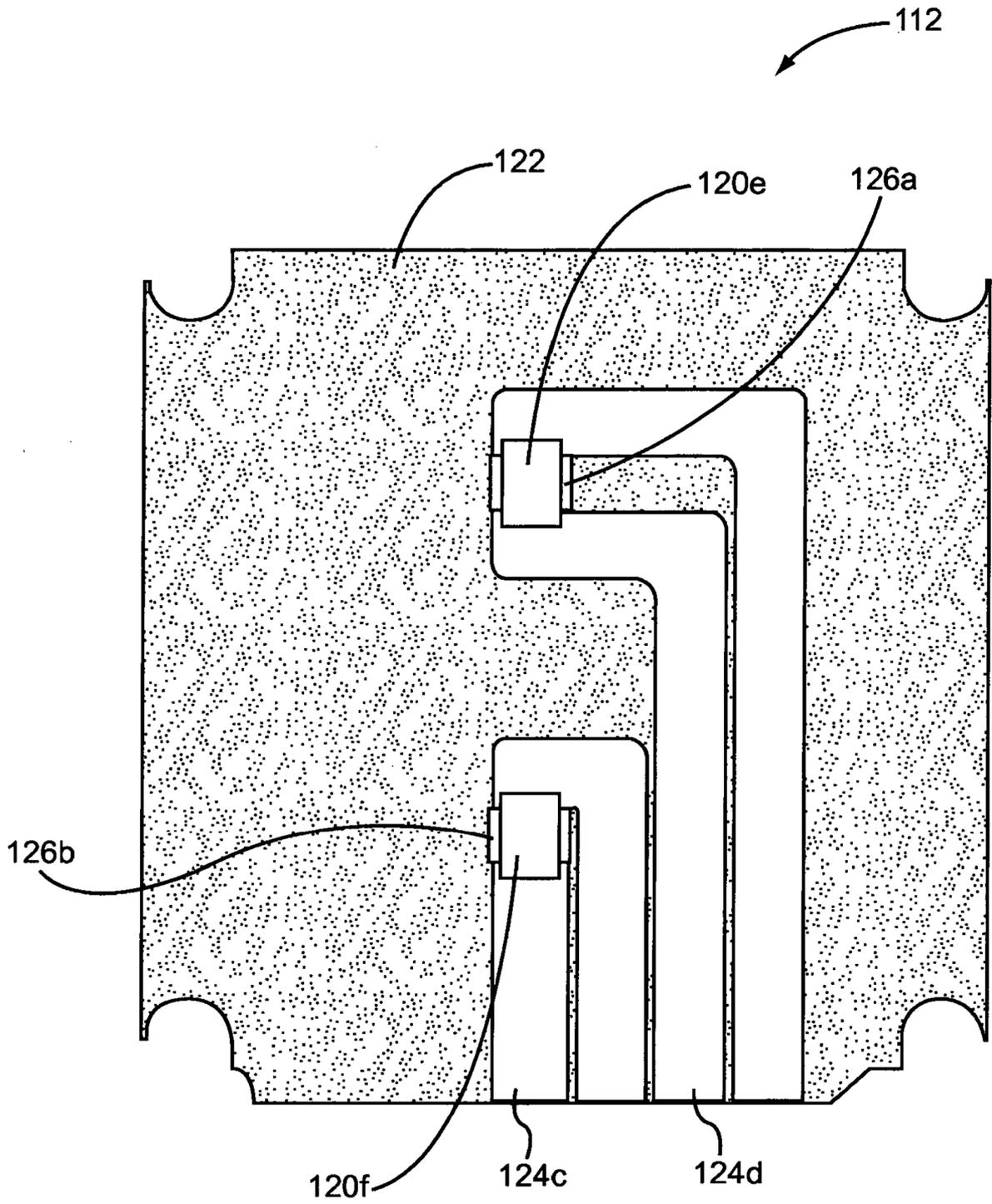


Figura 4

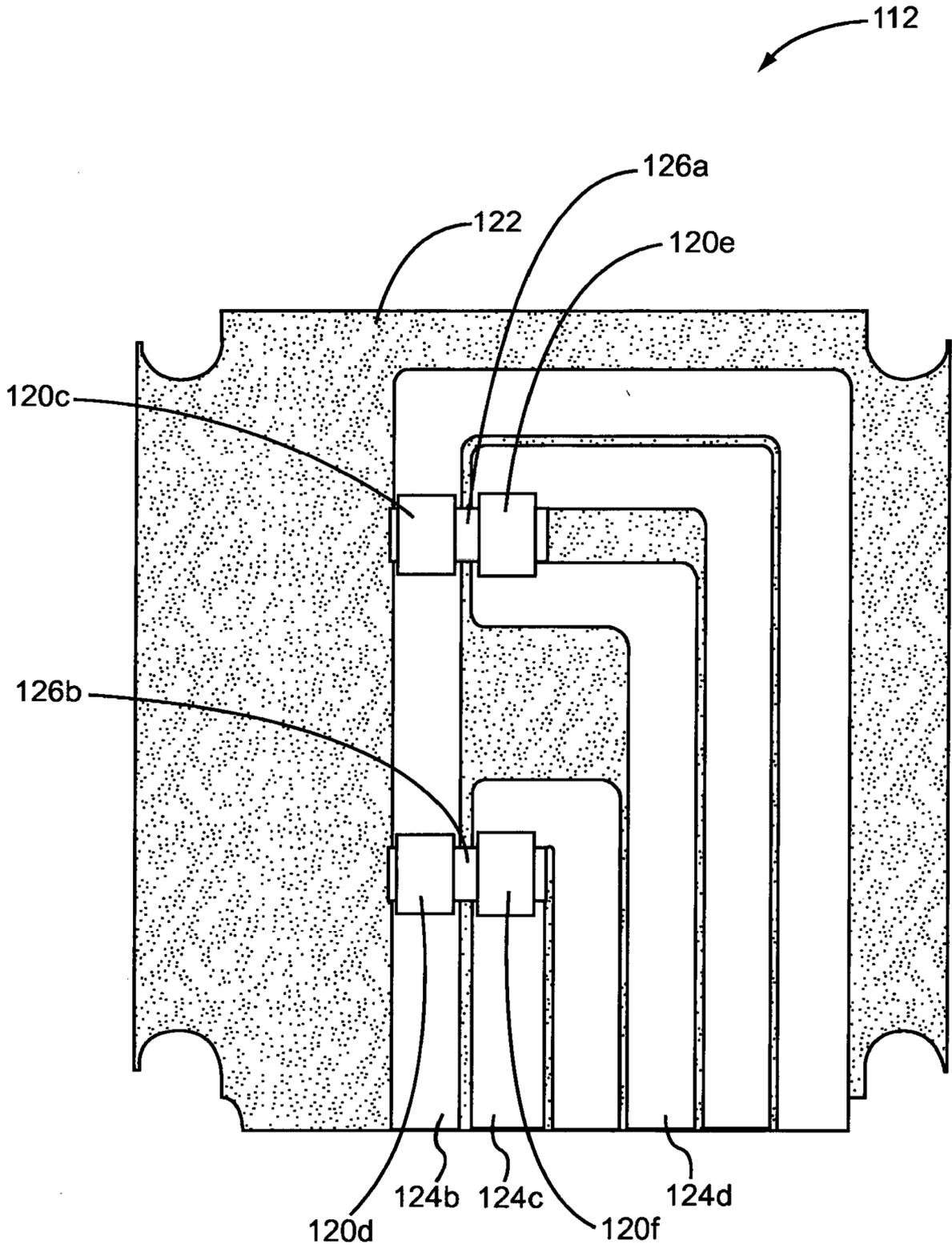


Figura 5

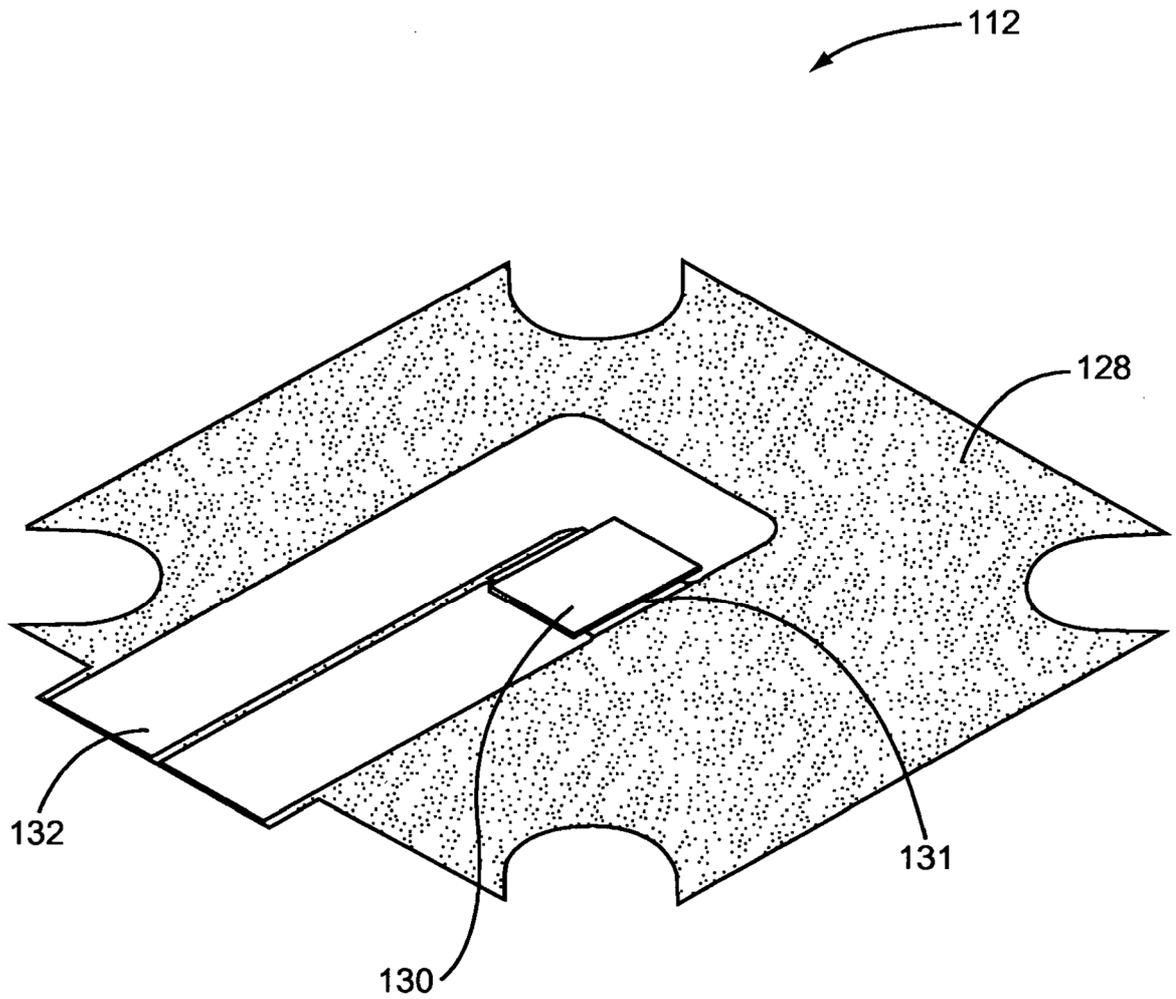


Figura 6

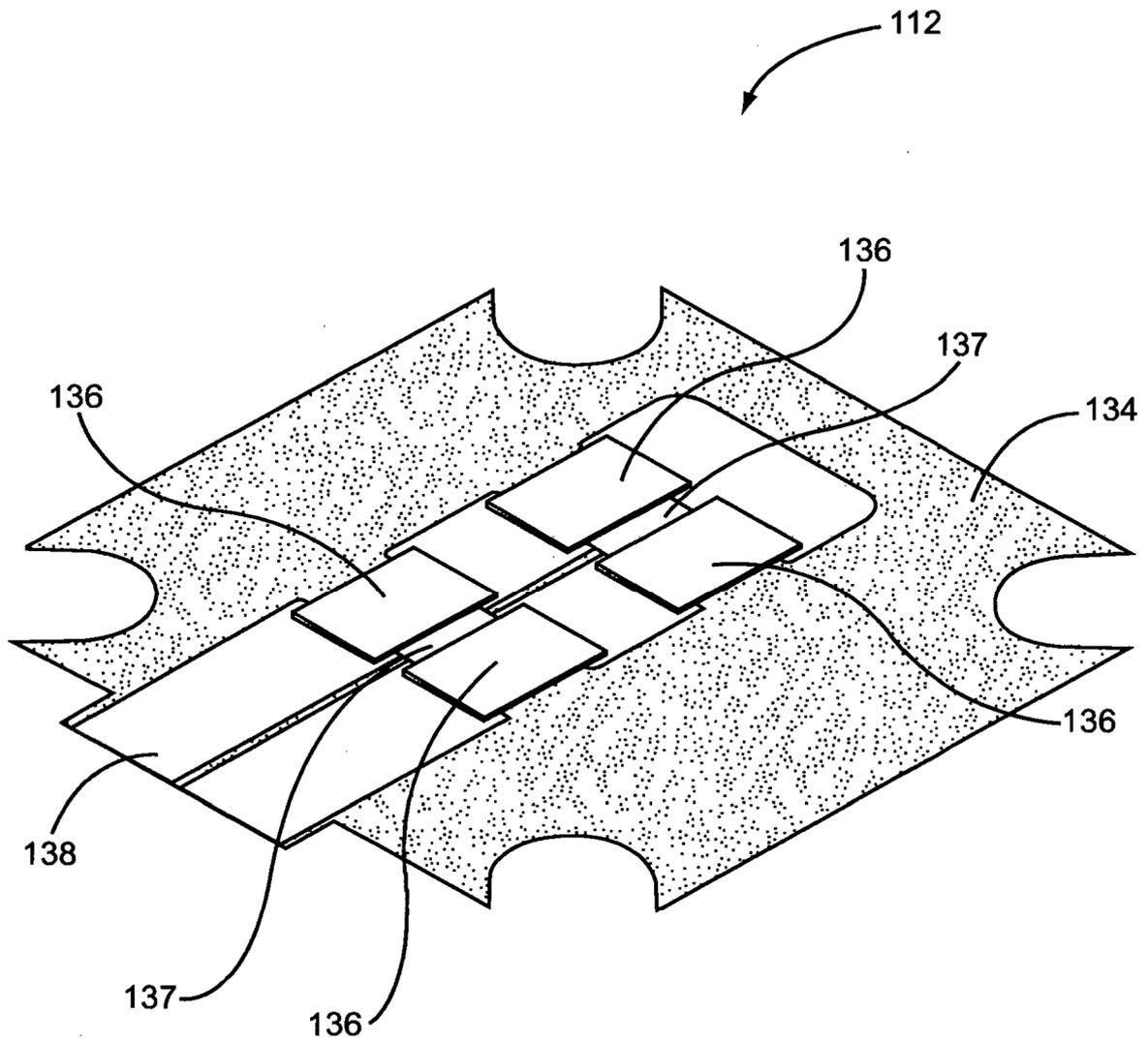


Figura 7

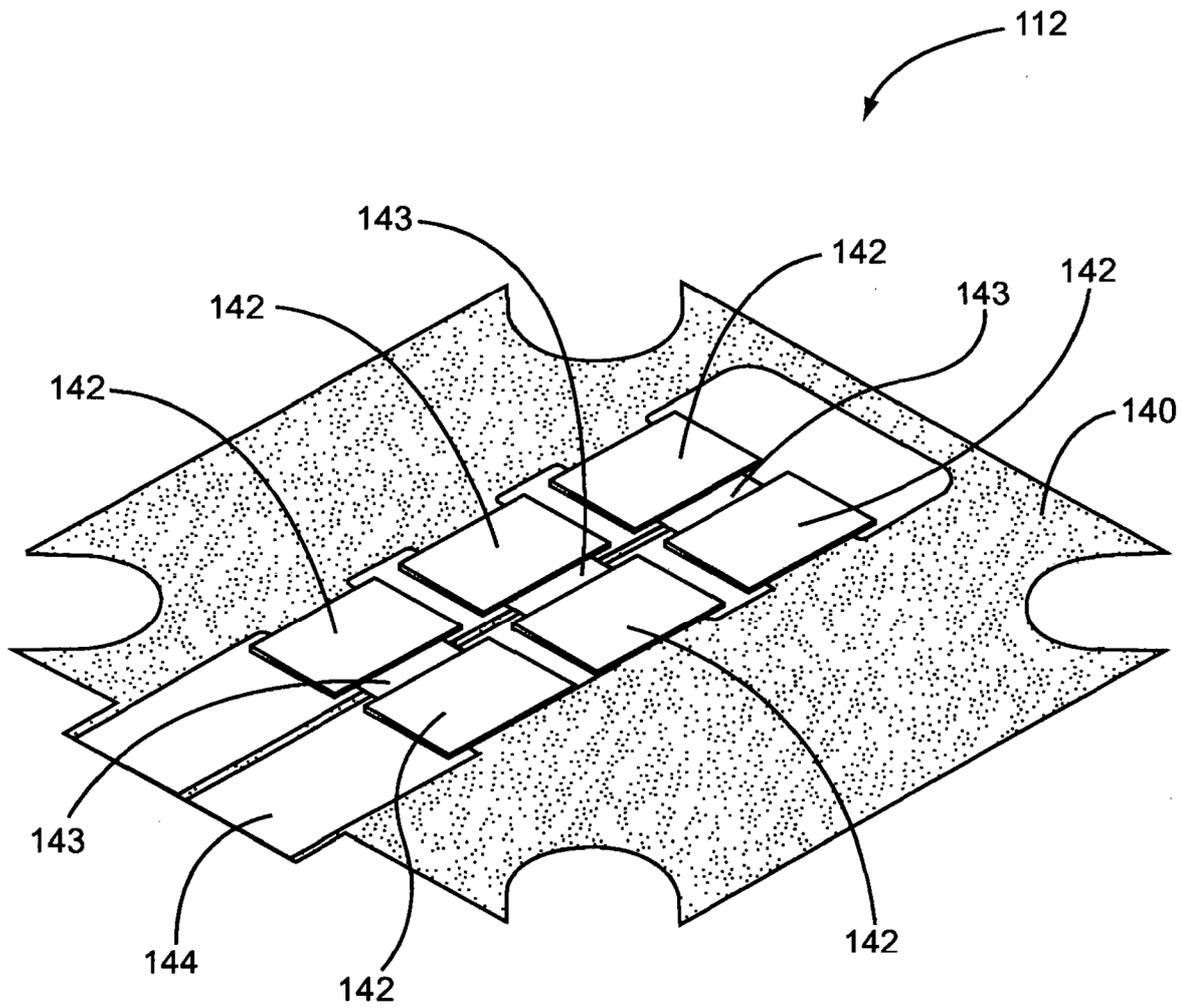


Figura 8

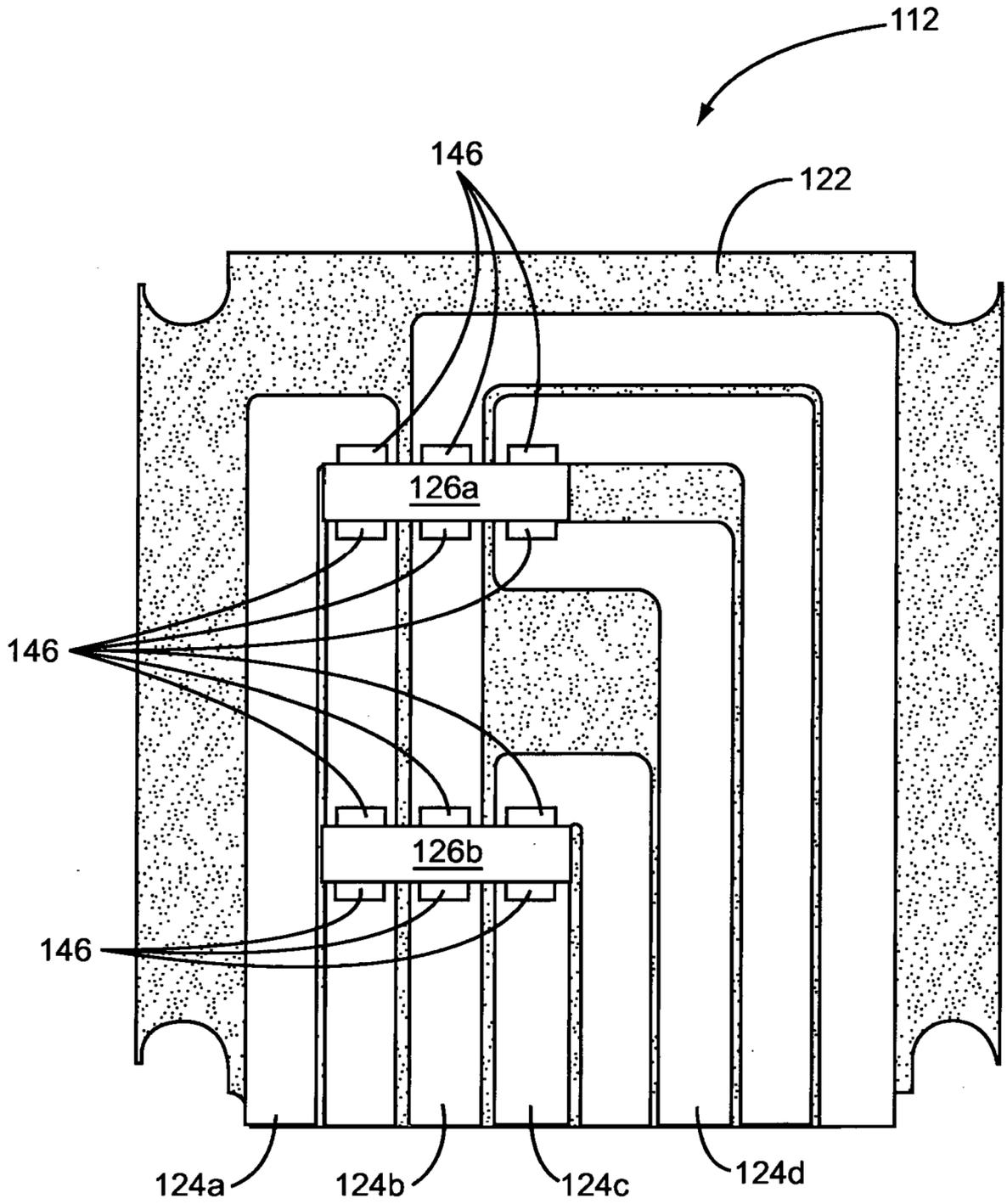


Figura 9

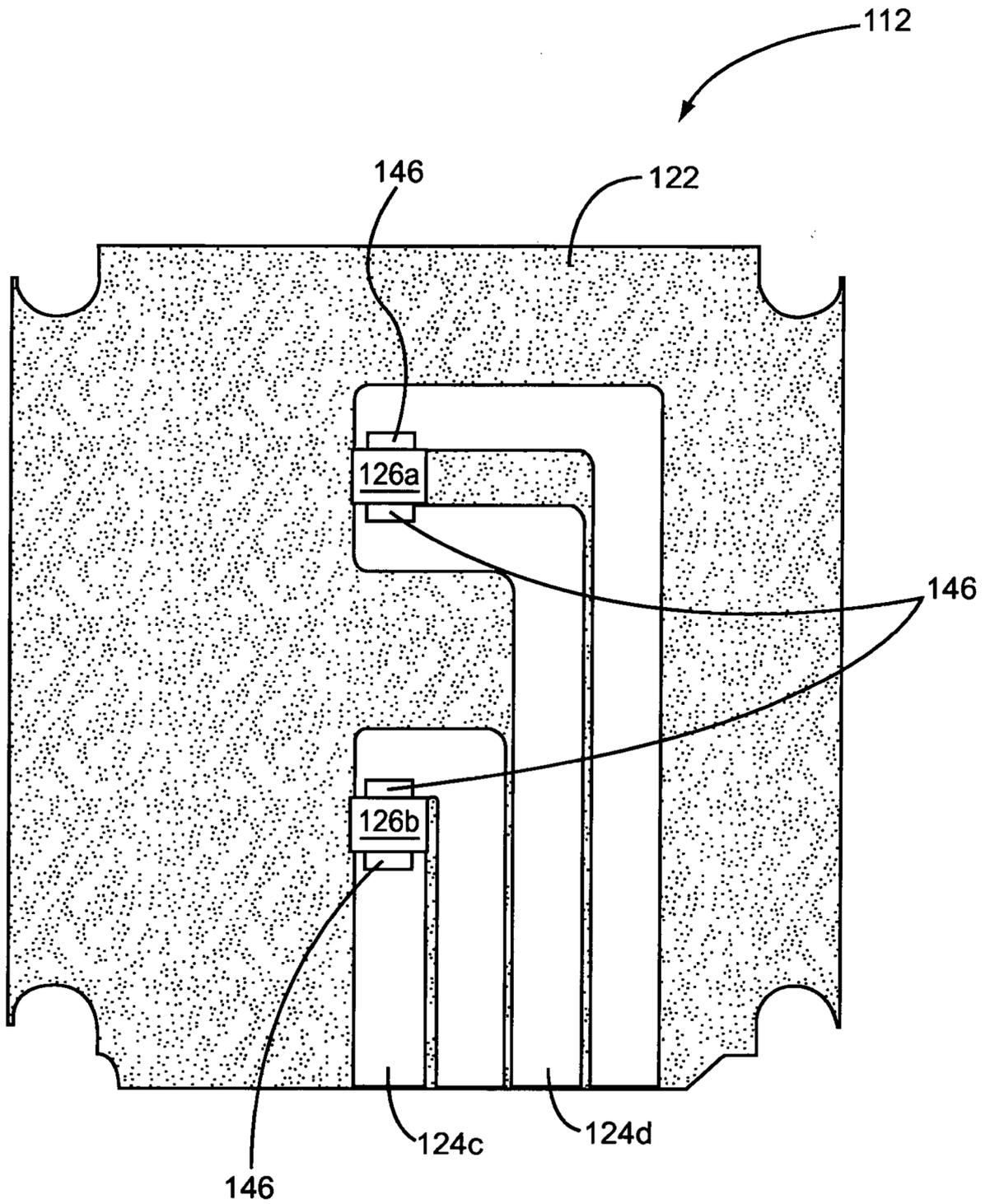


Figura 10

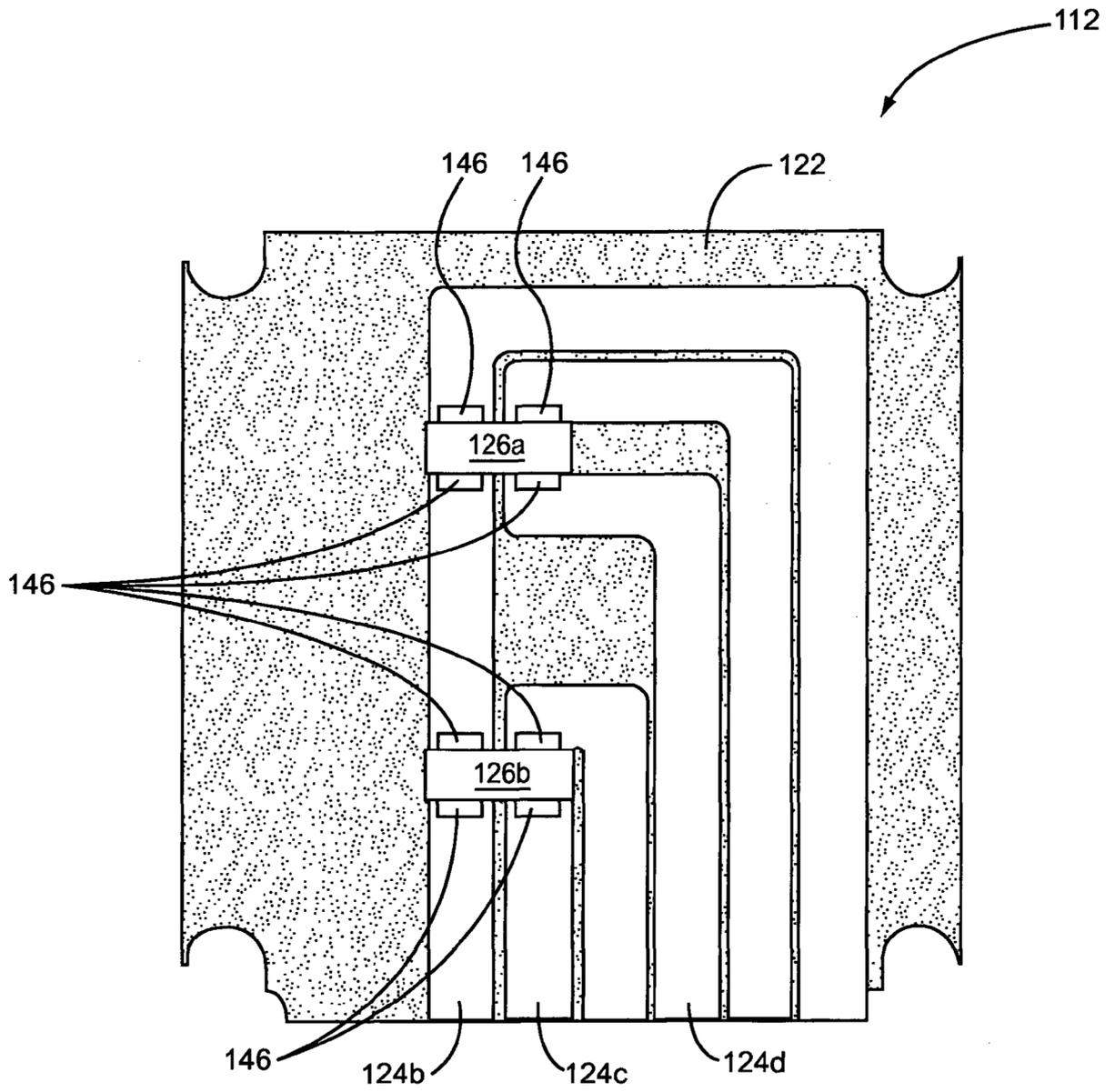


Figura 11

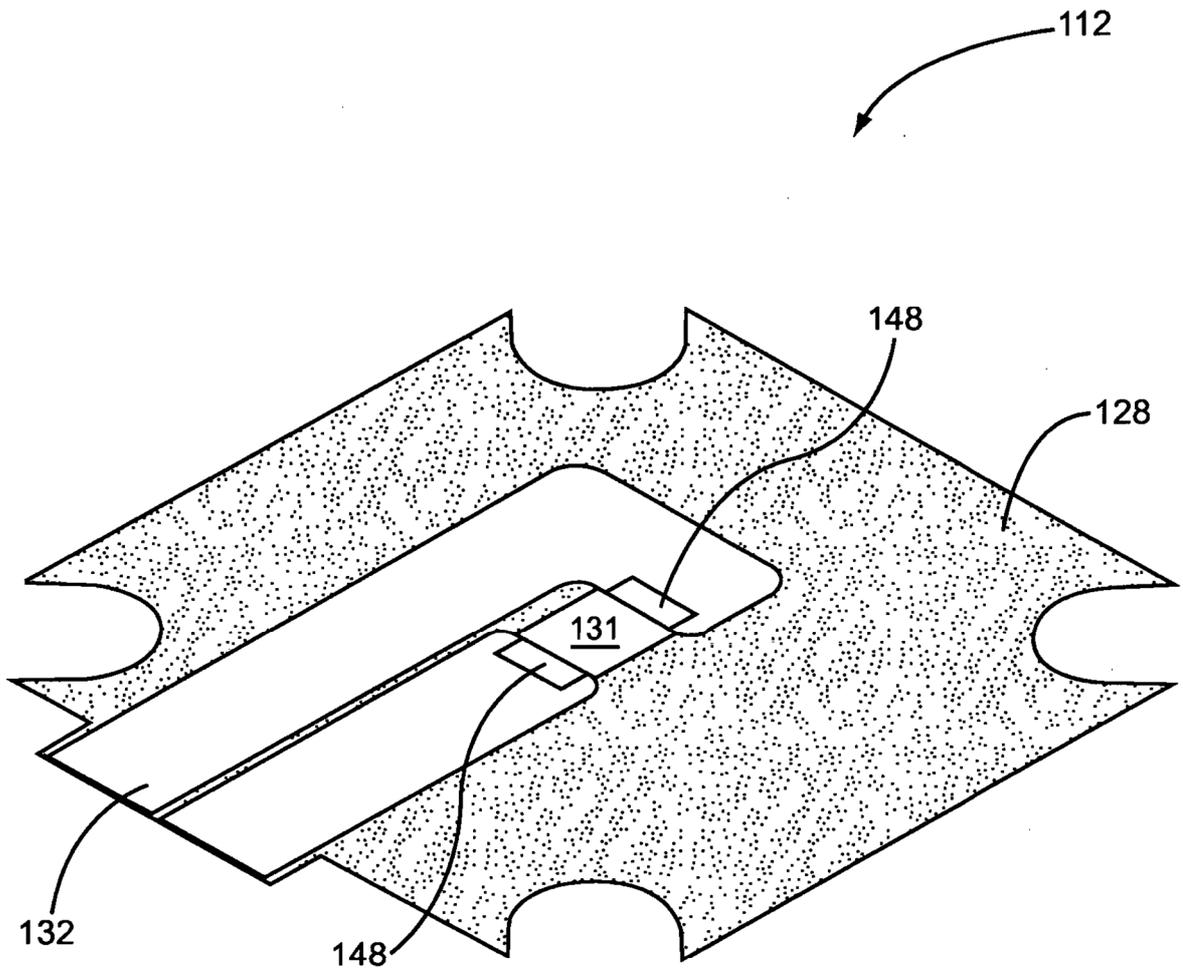


Figura 12

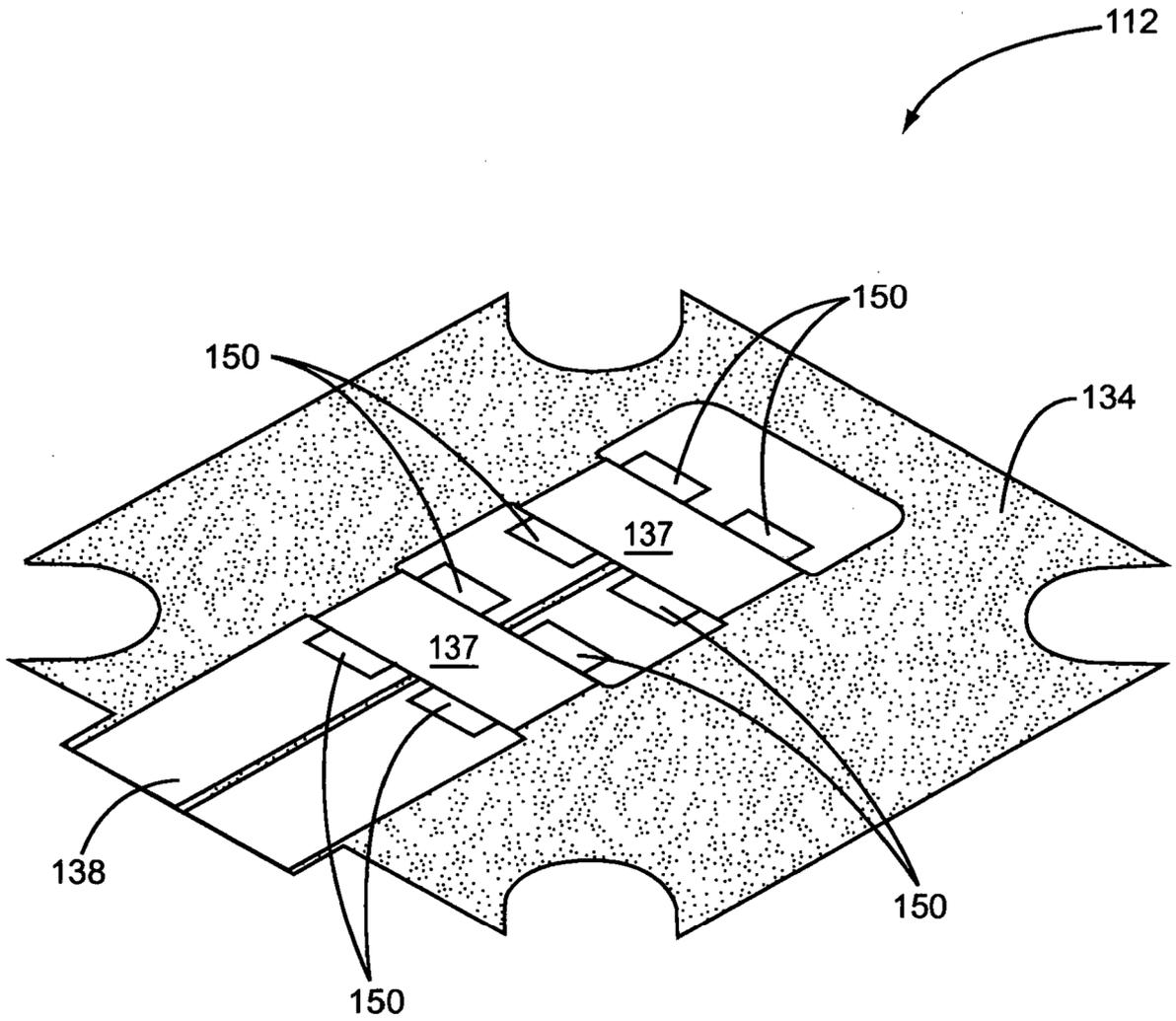


Figura 13

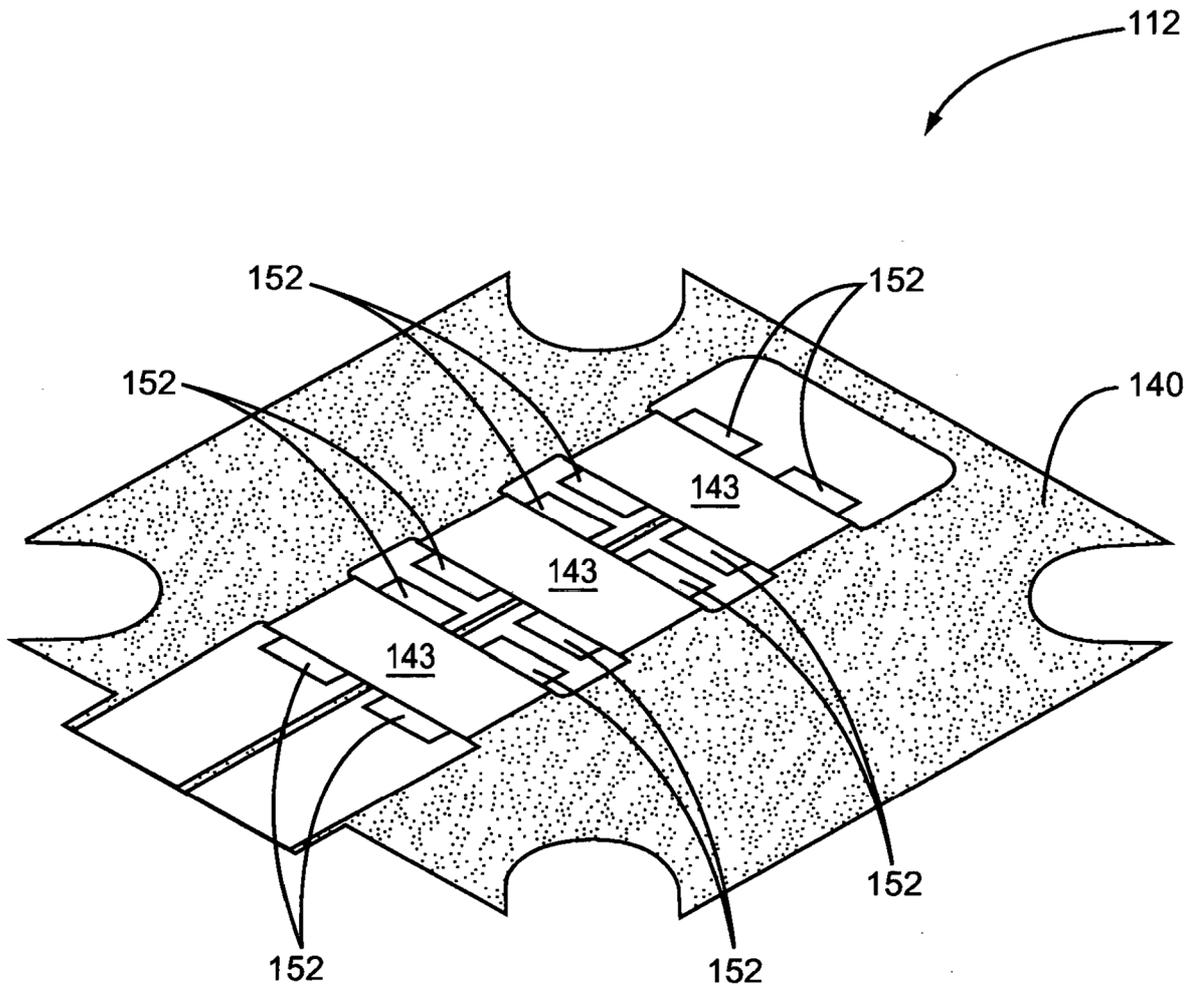


Figura 14

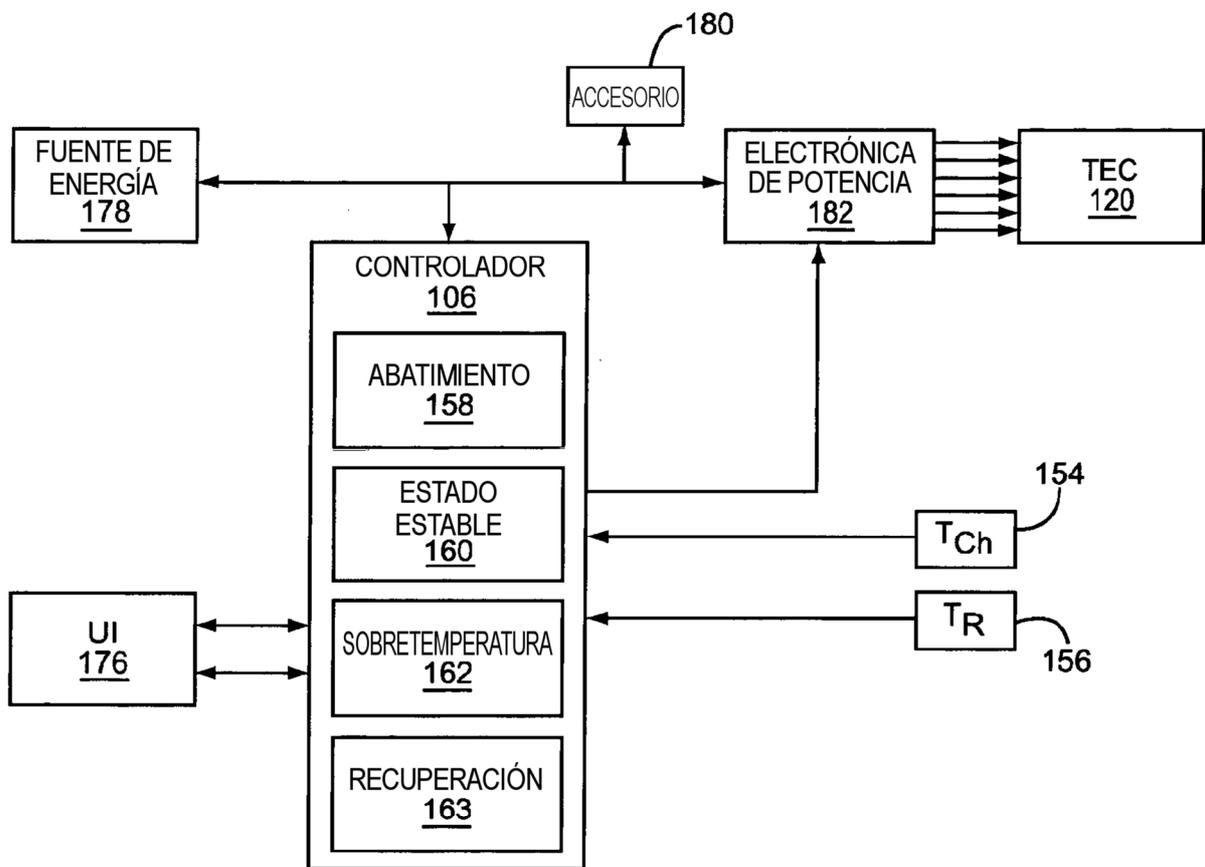


Figura 15

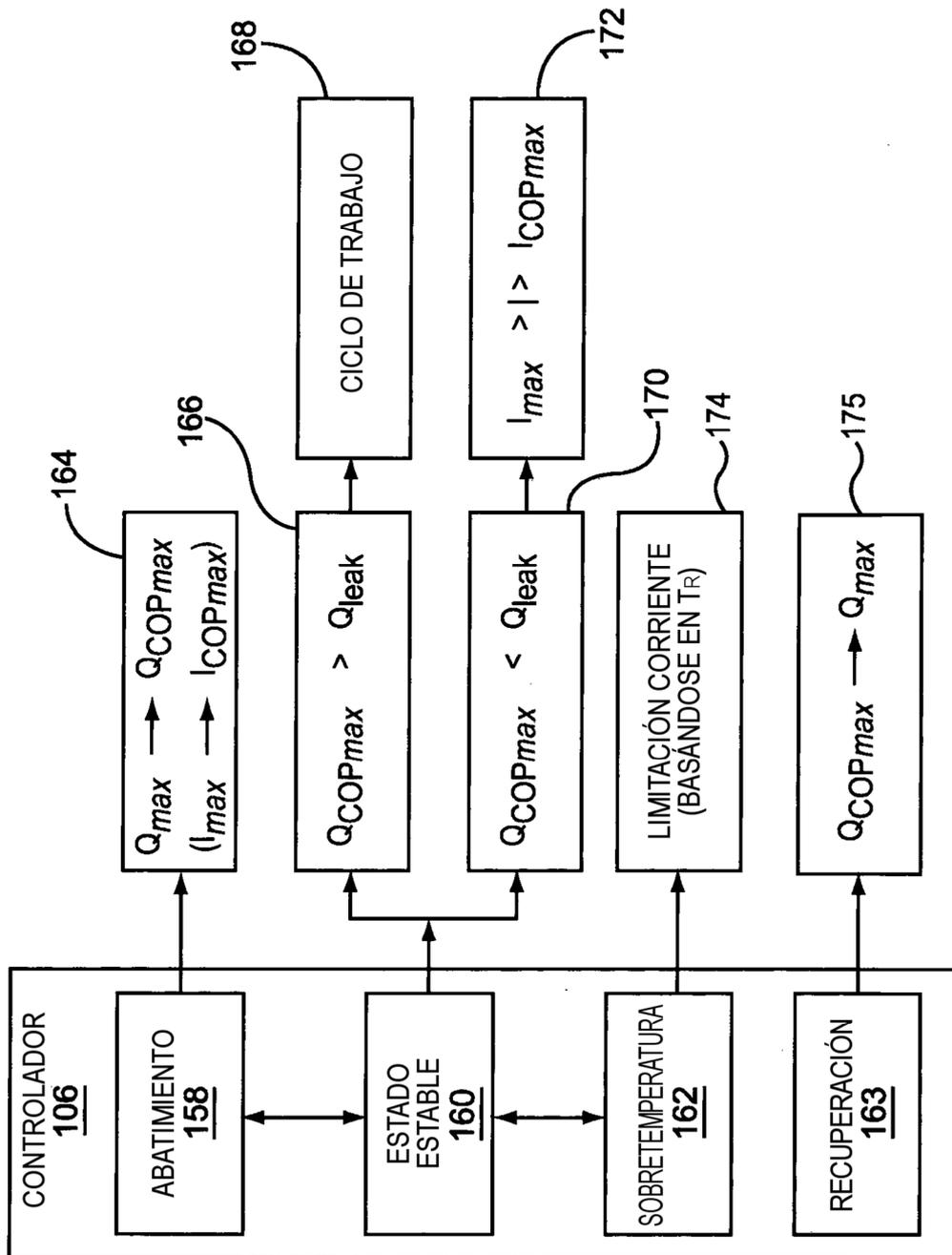


Figura 16

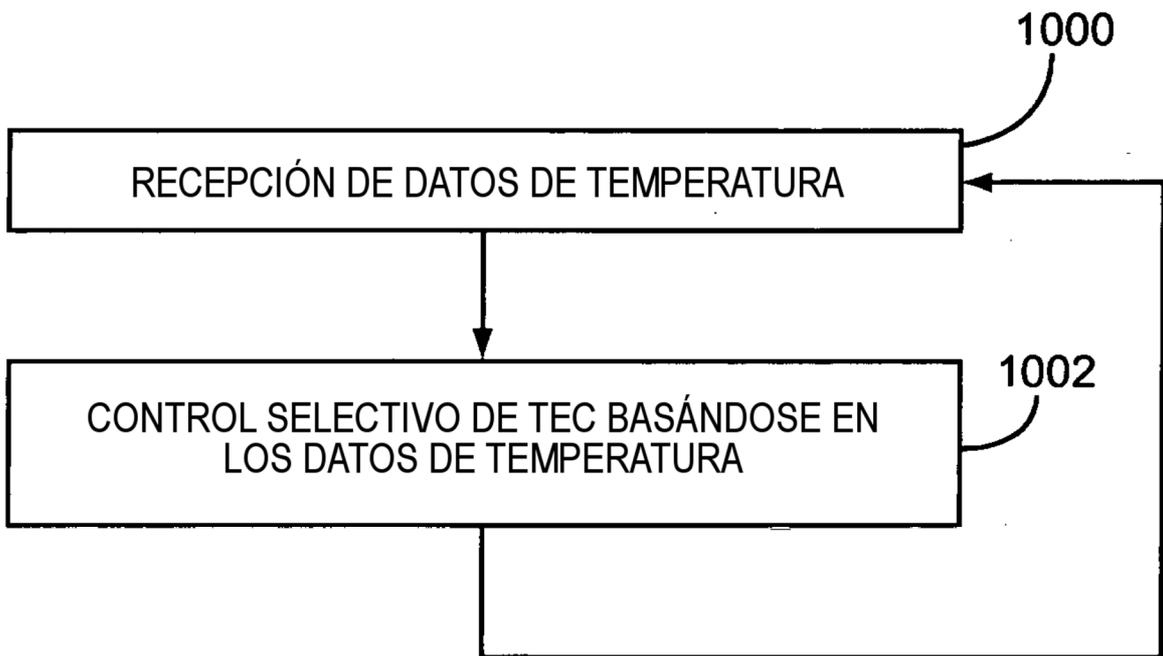


Figura 17

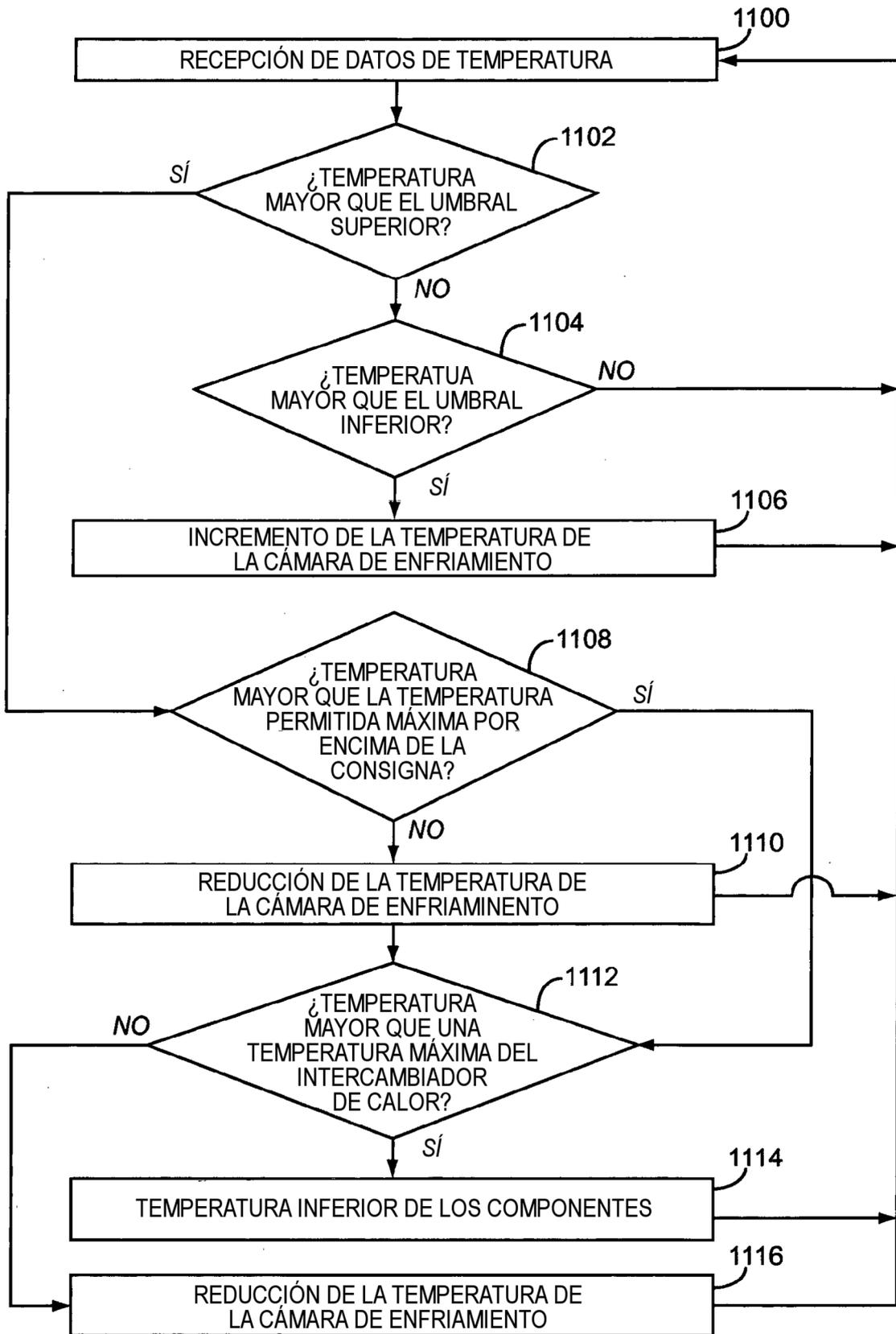


Figura 18

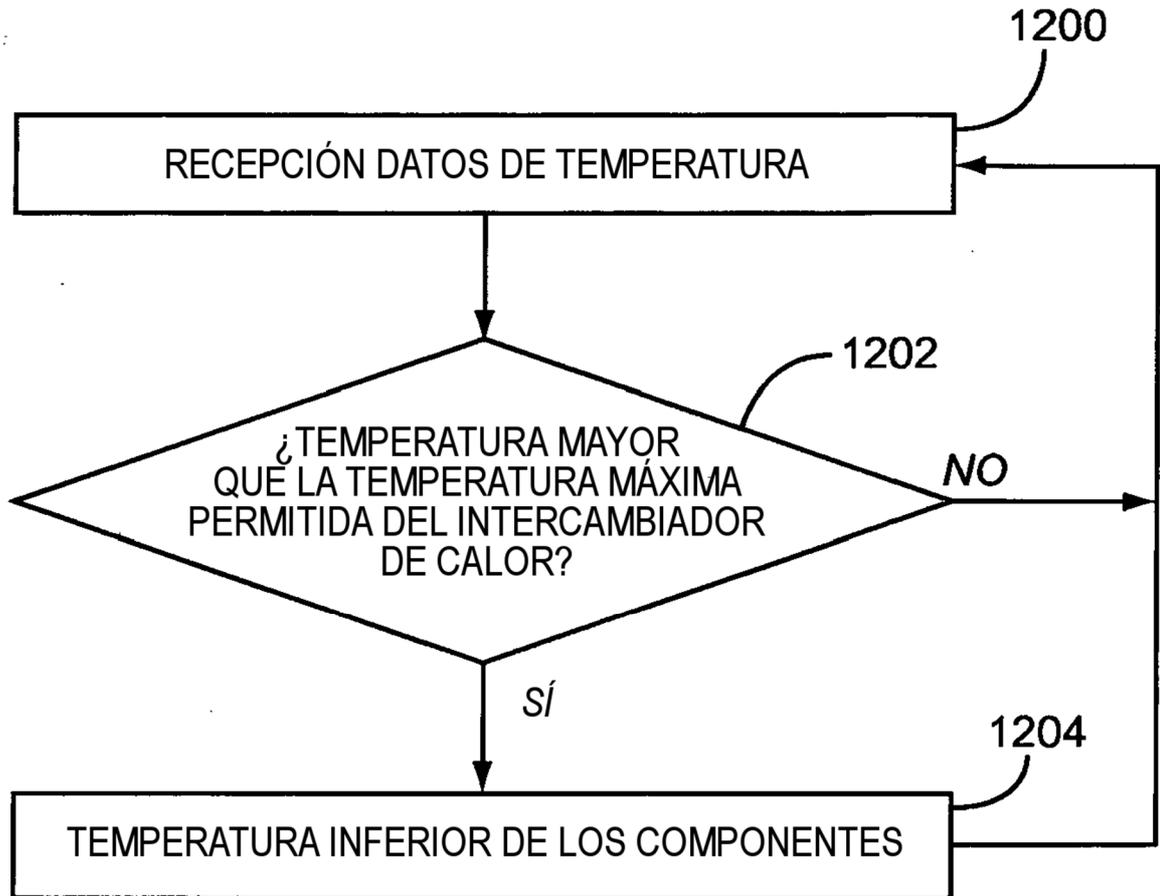


Figura 19

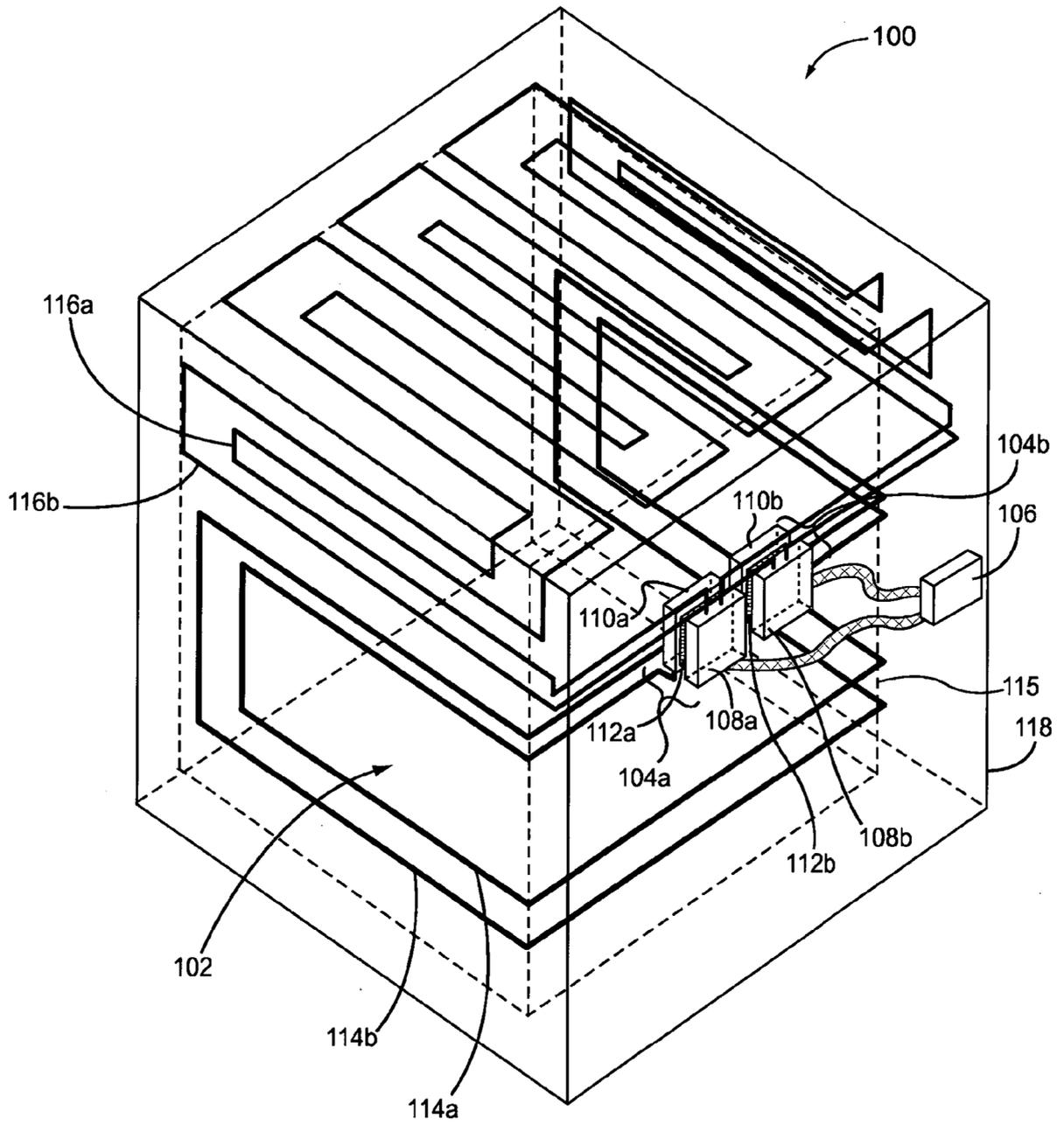


Figura 20A

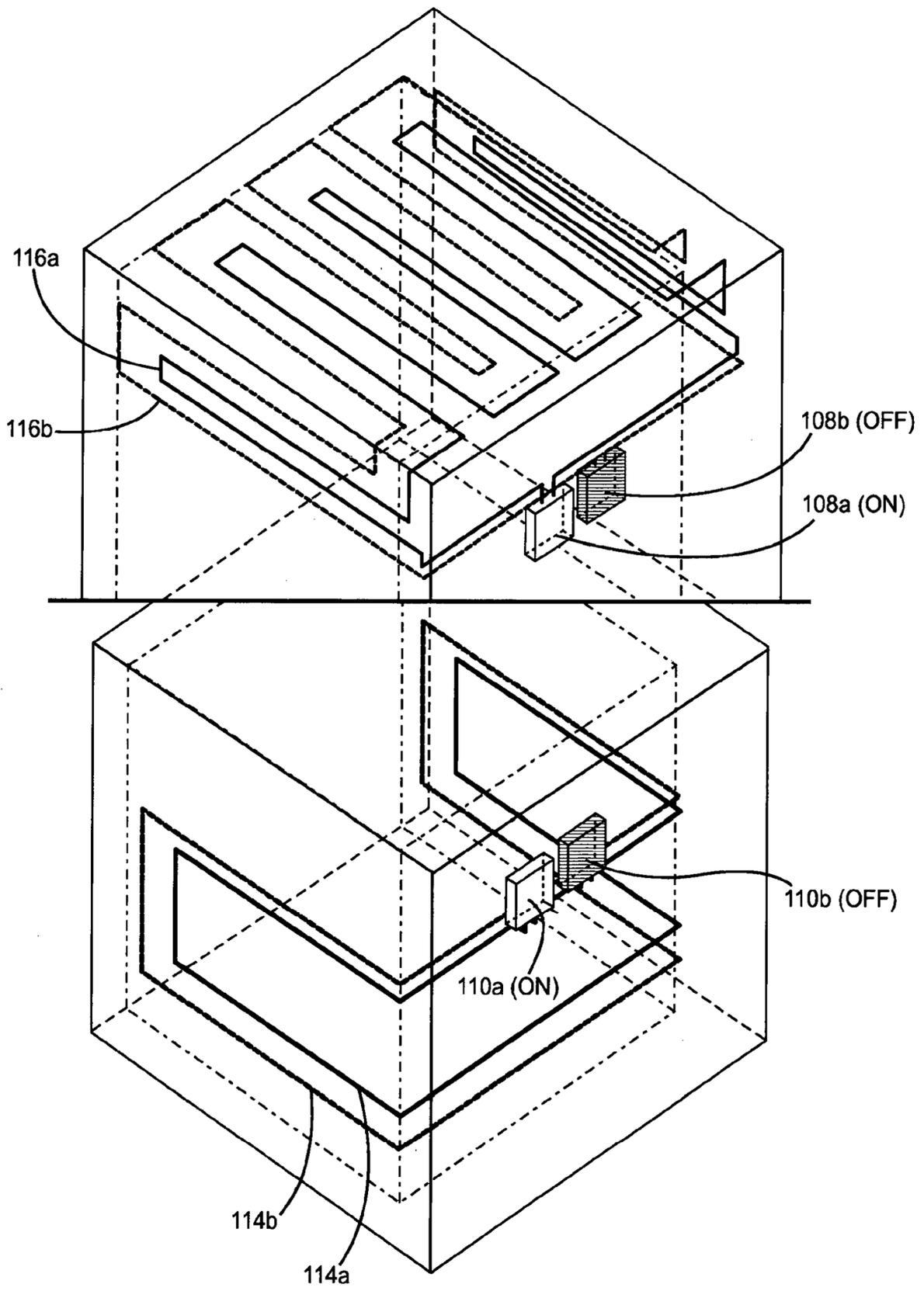


Figura 20B

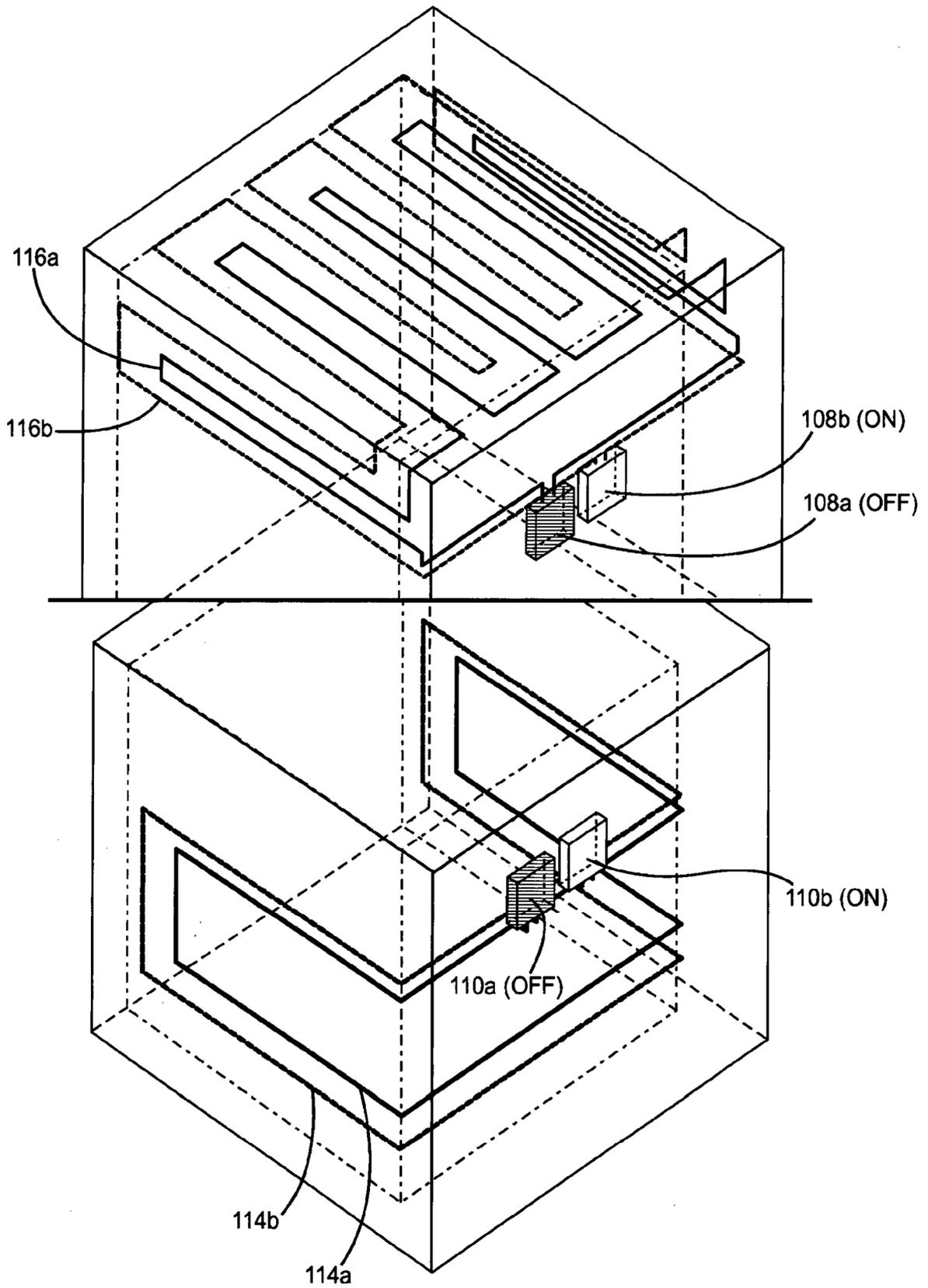


Figura 20C

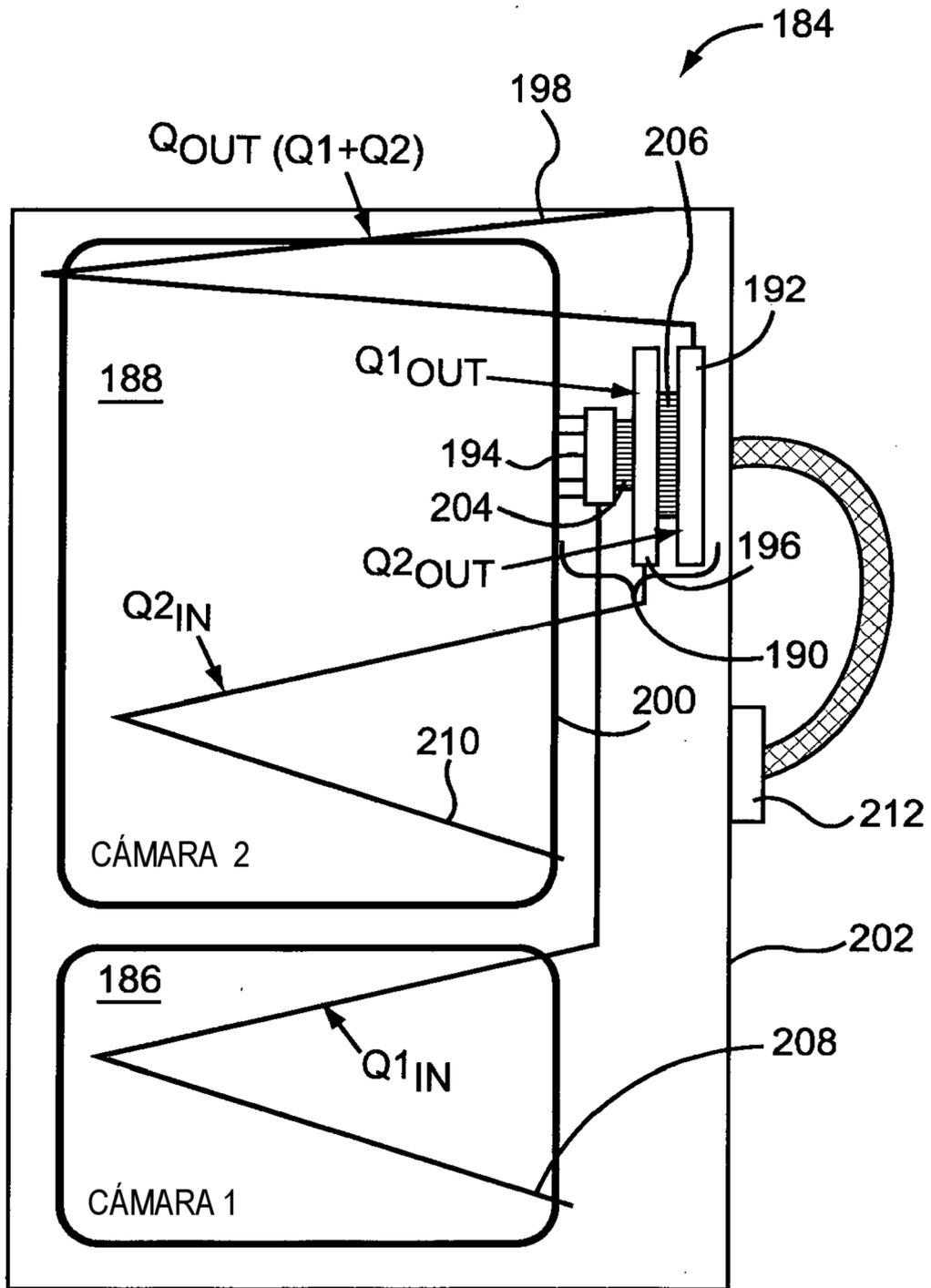


Figura 21

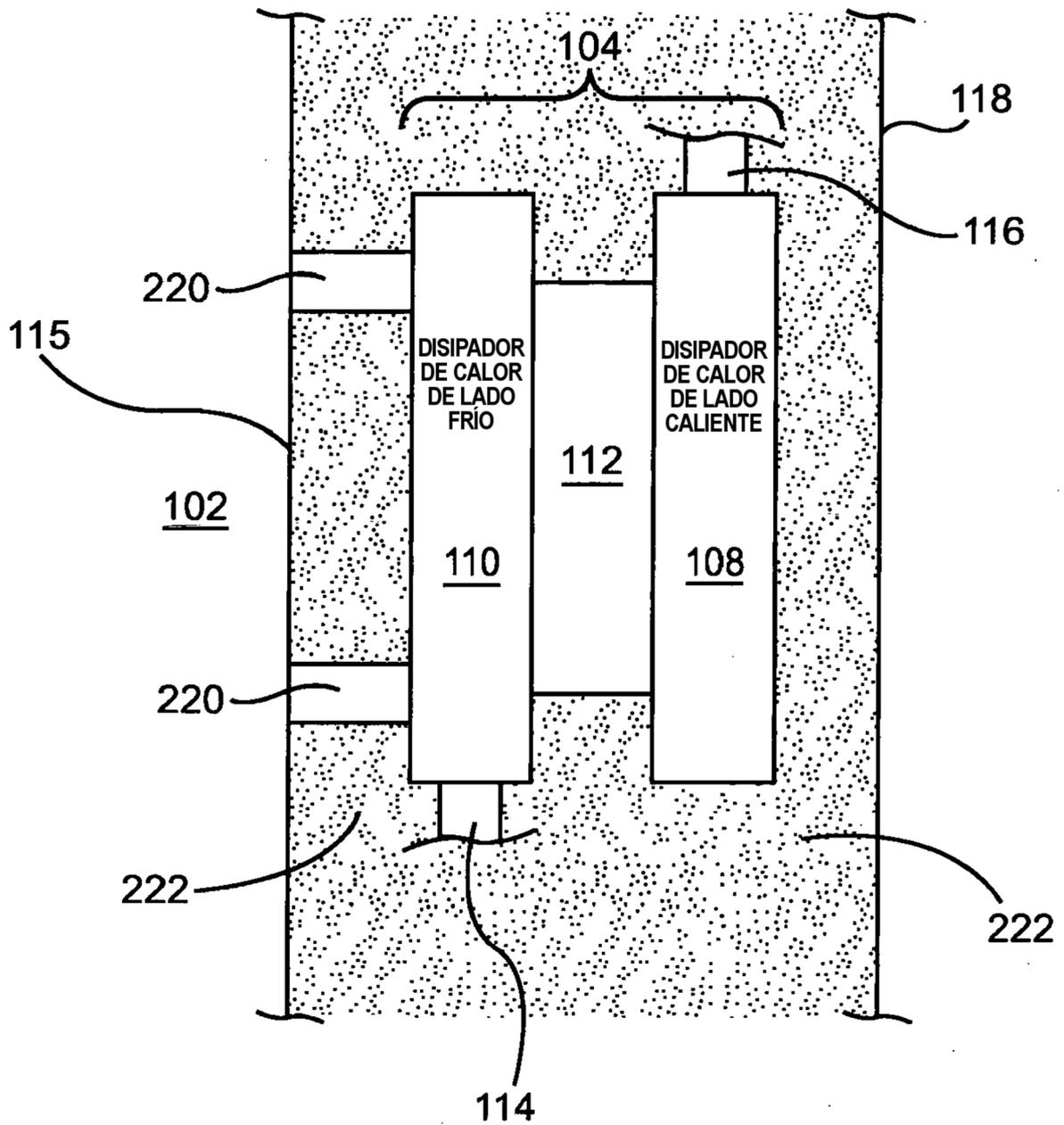


Figura 22

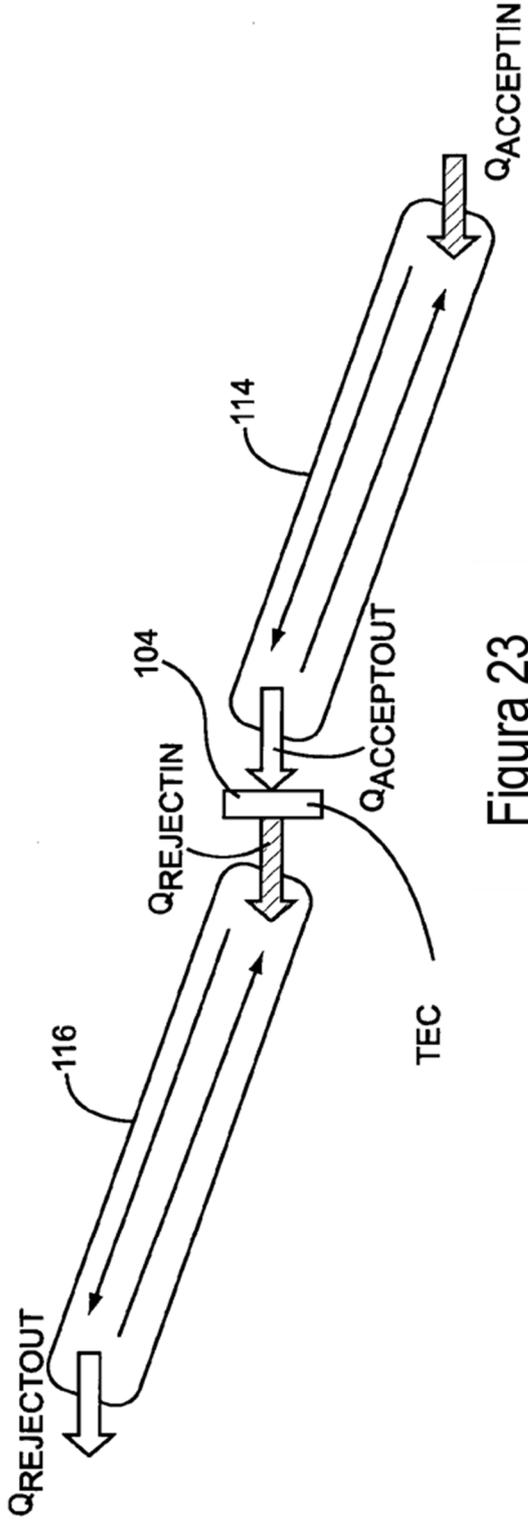


Figure 23

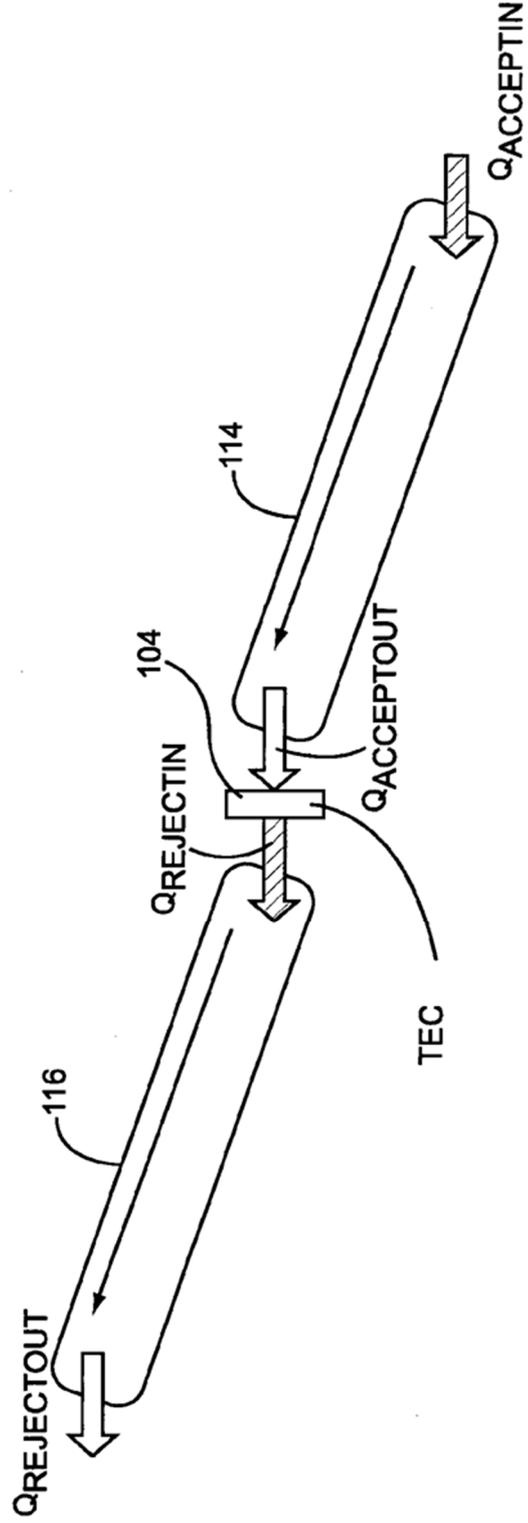


Figure 24

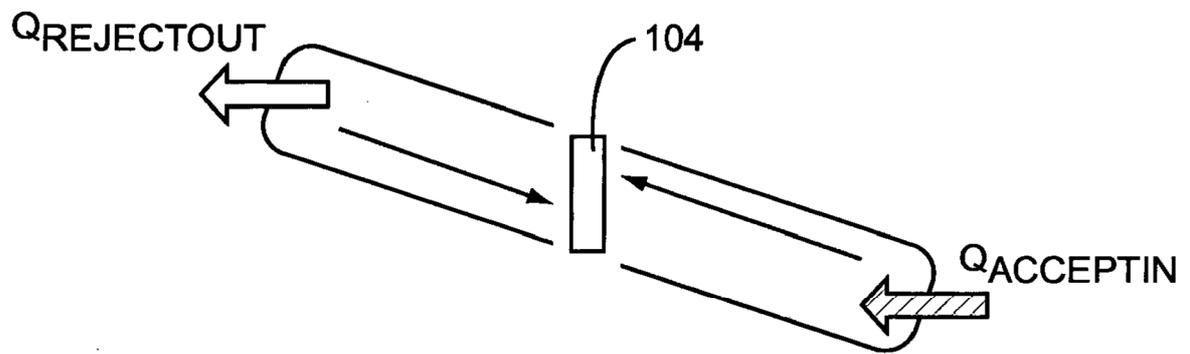


Figura 25

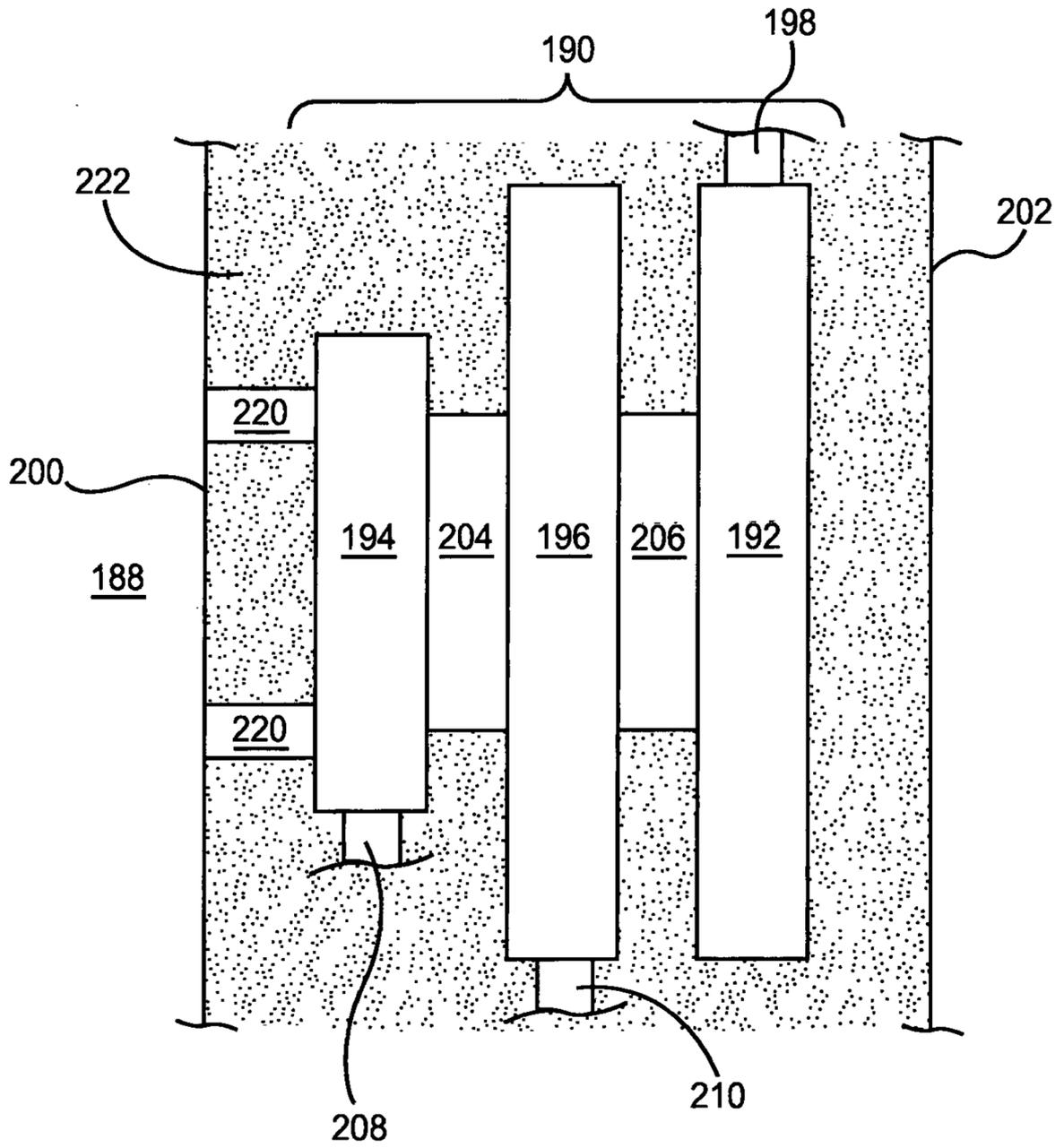


Figura 26

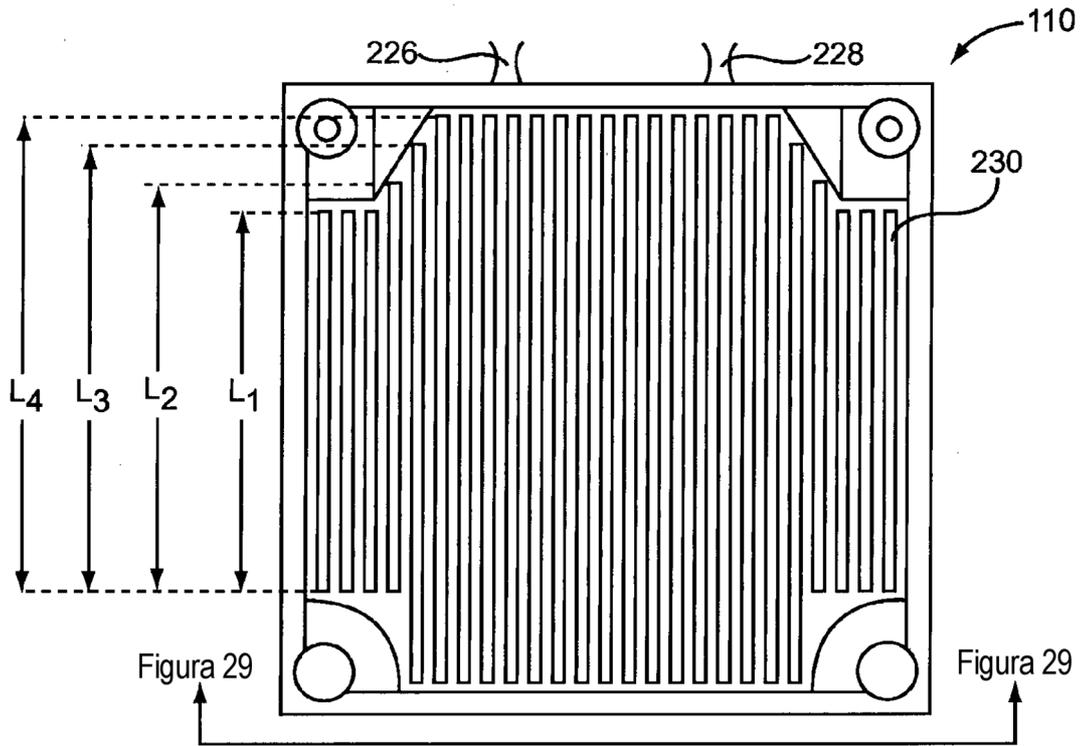


Figura 27

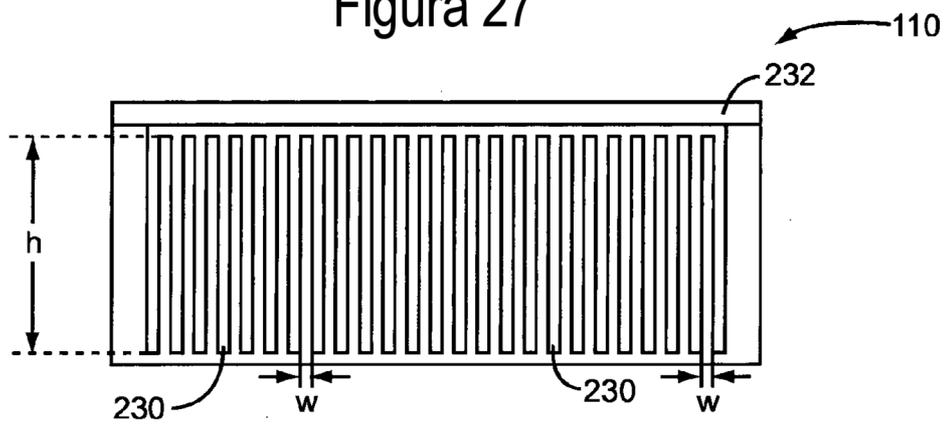


Figura 28

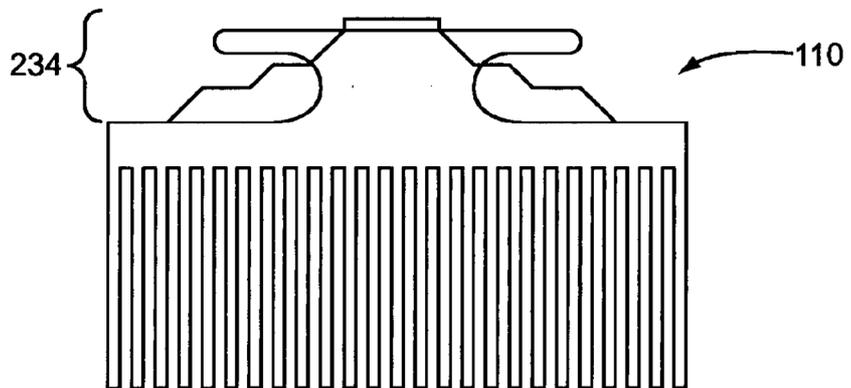


Figura 29

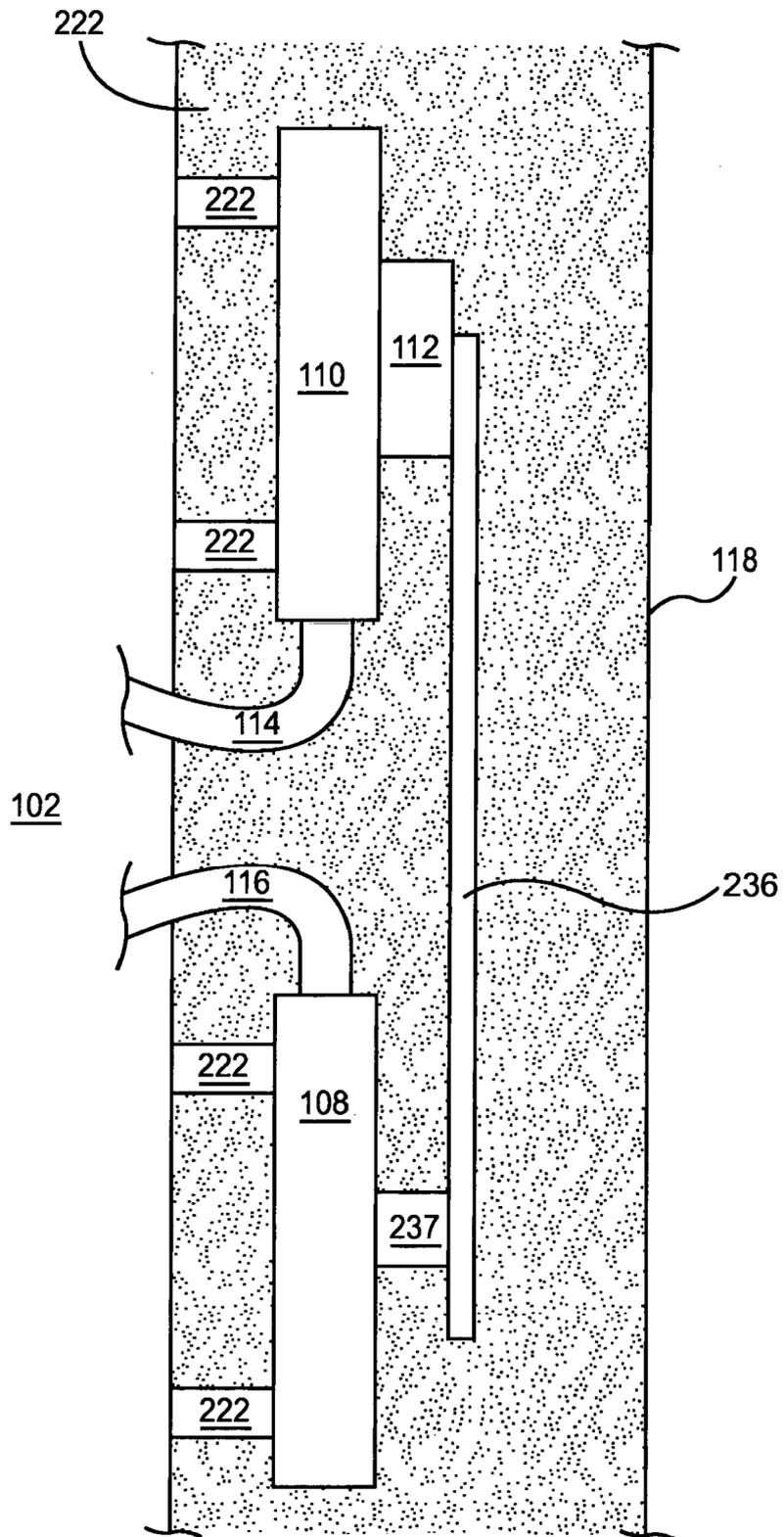


Figura 30

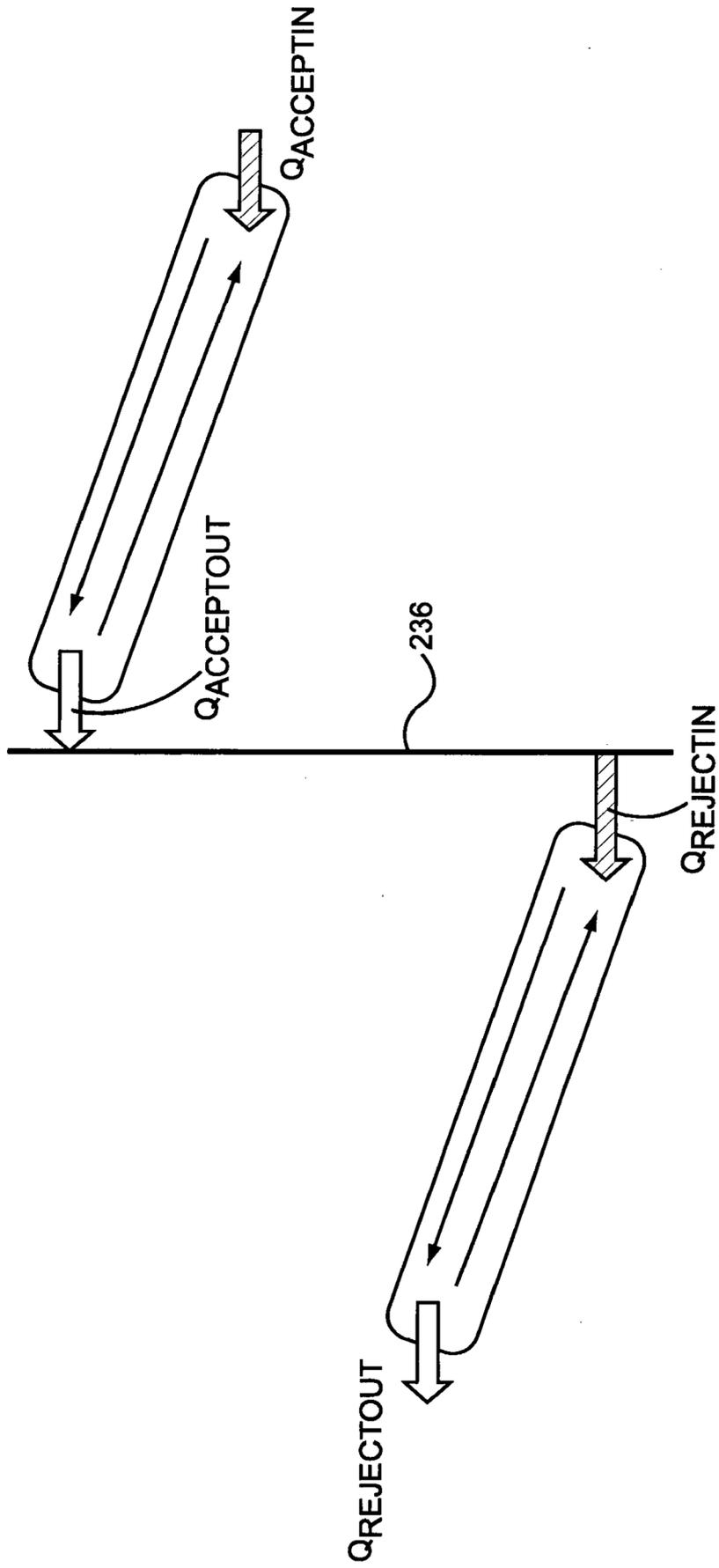


Figura 31

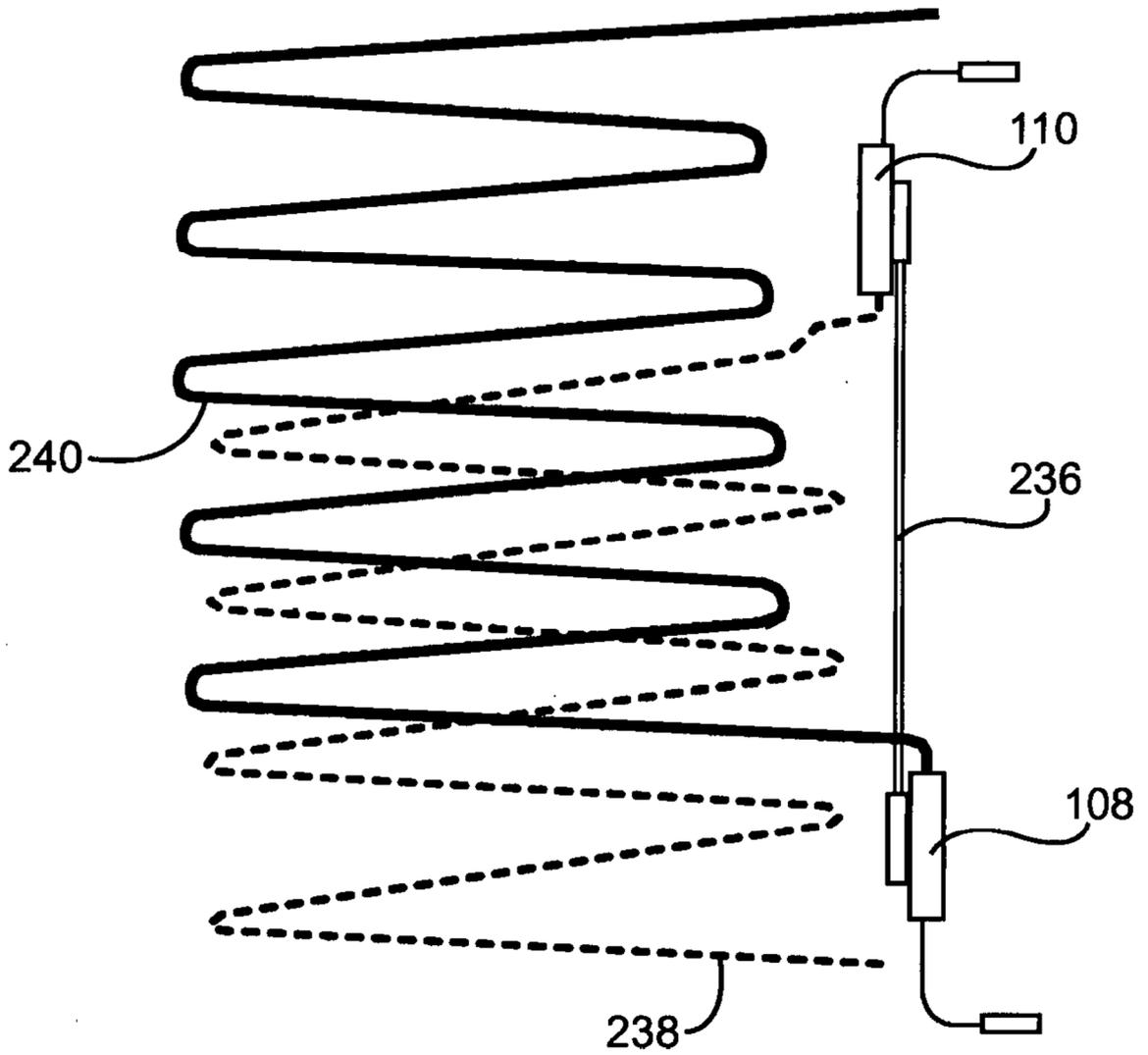


Figura 32

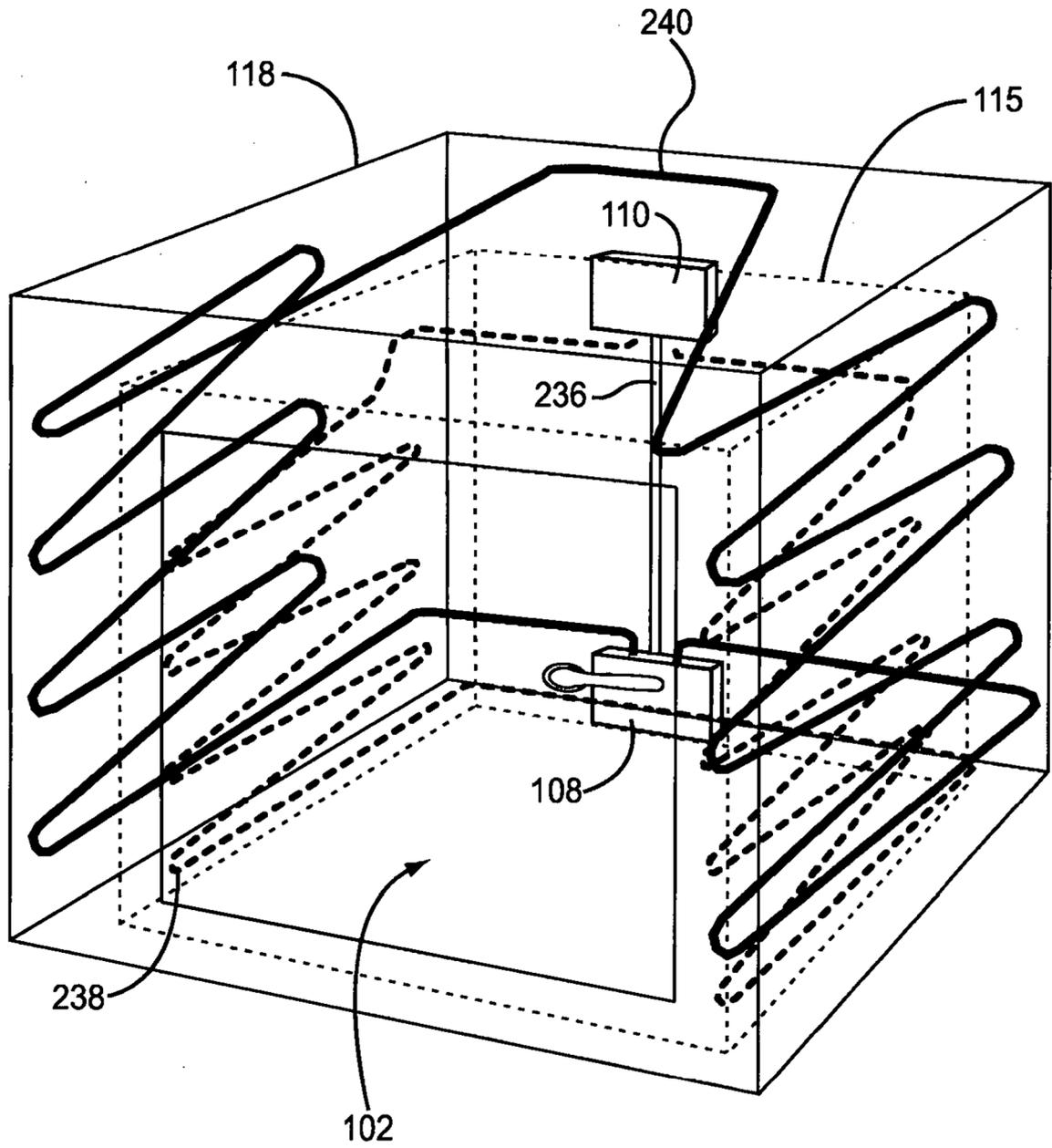


Figura 33

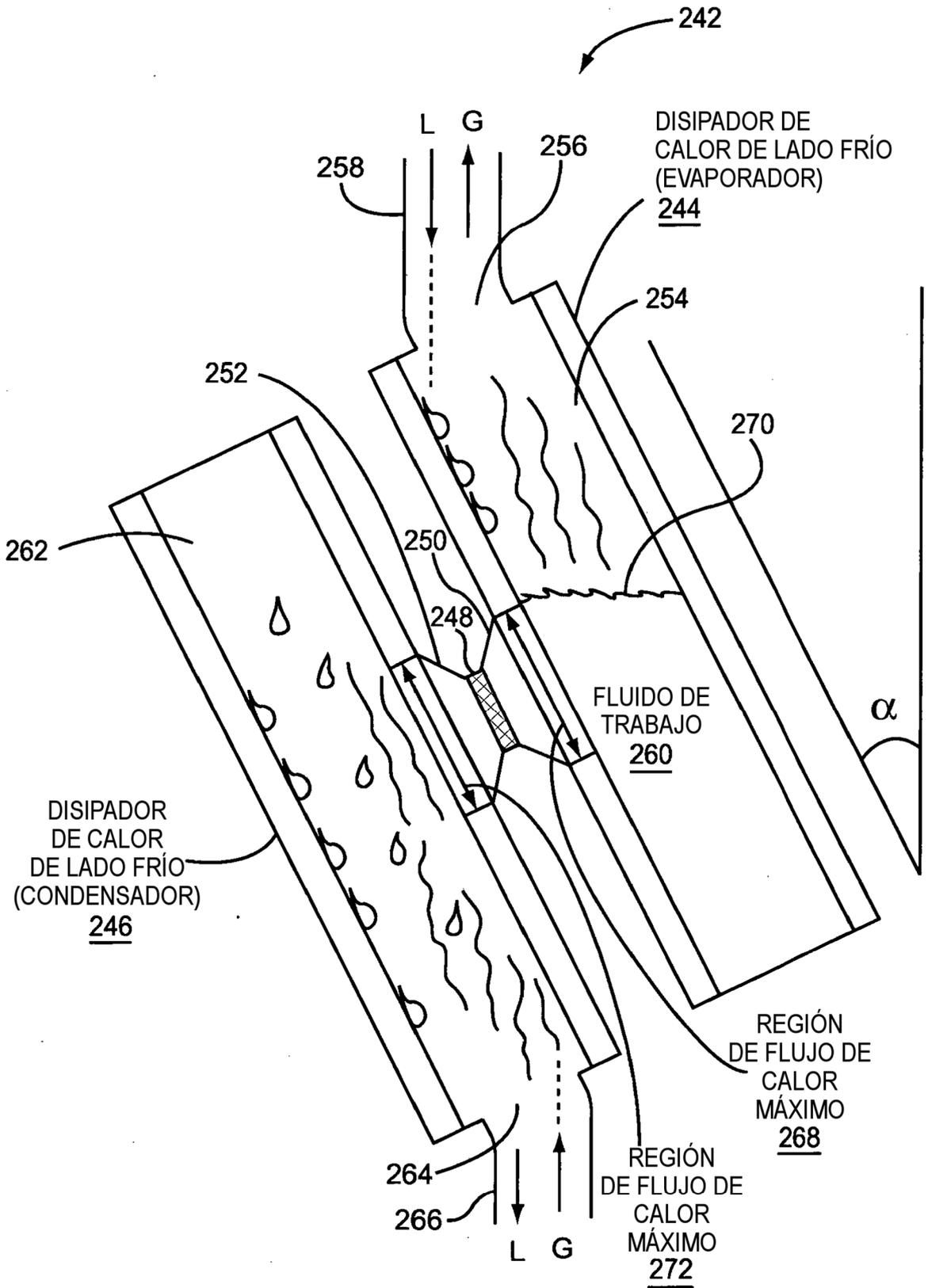


Figura 34

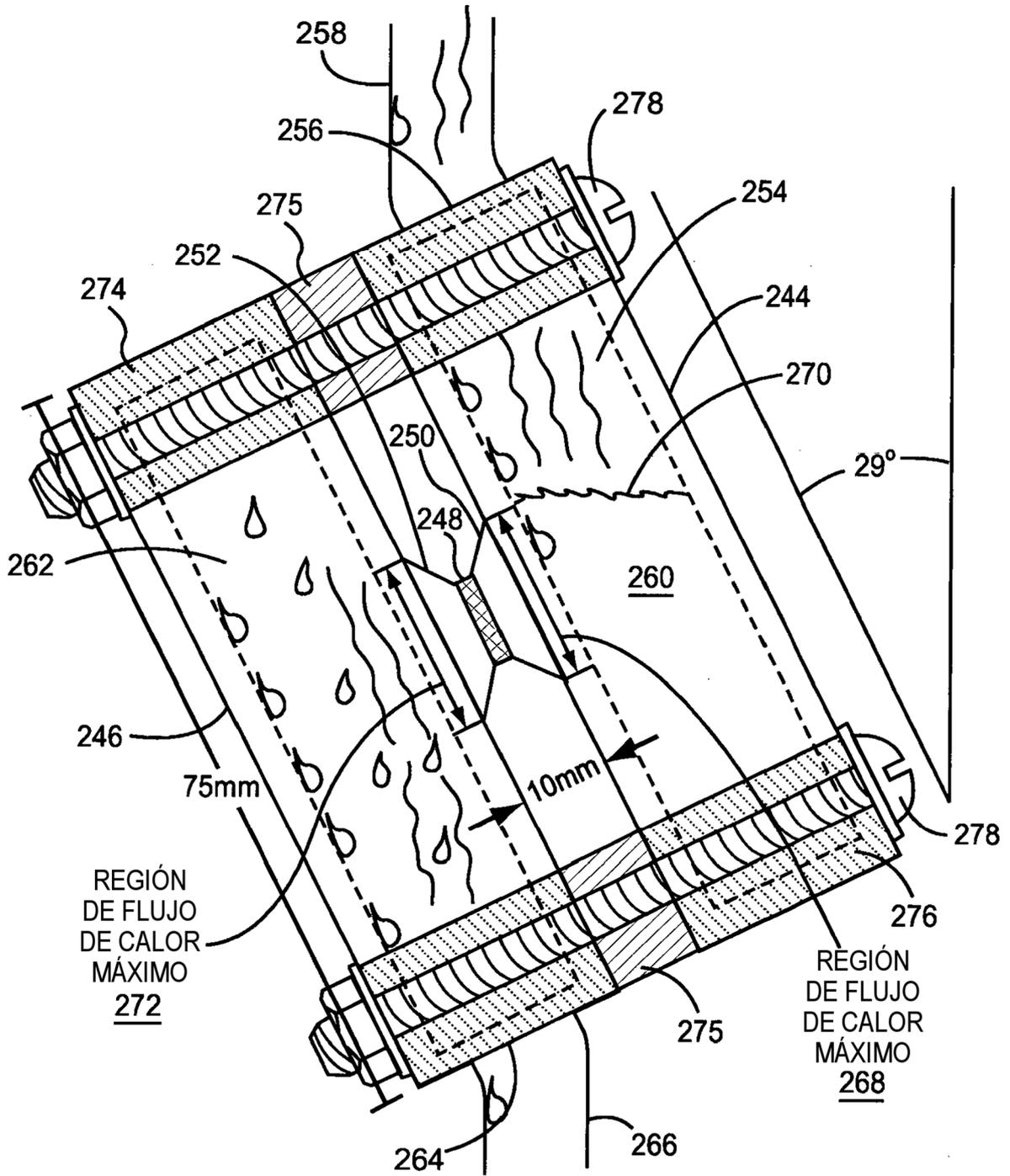


Figura 35

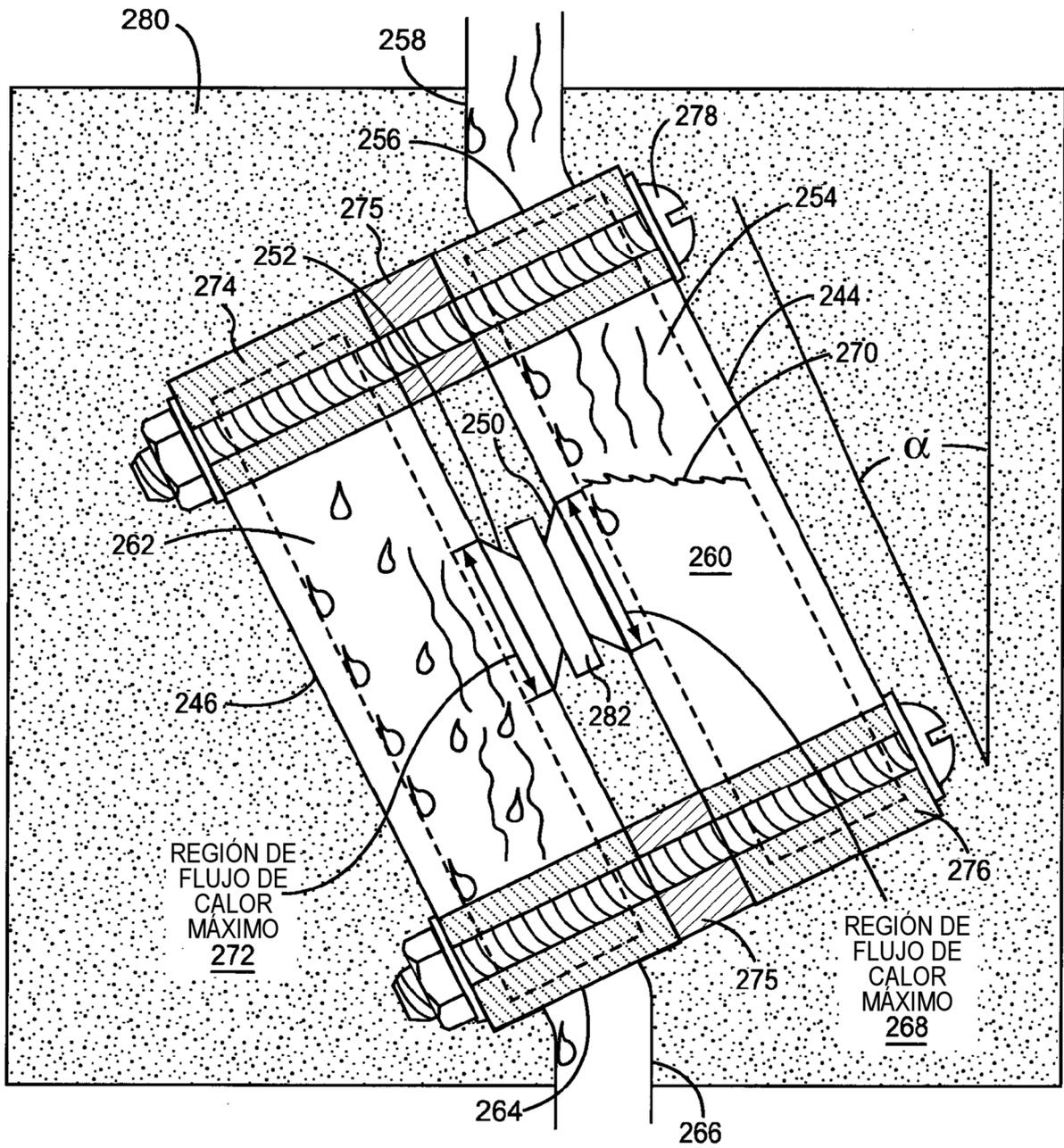


Figura 36A

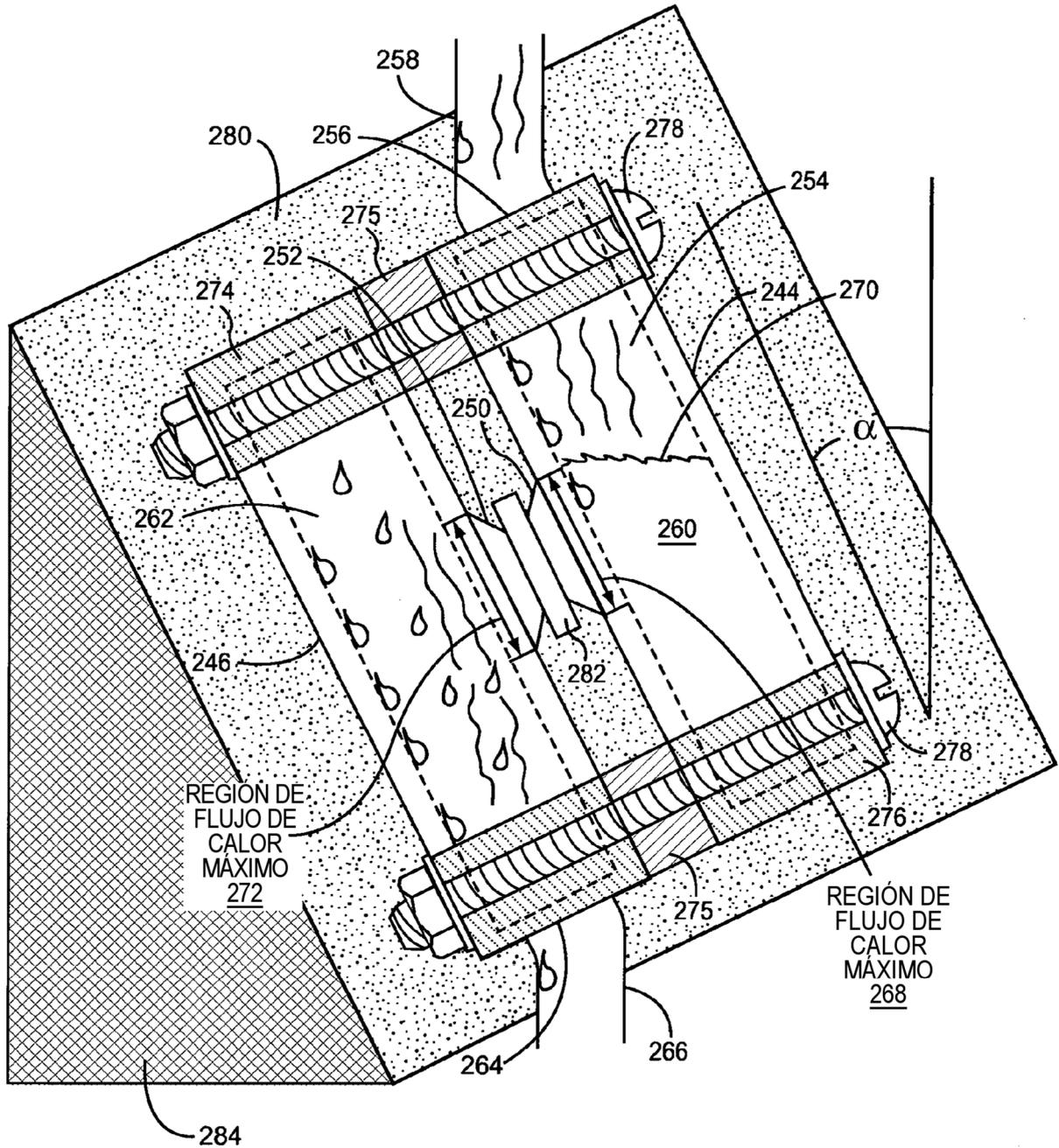


Figura 36B

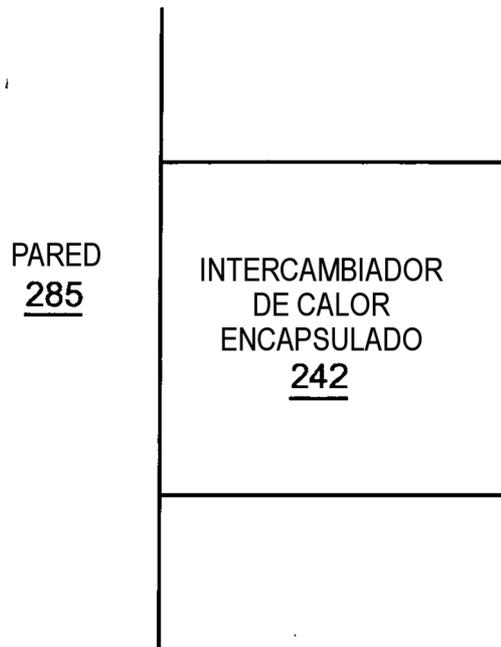


Figura 37A

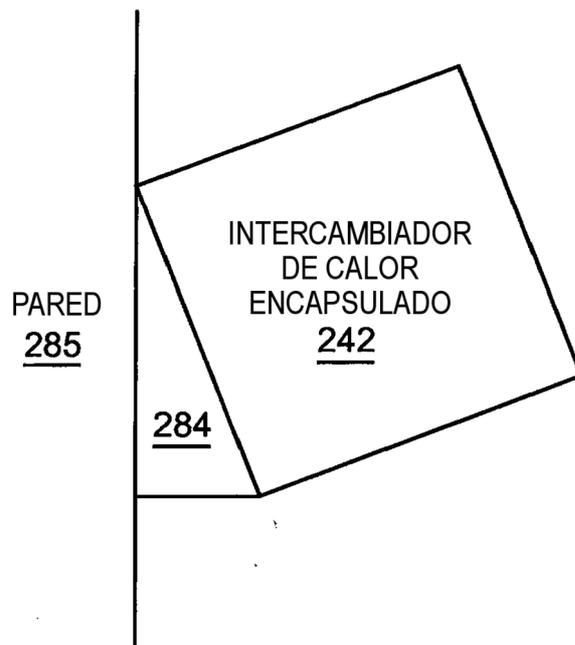


Figura 37B

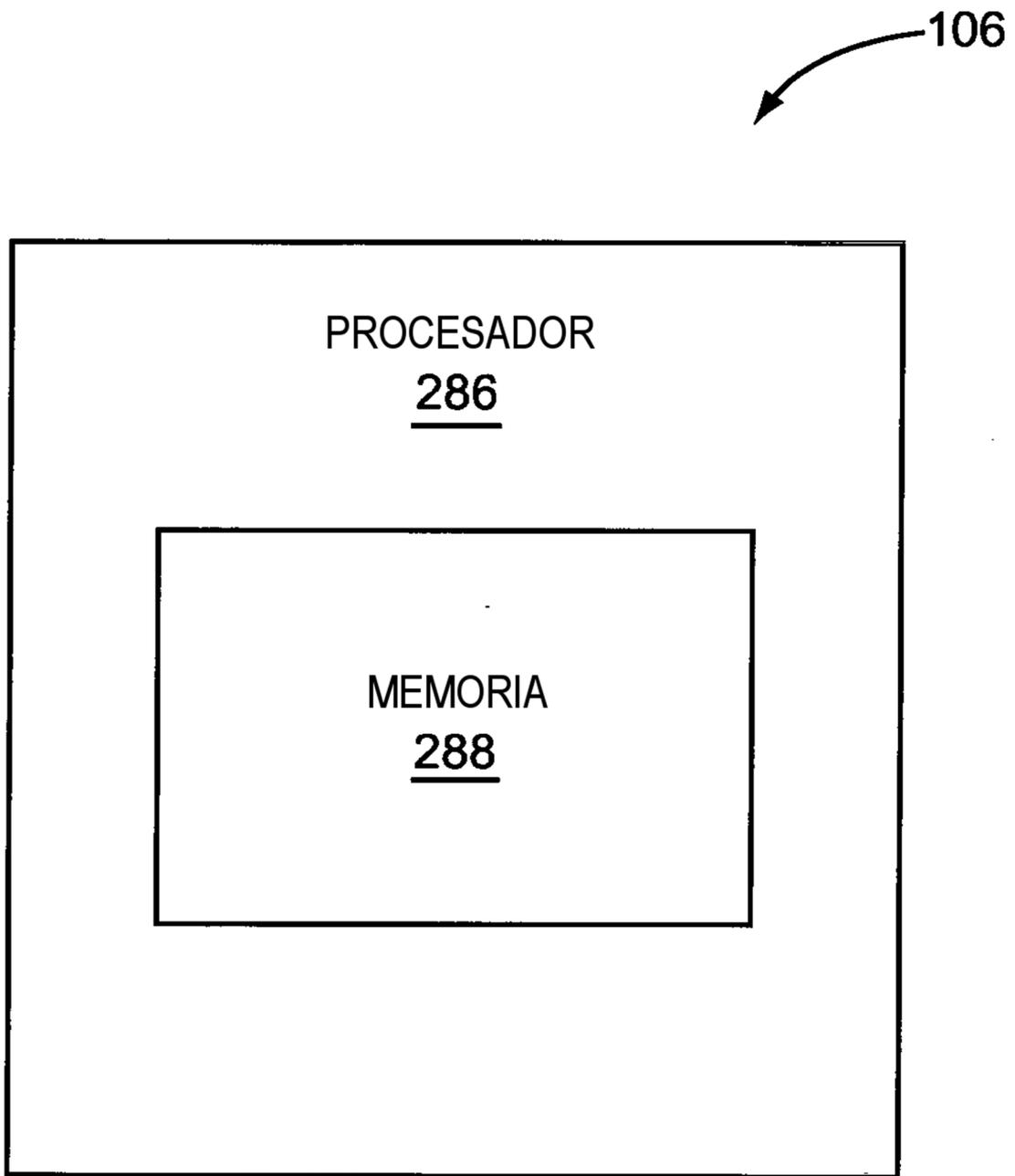


Figura 38