

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 009 087**

51 Int. Cl.:

A61M 16/16 (2006.01)

A61M 13/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.08.2019 PCT/NZ2019/050095**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.02.2020 WO20032808**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.08.2019 E 19846219 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.11.2024 EP 3833419**

54 Título: **Conjunto de placa calentadora en sistemas humidificadores para uso médico**

30 Prioridad:

10.08.2018 US 201862717217 P

04.01.2019 US 201962788696 P

13.03.2019 US 201962817968 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
26.03.2025

73 Titular/es:

FISHER & PAYKEL HEALTHCARE LIMITED
(100.00%)

15 Maurice Paykel Place
East Tamaki Auckland 2013, NZ

72 Inventor/es:

LIANG, WENJIE ROBIN;
YU, YINTAO;
ANDREW, LOGAN ROSS;
GARG, BHUVAN;
GLYNN, FRANCIS y
EVANS, STEPHEN DAVID

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 3 009 087 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

Conjunto de placa calentadora en sistemas humidificadores para uso médico

CAMPO DE LA DESCRIPCIÓN

La presente descripción se refiere a sistemas humidificadores respiratorios y/o quirúrgicos, y sistemas de asistencia de ventilación o respiratoria para los gases que se suministrarán a un paciente o usuario.

ANTECEDENTES

Los aparatos respiratorios se utilizan en diversos entornos, como hospitales, instalaciones médicas, atención residencial, cuidados paliativos o entornos domésticos. Para una gama de aplicaciones respiratorias, es beneficioso humidificar los gases que se suministran a un paciente o usuario. Estas aplicaciones incluyen dónde están los gases para la respiración del paciente o usuario y/o dónde se suministra el gas durante la cirugía al paciente o usuario.

En el caso de los gases de respiración en un modo no invasivo cuando el gas inspirado pasa a través de la vía aérea superior, como cuando el gas se administra al paciente o usuario a través de una máscara facial o nasal, la humedad aumenta la comodidad del paciente o usuario, mejora la tolerancia del paciente o usuario a la ventilación no invasiva (NIV - *Non-Invasive Ventilation*), y los gases humidificados son menos propensos a secar los tejidos (por ejemplo, la mucosa nasal) de la vía aérea del paciente o usuario. En el caso de gases quirúrgicos o un modo invasivo cuando los gases suministrados al paciente derivan la vía aérea superior, se ha encontrado que la humidificación de los gases mejora la comodidad del paciente y proporciona beneficios fisiológicos, como un mejor transporte de moco, puede ser necesario para la seguridad del paciente o del usuario, como para prevenir la obstrucción de las vías respiratorias debido a la inspiración de la secreción de las vías respiratorias, la interrupción del epitelio de las vías respiratorias y/o para mejorar los resultados postoperatorios. En el caso de terapia de alto flujo, los gases humidificados se suministran al paciente o usuario a altos flujos a través de una interfaz no sellada. El paciente o usuario puede estar respirando espontáneamente o puede estar apneico, tal como bajo anestesia. Se puede usar un aparato de terapia de flujo con un humidificador para suministrar gases de alto flujo y el aparato de terapia puede controlar características tales como, por ejemplo, el flujo de gases, incluido el caudal, la temperatura, la presión, la humedad, la concentración de gases complementarios y similares. En el caso de la terapia de presión positiva en las vías respiratorias (PAP - *Positive Airway Pressure Therapy*), se puede usar un aparato de terapia de PAP que incluye un soplador y un humidificador para proporcionar terapia de presión, por ejemplo, terapia continua de presión positiva en las vías respiratorias (CPAP - *Continuous Positive Airway Pressure Therapy*), al usuario.

El documento WO2011078706A describe un aparato de suministro de gases humidificados y procedimientos para controlar el aparato en el que se determina un nivel de agua de una cámara humidificadora del aparato. El aparato puede suministrar energía a un calentador utilizado para calentar el contenido de la cámara y determinar un aumento de temperatura durante un período de tiempo mientras se suministra la energía. El aparato puede determinar un nivel de agua dentro de la cámara basado en la energía suministrada, el aumento de temperatura y el período de tiempo. El documento WO2018070883 describe un sistema de humidificación respiratoria comprendiendo un controlador de hardware y/o software configurado para detectar una condición de falta de agua del humidificador al: proporcionar una energía eléctrica a la fuente de calor del humidificador; recibir datos de sensor de un sensor de temperatura de la fuente de calor del humidificador en o cerca de la fuente de calor del humidificador, estando el sensor de temperatura de la fuente de calor del humidificador en comunicación eléctrica con uno o más procesadores de hardware; comparar un gradiente de temperatura en la fuente de calor del humidificador con un gradiente de temperatura umbral que emite una indicación de la condición de falta de agua del humidificador cuando el gradiente de temperatura en la fuente de calor del humidificador es mayor que el gradiente de temperatura umbral.

COMPENDIO DE LA DESCRIPCIÓN

En un sistema humidificador respiratorio o quirúrgico que incorpora una cámara humidificadora para humidificar los gases para su suministro al paciente o usuario, es importante que se mantenga un cierto nivel mínimo de agua para que el sistema humidificador tenga la capacidad de suministrar vapor de agua al flujo de gases para humidificar los gases. En consecuencia, es importante que un profesional de la salud que administre los gases humidificados a un paciente o usuario, o a los propios pacientes o usuarios en el caso de la administración domiciliaria, verifique el nivel de agua y añada más agua a la cámara humidificadora cuando sea necesario. Esta tarea puede pasarse por alto, lo que puede representar un peligro para el paciente o usuario debido a la exposición prolongada de las vías respiratorias a gases secos, causar molestias a los pacientes o usuarios y/o provocar una interrupción en el funcionamiento de la humidificación de los gases o, en algunos casos, daños al sistema humidificador respiratorio. La falta de agua y el hecho de que la cámara esté seca, como debido a que la cámara esté sin agua, también compromete la terapia ya que se reduce la cantidad de humidificación administrada.

Algunos sistemas de humidificador respiratorio pueden detectar una condición de falta de agua y/o emitir alarmas de falta de agua basado en la determinación de la conductividad térmica de la cámara humidificadora. Estos sistemas pueden requerir entradas de sensores de flujo y/o temperatura en varias ubicaciones del dispositivo, como en la placa calentadora de la cámara humidificadora, la salida de la cámara humidificadora y/o el extremo del paciente o usuario del circuito de respiración. Como resultado, dichas funciones de detección y/o alarma de falta de agua no se pueden

implementar en sistemas de humidificador respiratorio que no incorporan todos estos sensores de flujo y/o temperatura.

La presente descripción proporciona ejemplos de sistemas humidificadores respiratorios o quirúrgicos que pueden detectar una condición de falta de agua y/o alarmas de falta de agua de la cámara humidificadora con entradas de una cantidad mínima de sensores, por ejemplo, tan solo un sensor de temperatura en o cerca de la placa calentadora. Por lo tanto, estos procedimientos de detección y/o alarmas de falta de agua pueden implementarse en más tipos de sistemas de humidificación u otros dispositivos de asistencia respiratoria que pueden incluir un humidificador, por ejemplo, sistemas de alto flujo y/o sistemas de CPAP. Los procedimientos de detección y/o alarma de falta de agua descritos en esta invención pueden basarse en la determinación de la capacidad calorífica específica de la cámara humidificadora (incluyendo su contenido, tal como agua), mediante la aplicación de una forma de onda de entrada de energía complementaria (también puede denominarse señal complementaria o señal de energización característica en la descripción de esta invención), y la determinación de la magnitud y/o fase de una señal de temperatura de placa calentadora y/o la lectura de temperatura de una señal de temperatura en o adyacente a la placa calentadora, filtrada a una frecuencia predeterminada. La aplicación de la señal complementaria se puede realizar aplicando la señal complementaria como la señal a la placa calentadora (por ejemplo, durante un modo de espera), o inyectando la señal complementaria en una señal de control de la placa calentadora (por ejemplo, sumando, modulando, intercalando, ciclando o usando cualquier otro esquema para enviar dos señales a través de la misma línea de transmisión, la señal de control de la placa calentadora con la señal complementaria). Esta forma de onda complementaria se puede superponer a la señal de control de la placa calentadora normal, como la señal de energía de la placa calentadora de funcionamiento normal sin polarizar el control normal. La forma de onda complementaria puede ser periódica o cíclica, y/o tener una media cero. La forma de onda puede garantizar que el control normal no esté sesgado. La frecuencia de la señal complementaria puede ser una frecuencia predeterminada. La frecuencia se puede seleccionar para ser segregada, en el dominio de la frecuencia, de las respuestas de control normales. La frecuencia seleccionada puede ayudar a evitar la interferencia con el control normal de la placa calentadora. En un ejemplo, la frecuencia de la señal complementaria puede ser mayor (por ejemplo, ser al menos 1,5 veces mayor, u otros valores descritos en esta invención) que una señal de control de placa calentadora convencional (tal como de funcionamiento normal con el fin de calentar una cámara de humidificación dispuesta sobre la placa calentadora), que puede emitir un ciclo de trabajo y/o similar para calentar la placa calentadora.

A lo largo de esta descripción, la capacidad calorífica específica de la cámara humidificadora se refiere a la capacidad calorífica específica de la cámara humidificadora, incluido su contenido, como el agua.

Además de requerir menos sensores, los procedimientos de detección y/o alarma de falta de agua descritos en esta invención también pueden tener cualquiera de las siguientes ventajas y/u otras ventajas. Por ejemplo, los sistemas de detección y/o alarma de falta de agua descritos en esta invención se basan en el principio de la capacidad calorífica específica y están inherentemente vinculados al volumen de agua, lo que permite que el sistema sea independiente del caudal de los gases. Ser independiente del caudal puede permitir que los procedimientos de detección y/o alarma de falta de agua sean más adecuados para la terapia no invasiva de bajo flujo (por ejemplo, flujo de terapia pediátrica no invasiva a menos de aproximadamente 10 L/min) o terapia invasiva de flujo extremadamente bajo (por ejemplo, terapia neonatal invasiva a menos de aproximadamente 5 L/min) que los procedimientos de detección que dependen del caudal. Ser independiente del caudal también puede permitir que los procedimientos de detección y/o alarma de falta de agua sean inmunes a los errores del sensor de flujo o evitar tener que hacer suposiciones sobre el estado del caudal del sistema. El uso de la capacidad calorífica específica como parámetro para determinar la falta de agua también es ventajoso porque los procedimientos de alarma de falta de agua descritos en esta invención pueden funcionar en varias plataformas diferentes y/o para varios tipos diferentes de cámaras. La metodología de falta de agua descrita es más flexible y más versátil. Además, el procedimiento de detección de falta de agua descrito actualmente puede determinar una condición de falta de agua (sin agua o sustancialmente sin agua) cuando no hay flujo de gases a través del humidificador, tal como, por ejemplo, durante un escenario de espera.

Los procedimientos de detección y/o alarma de falta de agua descritos en esta invención también pueden ser independientes o invariantes al suministro de humedad. Como resultado, los procedimientos descritos en esta invención pueden ser más adecuados para el suministro de gases en escenarios que conducen a una menor generación de humedad, por ejemplo, a partir de una terapia no invasiva que utiliza fuentes de flujo de arrastre de aire ambiente y/o impulsadas por turbina. En estos casos, puede haber mayor humedad entrante (por ejemplo, mayor de aproximadamente 10 mg/L), mayor temperatura del gas entrante (por ejemplo, mayor de aproximadamente 30 grados Celsius) y/o mayores condiciones de temperatura ambiente (por ejemplo, mayor de aproximadamente 25 grados Celsius), lo que puede conducir a menores requisitos de adición de humedad y afectar negativamente a los procedimientos de detección de falta de agua anteriores. Procedimientos de falta de agua similares descritos en esta invención también se pueden usar en modo de alto flujo o en cualquier otro modo de funcionamiento.

La presente descripción también proporciona estructuras de placa calentadora mejoradas que mejoran el acoplamiento térmico de la placa calentadora y pueden reducir las ineficiencias de transferencia de calor debido a los componentes R y C modelados de la placa calentadora. El conjunto de placa calentadora mejorado, específicamente, la inclusión de un aislante eléctrico elástico permite una señal complementaria más pequeña para la detección de falta de agua, que devuelve una señal de retorno con una amplitud aumentada, de modo que la señal de retorno tenga una relación señal/ruido mejorada. El aislante eléctrico elástico puede ser flexible y/o compatible como se describe a continuación.

Un material compatible puede referirse a la capacidad de un material para ser blando, compresible y/o capaz de adaptarse a la forma de una superficie. Por ejemplo, el material compatible puede desplazar los espacios de aire entre las superficies de otros materiales que pueden intercalar el material compatible. A lo largo de esta descripción, un material de aislamiento puede referirse a un material de aislamiento eléctrico, que también puede ser térmicamente conductor.

Un controlador de los sistemas humidificadores respiratorios descritos en esta invención puede aplicar una señal complementaria a la señal de control de la placa calentadora, en lugar de variar exclusivamente la entrada de energía de la placa calentadora y esperar respuestas específicas de la placa calentadora y/o la cámara humidificadora durante un evento de falta de agua. En algunas configuraciones de ejemplo, el controlador puede aplicar continuamente la señal complementaria. El controlador puede aplicar de forma continua y/o intermitente la señal complementaria a la placa calentadora. El controlador puede medir la respuesta a la señal complementaria. El controlador puede muestrear de forma continua y/o intermitente la respuesta a la señal complementaria. Por lo tanto, el procedimiento de detección y/o alarma no tiene que depender de transiciones de estado complejas (como la transición entre estados de flujo bajo y alto) y/o condiciones de activación. Los procedimientos descritos en esta invención se pueden ejecutar continuamente sin afectar una operación normal al energizar la placa calentadora y, por lo tanto, pueden proporcionar tiempos y umbrales de detección ajustables de manera que podrían proporcionar una advertencia antes de que la cámara humidificadora se quede sin agua. Los procedimientos de detección de falta de agua descritos en esta invención también son ventajosos porque el procedimiento no requiere interrupción de la terapia, incluida la interrupción del control de la placa calentadora para hacer que el calentador se caliente o se enfríe. La señal complementaria puede estar a una frecuencia que es sustancialmente diferente a la frecuencia de funcionamiento normal (es decir, la frecuencia de funcionamiento de control de la placa calentadora) y es de una media cero, por lo que no se introduce energía neta en el sistema. Los procedimientos de detección de falta de agua descritos en esta solicitud pueden tener un efecto adverso mínimo o nulo sobre la generación de humedad o el suministro de los gases humidificados al paciente o usuario.

Como se describirá con mayor detalle a continuación, los procedimientos de detección y/o alarma también pueden ser tolerantes al ruido, ya que la señal de interés se filtra naturalmente a la frecuencia de la señal complementaria, también denominada en esta solicitud frecuencia aplicada.

Los procedimientos de detección y/o alarma descritos en esta invención se pueden incorporar en una variedad de sistemas humidificadores respiratorios y/o quirúrgicos, tales como dispositivos de CPAP, dispositivos de terapia de alto flujo, humidificadores quirúrgicos, humidificadores respiratorios, CPAP infantil, alto flujo infantil, terapia de NIV y similares.

En algunas configuraciones, un conjunto de placa calentadora de múltiples capas para un humidificador respiratorio puede comprender una placa de calentamiento superior; un elemento de calentamiento configurado para generar calor; y una disposición de aislamiento doble configurada para proporcionar aislamiento eléctrico entre la placa de calentamiento y el elemento de calentamiento, la disposición de aislamiento doble comprendiendo dos elementos de aislamiento, un primer elemento de aislamiento de los dos elementos de aislamiento que tiene una primera flexibilidad y un segundo elemento de aislamiento de los dos elementos de aislamiento que tiene una segunda flexibilidad diferente de la primera flexibilidad.

En algunas configuraciones, el conjunto de placa calentadora de múltiples capas puede acoplarse de forma extraíble mediante uno o más sujetadores.

En algunas configuraciones, el conjunto de placa calentadora de múltiples capas se puede formar atornillando una placa inferior a la placa calentadora superior con el elemento de calentamiento y la disposición de doble aislamiento entre ellos.

En algunas configuraciones, la placa de calentamiento superior puede comprender un bloque de montaje de sensores configurado para recibir al menos un sensor de temperatura.

En algunas configuraciones, el bloque de montaje de sensores puede configurarse para recibir dos sensores de temperatura.

En algunas configuraciones, el al menos un sensor de temperatura puede comprender un termistor.

En algunas configuraciones, la característica de seguridad puede comprender una unidad de corte térmico.

En algunas configuraciones, la placa inferior puede comprender una plataforma para soportar la característica de seguridad.

En algunas configuraciones, la característica de seguridad se puede asegurar a la plataforma mediante tornillos.

En algunas configuraciones, la plataforma puede sobresalir de un resto de la placa inferior.

En algunas configuraciones, la placa inferior puede comprender una ranura donde la característica de seguridad está acoplada a la placa inferior para mejorar el aislamiento de la característica de seguridad del elemento de calentamiento.

- 5 En algunas configuraciones, la placa inferior puede comprender además una etapa de recorte a lo largo de una longitud de la ranura.

En algunas configuraciones, la ranura puede tener forma de L.

En algunas configuraciones, la ranura puede terminar en o cerca de la periferia del elemento de calentamiento.

En algunas configuraciones, la ranura puede extenderse radialmente hacia afuera más allá de una periferia de la disposición de doble aislamiento.

- 10 En algunas configuraciones, la placa inferior puede comprender una etapa de recorte cerca del bloque de montaje del sensor cuando se ensambla el conjunto de placa calentadora.

En algunas configuraciones, un elemento de aislamiento de la disposición de doble aislamiento puede ser más flexible o compatible que el otro elemento de aislamiento. En algunas configuraciones, el primer elemento de aislamiento puede ser más flexible que el segundo elemento de aislamiento.

- 15 En algunas configuraciones, un elemento de aislamiento de la disposición de aislamiento eléctrico doble puede comprender un material de aislamiento compatible configurado para desplazar los espacios de aire entre la placa de calentamiento superior y el elemento de calentamiento.

En algunas configuraciones, un elemento de aislamiento de la disposición de aislamiento eléctrico doble puede comprender un material de aislamiento flexible.

- 20 En algunas configuraciones, el primer elemento de aislamiento puede tener una primera suavidad y el segundo elemento de aislamiento puede tener una segunda suavidad, de modo que uno de los elementos de aislamiento sea más blando que el otro elemento.

En algunas configuraciones, el primer elemento de aislamiento puede comprender un material elástico.

- 25 En algunas configuraciones, uno de los elementos de aislamiento puede tener una escala de dureza Shore 00 de 50 a 100.

En algunas configuraciones, uno de los elementos de aislamiento puede tener una escala de dureza Shore 00 de 80.

En algunas configuraciones, los dos elementos de aislamiento pueden comprender al menos una capa de aislamiento inflexible.

En algunas configuraciones, la al menos una capa de aislamiento inflexible puede comprender mica.

- 30 En algunas configuraciones, el conjunto puede comprender una capa de material de aislamiento compatible.

En algunas configuraciones, el conjunto de placa calentadora de múltiples capas puede comprender además una capa adicional de material aislante compatible configurada para desplazar los espacios de aire entre los componentes del conjunto de placa calentadora.

- 35 En algunas configuraciones, los dos elementos de aislamiento pueden comprender dos capas de aislamiento inflexibles.

En algunas configuraciones, el conjunto puede comprender dos capas de materiales de aislamiento compatibles.

En algunas configuraciones, los dos elementos de aislamiento pueden comprender dos capas de los materiales de aislamiento compatibles configurados para desplazar los espacios de aire entre los componentes del conjunto de placa calentadora.

- 40 En algunas configuraciones, el material de aislamiento compatible puede comprender un elastómero térmicamente conductor, pero eléctricamente aislante.

En algunas configuraciones, el material de aislamiento compatible puede comprender silicona o compuesto de silicona.

En algunas configuraciones, el material de aislamiento compatible puede comprender un sustrato de fibra de vidrio y un material térmicamente conductor incrustado en el sustrato o colocado en el sustrato.

- 45 En algunas configuraciones, el material de aislamiento compatible puede tener un voltaje de ruptura de al menos 4000 V CA.

En algunas configuraciones, el material de aislamiento compatible puede tener un voltaje de ruptura de al menos 6000 V CA.

En algunas configuraciones, el material de aislamiento compatible puede tener una conductividad térmica de al menos 1,8 W/(m.K).

- 5 En algunas configuraciones, un conjunto de placa calentadora de múltiples capas para un humidificador respiratorio puede comprender una placa calentadora superior; una placa inferior; un elemento de calentamiento configurado para generar calor, estando el elemento de calentamiento unido por la placa calentadora superior y la placa inferior; un primer material aislante elástico entre la placa calentadora superior y el elemento de calentamiento; y un segundo material aislante elástico entre la placa inferior y el elemento de calentamiento; en donde el primer y el segundo material aislante elástico pueden ocupar espacios de aire entre la placa calentadora superior y el elemento de calentamiento y entre la parte inferior y el elemento de calentamiento, respectivamente. El primer o segundo material de aislamiento es un material de aislamiento eléctrico. En algunas configuraciones, los materiales de aislamiento eléctrico elásticos primero y segundo pueden desplazar los espacios de aire entre la placa de calentamiento superior y el elemento de calentamiento y entre la placa inferior y el elemento de calentamiento, respectivamente.
- 10
- 15 En algunas configuraciones, el conjunto de placa calentadora de múltiples capas puede acoplarse de forma extraíble mediante uno o más sujetadores.

En algunas configuraciones, el conjunto de placa calentadora de múltiples capas se puede formar atornillando la placa inferior a la placa de calentamiento superior con el elemento de calentamiento y el primer y segundo materiales de aislamiento elástico entre ellos.
- 20 En algunas configuraciones, el primer material de aislamiento elástico y/o el segundo material de aislamiento elástico pueden tener una escala de dureza Shore 00 de 50 a 100.

En algunas configuraciones, el primer material de aislamiento elástico y/o el segundo material de aislamiento elástico pueden tener una escala de dureza Shore 00 de 80.
- 25 En algunas configuraciones, el conjunto puede comprender una disposición de aislamiento eléctrico doble que incluye dos elementos de aislamiento.

En algunas configuraciones, los dos elementos de aislamiento pueden comprender dos capas de aislamiento eléctrico inflexibles.

En algunas configuraciones, el conjunto de placa calentadora de múltiples capas puede comprender además una capa de aislamiento eléctrico inflexible.
- 30 En algunas configuraciones, las capas de aislamiento eléctrico inflexibles pueden comprender mica.

En algunas configuraciones, los dos elementos de aislamiento pueden comprender dos capas que están separadas entre sí.

En algunas configuraciones, los materiales de aislamiento eléctrico elásticos primero y segundo pueden comprender dos capas que están separadas entre sí.
- 35 En algunas configuraciones, el primer y/o segundo material de aislamiento eléctrico elástico puede comprender un elastómero térmicamente conductor, pero eléctricamente aislante.

En algunas configuraciones, el primer y/o segundo material de aislamiento eléctrico elástico puede comprender silicona o compuesto de silicona.
- 40 En algunas configuraciones, el primer y/o segundo material de aislamiento eléctrico elástico puede comprender un sustrato de fibra de vidrio y un material térmicamente conductor incrustado en el sustrato o colocado en el sustrato.

En algunas configuraciones, el primer y/o segundo material de aislamiento eléctrico elástico puede tener una tensión de ruptura de al menos 4 000 V CA.

En algunas configuraciones, el primer y/o segundo material de aislamiento eléctrico elástico puede tener una tensión de ruptura de al menos 6000 V CA.
- 45 En algunas configuraciones, el primer y/o segundo material de aislamiento eléctrico elástico puede tener una conductividad térmica de al menos 1,8 W/(m.K).

En algunas configuraciones, el primer y/o segundo material de aislamiento eléctrico elástico puede comprender un material compatible configurado para desplazar los espacios de aire entre los componentes del conjunto de placa calentadora de múltiples capas.
- 50 En algunas configuraciones, la placa de calentamiento superior puede comprender un metal.

- En algunas configuraciones, la placa de calentamiento superior puede comprender una cavidad en una superficie inferior y una superficie superior expuesta para entrar en contacto con una base de una cámara humidificadora del humidificador respiratorio.
- 5 En algunas configuraciones, la placa de calentamiento superior puede comprender un bloque de montaje de sensor configurado para recibir al menos un sensor de temperatura.
- En algunas configuraciones, el bloque de montaje de sensores puede configurarse para recibir dos sensores de temperatura.
- En algunas configuraciones, el al menos un sensor de temperatura puede comprender un termistor.
- En algunas configuraciones, la característica de seguridad puede comprender una unidad de corte térmico.
- 10 En algunas configuraciones, la placa inferior puede comprender una plataforma para soportar la característica de seguridad.
- En algunas configuraciones, la característica de seguridad se puede asegurar a la plataforma mediante tornillos.
- En algunas configuraciones, la plataforma puede sobresalir de un resto de la placa inferior.
- 15 En algunas configuraciones, la placa inferior puede comprender una ranura donde la característica de seguridad está acoplada a la placa inferior para mejorar el aislamiento de la característica de seguridad del elemento de calentamiento.
- En algunas configuraciones, la placa inferior puede comprender además una etapa de recorte a lo largo de una longitud de la ranura.
- En algunas configuraciones, la ranura puede tener forma de L.
- 20 En algunas configuraciones, la ranura puede terminar en o cerca de la periferia del elemento de calentamiento.
- En algunas configuraciones, la ranura puede extenderse radialmente hacia afuera más allá de una periferia de la disposición de doble aislamiento.
- En algunas configuraciones, la placa inferior puede comprender una etapa de recorte cerca del bloque de montaje del sensor cuando se ensambla el conjunto de placa calentadora.
- 25 En algunas configuraciones, un conjunto de placa calentadora de múltiples capas para un humidificador respiratorio puede comprender una placa calentadora superior; un elemento de calentamiento configurado para generar calor, el elemento de calentamiento ubicado debajo de la placa calentadora superior; y una capa de interfaz térmica entre la placa calentadora superior y el elemento de calentamiento, la capa de interfaz térmica comprendiendo un material de interfaz térmica compatible configurado para desplazar los espacios de aire entre la placa calentadora superior y el
- 30 elemento de calentamiento.
- En algunas configuraciones, la capa de interfaz térmica se puede configurar para desplazar los espacios de aire entre la placa de calentamiento superior y el elemento de calentamiento para mejorar la conductividad térmica entre la placa de calentamiento superior y el elemento de calentamiento.
- 35 En algunas configuraciones, el conjunto de placa calentadora de múltiples capas puede acoplarse de forma extraíble mediante uno o más sujetadores.
- En algunas configuraciones, el conjunto de placa calentadora multicapa puede comprender una placa inferior, en donde el elemento de calentamiento está unido por la placa calentadora superior y la placa inferior.
- En algunas configuraciones, la capa de interfaz térmica puede comprender un espesor suficiente para proporcionar aislamiento eléctrico.
- 40 En algunas configuraciones, el conjunto de placa calentadora de múltiples capas se puede formar atornillando una placa inferior a la placa calentadora superior con el elemento de calentamiento y la capa de interfaz térmica entre ellos.
- En algunas configuraciones, la placa de calentamiento superior puede comprender un bloque de montaje de sensor configurado para recibir al menos un sensor de temperatura.
- 45 En algunas configuraciones, el bloque de montaje de sensores puede configurarse para recibir dos sensores de temperatura.
- En algunas configuraciones, el al menos un sensor de temperatura puede comprender un termistor.

- En algunas configuraciones, el conjunto de placa calentadora de múltiples capas puede comprender además una característica de seguridad acoplada a la placa inferior.
- En algunas configuraciones, la característica de seguridad puede comprender una unidad de corte térmico.
- 5 En algunas configuraciones, la placa inferior puede comprender una plataforma para soportar la característica de seguridad.
- En algunas configuraciones, la característica de seguridad se puede asegurar a la plataforma mediante tornillos.
- En algunas configuraciones, la plataforma puede sobresalir de un resto de la placa inferior.
- 10 En algunas configuraciones, la placa inferior puede comprender una ranura donde la característica de seguridad está acoplada a la placa inferior para mejorar el aislamiento de la característica de seguridad del elemento de calentamiento.
- En algunas configuraciones, la placa inferior puede comprender además una etapa de recorte a lo largo de una longitud de la ranura.
- En algunas configuraciones, la ranura puede tener forma de L.
- En algunas configuraciones, la ranura puede terminar en o cerca de la periferia del elemento de calentamiento.
- 15 En algunas configuraciones, la ranura puede extenderse radialmente hacia afuera más allá de una periferia de la capa de interfaz térmica.
- En algunas configuraciones, la placa inferior puede comprender una etapa de recorte cerca del bloque de montaje del sensor cuando se ensambla el conjunto de placa calentadora.
- En algunas configuraciones, la capa de interfaz térmica puede tener una escala de dureza Shore 00 de 50 a 100.
- 20 En algunas configuraciones, la capa de interfaz térmica puede tener una escala de dureza Shore 00 de 70 a 90.
- En algunas configuraciones, la capa de interfaz térmica puede tener una escala de dureza Shore 00 de 80.
- En algunas configuraciones, el material de la interfaz térmica puede ser eléctricamente aislante.
- 25 En algunas configuraciones, el conjunto de placa calentadora de múltiples capas puede comprender además una segunda capa de material de aislamiento compatible configurada para desplazar los espacios de aire entre los componentes del conjunto de placa calentadora de múltiples capas.
- En algunas configuraciones, la segunda capa de interfaz térmica puede estar situada entre el elemento de calentamiento y la placa inferior.
- En algunas configuraciones, la segunda capa de interfaz térmica puede estar situada entre la placa de calentamiento superior y la placa inferior.
- 30 En algunas configuraciones, el conjunto de placa calentadora de múltiples capas puede comprender al menos una capa de aislamiento eléctrico inflexible.
- En algunas configuraciones, la al menos una capa de aislamiento eléctrico inflexible puede ubicarse entre la capa de interfaz térmica compatible y el elemento de calentamiento.
- 35 En algunas configuraciones, el conjunto de placa calentadora multicapa puede comprender al menos una capa de aislamiento eléctrico inflexible entre el elemento de calentamiento y la placa inferior.
- En algunas configuraciones, el conjunto de placa calentadora multicapa puede comprender dos capas de aislamiento eléctrico inflexibles entre el elemento de calentamiento y la placa inferior.
- En algunas configuraciones, la al menos una capa de aislamiento eléctrico inflexible puede comprender mica.
- En algunas configuraciones, la segunda capa de interfaz térmica puede ser eléctricamente conductora.
- 40 En algunas configuraciones, el material de interfaz térmica compatible puede comprender un elastómero térmicamente conductor, pero eléctricamente aislante.
- En algunas configuraciones, el material de interfaz térmica compatible puede comprender silicona o compuesto de silicona.
- 45 En algunas configuraciones, el material de interfaz térmica compatible puede comprender un sustrato de fibra de vidrio y un material térmicamente conductor incrustado en el sustrato o colocado en el sustrato.

En algunas configuraciones, el material de interfaz térmica compatible puede tener un voltaje de ruptura de al menos 4000 V CA.

En algunas configuraciones, el material de interfaz térmica compatible puede tener un voltaje de ruptura de al menos 6000 V CA.

- 5 En algunas configuraciones, el material de interfaz térmica compatible puede tener una conductividad térmica de al menos 1,8 W/(m.K).

En algunas configuraciones, el material de interfaz térmica compatible puede ser elástico.

- 10 En algunas configuraciones, un conjunto de placa calentadora de múltiples capas para un humidificador respiratorio puede comprender una placa calentadora superior; una placa inferior; un elemento de calentamiento configurado para generar calor, el elemento de calentamiento unido por la placa calentadora superior y la placa inferior; una capa de interfaz térmica compatible entre la placa inferior y la placa calentadora superior y configurada para desplazar los espacios de aire entre la placa inferior y la placa calentadora superior.

En algunas configuraciones, el conjunto de placa calentadora de múltiples capas puede acoplarse de forma extraíble mediante uno o más sujetadores.

- 15 En algunas configuraciones, el conjunto de placa calentadora de múltiples capas se puede formar atornillando una placa inferior a la placa calentadora superior con el elemento de calentamiento y la disposición de aislamiento eléctrico doble entre ellos.

En algunas configuraciones, la placa de calentamiento superior puede comprender un bloque de montaje de sensor configurado para recibir al menos un sensor de temperatura.

- 20 En algunas configuraciones, el bloque de montaje de sensores puede configurarse para recibir dos sensores de temperatura.

En algunas configuraciones, el al menos un sensor de temperatura puede comprender un termistor.

En algunas configuraciones, el conjunto de placa calentadora de múltiples capas puede comprender además una característica de seguridad acoplada a la placa inferior.

- 25 En algunas configuraciones, la característica de seguridad puede comprender una unidad de corte térmico.

En algunas configuraciones, la placa inferior puede comprender una plataforma para soportar la característica de seguridad.

En algunas configuraciones, la característica de seguridad se puede asegurar a la plataforma mediante tornillos.

En algunas configuraciones, la plataforma puede sobresalir de un resto de la placa inferior.

- 30 En algunas configuraciones, la placa inferior puede comprender una ranura donde la característica de seguridad está acoplada a la placa inferior para mejorar el aislamiento de la característica de seguridad del elemento de calentamiento.

En algunas configuraciones, la placa inferior puede comprender además una etapa de recorte a lo largo de una longitud de la ranura.

- 35 En algunas configuraciones, la ranura puede tener forma de L.

En algunas configuraciones, la ranura puede terminar en o cerca de la periferia del elemento de calentamiento.

En algunas configuraciones, la ranura puede extenderse radialmente hacia afuera más allá de una periferia de la capa de interfaz térmica compatible.

- 40 En algunas configuraciones, la placa inferior puede comprender una etapa de recorte cerca del bloque de montaje del sensor cuando se ensambla el conjunto de placa calentadora.

En algunas configuraciones, la capa de interfaz térmica compatible puede configurarse para desplazar los espacios de aire entre un borde de la placa inferior y la placa de calentamiento superior.

En algunas configuraciones, la capa de interfaz térmica compatible puede tener una escala de dureza Shore 00 de 50 a 100.

- 45 En algunas configuraciones, la capa de interfaz térmica compatible puede tener una escala de dureza Shore 00 de 70 a 90.

- En algunas configuraciones, la capa de interfaz térmica compatible puede tener una escala de dureza Shore 00 de 80.
- En algunas configuraciones, la capa de interfaz térmica compatible puede ser eléctricamente aislante.
- En algunas configuraciones, el conjunto de placa calentadora de múltiples capas puede comprender una segunda capa de interfaz térmica configurada para desplazar los espacios de aire entre la placa calentadora superior y el elemento de calentamiento.
- En algunas configuraciones, la segunda capa de interfaz térmica puede ser eléctricamente conductora.
- En algunas configuraciones, el conjunto de placa calentadora de múltiples capas puede comprender al menos una capa de aislamiento eléctrico inflexible.
- En algunas configuraciones, la al menos una capa de aislamiento eléctrico inflexible puede comprender mica.
- En algunas configuraciones, la al menos una capa de aislamiento eléctrico inflexible puede ubicarse entre la capa de interfaz térmica compatible y el elemento de calentamiento.
- En algunas configuraciones, la al menos una capa de aislamiento eléctrico inflexible puede ubicarse entre el elemento de calentamiento y la placa inferior.
- En algunas configuraciones, la capa de interfaz térmica compatible puede comprender un elastómero térmicamente conductor, pero eléctricamente aislante.
- En algunas configuraciones, la capa de interfaz térmica compatible puede comprender silicona o compuesto de silicona.
- En algunas configuraciones, la capa de interfaz térmica compatible puede comprender un sustrato de fibra de vidrio y un material térmicamente conductor incrustado en el sustrato o colocado en el sustrato.
- En algunas configuraciones, la capa de interfaz térmica compatible puede tener un voltaje de ruptura de al menos 4000 V CA.
- En algunas configuraciones, la capa de interfaz térmica compatible puede tener un voltaje de ruptura de al menos 6000 V CA.
- En algunas configuraciones, la capa de interfaz térmica compatible puede tener una conductividad térmica de al menos 1,8 W/(m.K).
- En algunas configuraciones, la capa de interfaz térmica compatible puede ser elástica.
- En algunas configuraciones, un conjunto de placa calentadora de múltiples capas para un humidificador respiratorio puede comprender una placa calentadora superior; un elemento de calentamiento configurado para generar calor, el elemento de calentamiento ubicado debajo de la placa calentadora superior; y una capa de interfaz térmica entre la placa calentadora superior y el elemento de calentamiento, la capa de interfaz térmica comprendiendo un material de interfaz térmica elástico.
- En algunas configuraciones, el conjunto de placa calentadora de múltiples capas puede acoplarse de forma extraíble mediante uno o más sujetadores.
- En algunas configuraciones, el conjunto de placa calentadora de múltiples capas se puede formar atornillando una placa inferior a la placa calentadora superior con el elemento de calentamiento y el primer y segundo materiales de aislamiento eléctrico elástico entre ellos.
- En algunas configuraciones, el material de aislamiento eléctrico elástico puede tener una escala de dureza Shore 00 de 50 a 100.
- En algunas configuraciones, el material de aislamiento eléctrico elástico puede tener una escala de dureza Shore 00 de 70 a 90.
- En algunas configuraciones, el material de aislamiento eléctrico elástico puede tener una escala de dureza Shore 00 de 80.
- En algunas configuraciones, el conjunto de placa calentadora de múltiples capas puede comprender una capa de aislamiento eléctrico inflexible.
- En algunas configuraciones, las capas de aislamiento eléctrico inflexibles pueden comprender mica.
- En algunas configuraciones, el material de aislamiento eléctrico elástico puede comprender un elastómero térmicamente conductor pero eléctricamente aislante.

En algunas configuraciones, el material de aislamiento eléctrico elástico puede comprender siliconas o un compuesto de silicona.

En algunas configuraciones, el material de aislamiento eléctrico elástico puede comprender un sustrato de fibra de vidrio y un material térmicamente conductor incrustado en el sustrato o colocado en el sustrato.

- 5 En algunas configuraciones, el material de aislamiento eléctrico elástico puede tener un voltaje de ruptura de al menos 4 000 V CA.

En algunas configuraciones, el material de aislamiento eléctrico elástico puede tener un voltaje de ruptura de al menos 6000 V CA.

- 10 En algunas configuraciones, el material de aislamiento eléctrico elástico puede tener una conductividad térmica de al menos 1,8 W/(m.K).

En algunas configuraciones, la placa de calentamiento superior puede comprender un metal.

En algunas configuraciones, la placa de calentamiento superior puede comprender una cavidad en una superficie inferior y una superficie superior expuesta para entrar en contacto con una base de una cámara de humidificador del humidificador respiratorio.

- 15 En algunas configuraciones, la placa de calentamiento superior puede comprender un bloque de montaje de sensor configurado para recibir al menos un sensor de temperatura.

En algunas configuraciones, el bloque de montaje de sensores puede configurarse para recibir dos sensores de temperatura.

En algunas configuraciones, el al menos un sensor de temperatura puede comprender un termistor.

- 20 En algunas configuraciones, el conjunto de placa calentadora de múltiples capas puede comprender además una característica de seguridad acoplada a la placa inferior.

En algunas configuraciones, la característica de seguridad puede comprender una unidad de corte térmico.

En algunas configuraciones, la placa inferior puede comprender una plataforma para soportar la característica de seguridad.

- 25 En algunas configuraciones, la característica de seguridad se puede asegurar a la plataforma mediante tornillos.

En algunas configuraciones, la plataforma puede sobresalir de un resto de la placa inferior.

En algunas configuraciones, la placa inferior puede comprender una ranura donde la característica de seguridad está acoplada a la placa inferior para mejorar el aislamiento de la característica de seguridad del elemento de calentamiento.

- 30 En algunas configuraciones, la placa inferior puede comprender además una etapa de recorte a lo largo de una longitud de la ranura.

En algunas configuraciones, la ranura puede tener forma de L.

En algunas configuraciones, la ranura puede terminar en o cerca de la periferia del elemento de calentamiento.

- 35 En algunas configuraciones, la ranura puede extenderse radialmente hacia afuera más allá de una periferia del primer y/o segundo material de aislamiento elástico.

En algunas configuraciones, la placa inferior puede comprender una etapa de recorte cerca del bloque de montaje del sensor cuando se ensambla el conjunto de placa calentadora.

- 40 En algunas configuraciones, un sistema humidificador para su uso en procedimientos médicos puede comprender una unidad de base; y una cámara humidificadora que se puede recibir en la unidad de base, en donde la unidad de base puede comprender cualquiera de los ejemplos de conjunto de placa calentadora de múltiples capas descritos anteriormente.

En algunas configuraciones, la cámara humidificadora puede comprender una base conductora, la base conductora forzada a entrar en contacto con el conjunto de placa calentadora cuando la cámara humidificadora se coloca en la unidad de base.

- 45 En algunas configuraciones, el conjunto de placa calentadora puede calentar la cámara humidificadora para calentar el contenido de la cámara con el fin de humidificar los gases que pasan a través de la cámara.

En algunas configuraciones, el sistema puede comprender un tubo configurado para transportar gases desde la cámara humidificadora a una interfaz de paciente.

5 En algunas configuraciones, un sistema humidificador para su uso en procedimientos médicos puede comprender una carcasa configurada para recibir una cámara humidificadora; y un conjunto de placa calentadora ubicado al menos parcialmente dentro de la carcasa, el conjunto de placa calentadora incluye: una placa calentadora superior, en donde la placa calentadora superior está configurada para entrar en contacto con una base de la cámara humidificadora cuando la cámara humidificadora es recibida por la carcasa; un termistor ubicado en o cerca de la placa calentadora superior; un elemento de calentamiento configurado para generar calor; y una disposición de aislamiento eléctrico entre la placa calentadora superior y el elemento de calentamiento, en donde la disposición de aislamiento eléctrico puede acoplar térmicamente el elemento de calentamiento y la placa calentadora superior de manera que el calor generado por una señal de energía al elemento de calentamiento se transmite a la placa calentadora superior.

En algunas configuraciones, la disposición de aislamiento eléctrico puede mejorar el acoplamiento térmico entre el elemento de calentamiento y la placa calentadora superior.

15 En algunas configuraciones, un sistema humidificador para su uso en procedimientos médicos puede comprender una carcasa configurada para recibir una cámara humidificadora; y un conjunto de placa calentadora ubicado al menos parcialmente dentro de la carcasa, el conjunto de placa calentadora incluye: una placa calentadora superior, en donde la placa calentadora superior está configurada para entrar en contacto con una base de la cámara humidificadora cuando la cámara humidificadora es recibida por la carcasa; un termistor ubicado en o cerca de la placa calentadora superior; un elemento de calentamiento configurado para generar calor; y una disposición de aislamiento eléctrico entre la placa calentadora superior y el elemento de calentamiento, en donde la disposición de aislamiento eléctrico puede acoplar térmicamente el elemento de calentamiento y la placa calentadora superior de manera que el calor generado por una señal de energía al elemento de calentamiento se transmite a la placa calentadora superior. En algunas configuraciones, la disposición de aislamiento eléctrico puede mejorar el acoplamiento térmico entre el elemento de calentamiento y la placa calentadora superior.

25 En algunas configuraciones, la disposición de aislamiento eléctrico puede comprender una lámina de aislamiento flexible o compatible.

En algunas configuraciones, la disposición de aislamiento eléctrico puede comprender una lámina de aislamiento elástico.

30 En algunas configuraciones, la disposición de aislamiento eléctrico puede comprender una lámina de aislamiento compatible configurada para desplazar los espacios de aire entre la placa de calentamiento superior y el elemento de calentamiento.

En algunas configuraciones, la lámina de aislamiento flexible o compatible puede mejorar la conducción de calor desde el elemento de calentamiento a la placa calentadora superior.

35 En algunas configuraciones, la lámina de aislamiento eléctrico puede mejorar la conducción de calor desde el elemento de calentamiento hasta la placa calentadora superior.

En algunas configuraciones, la lámina de aislamiento flexible o compatible puede reducir la capacitancia del conjunto de placa calentadora, de modo que se mejore la conductividad térmica entre los componentes del conjunto de placa calentadora.

40 En algunas configuraciones, la lámina de aislamiento eléctrico puede reducir la capacitancia del conjunto de placa calentadora, de modo que se mejore la conductividad térmica entre los componentes del conjunto de placa calentadora.

En algunas configuraciones, el sistema puede comprender una disposición de aislamiento eléctrico doble que incluye dos elementos de aislamiento.

45 En algunas configuraciones, los dos elementos de aislamiento pueden comprender dos capas de aislamiento inflexibles.

En algunas configuraciones, las dos capas de aislamiento inflexibles pueden comprender mica.

En algunas configuraciones, los dos elementos de aislamiento pueden comprender dos capas que están separadas entre sí.

50 En algunas configuraciones, la disposición de aislamiento eléctrico doble puede estar situada entre la disposición de aislamiento eléctrico y el elemento de calentamiento.

En algunas configuraciones, la disposición de aislamiento eléctrico puede comprender un elastómero térmicamente conductor, pero eléctricamente aislante.

En algunas configuraciones, la disposición de aislamiento eléctrico puede comprender silicona o compuesto de silicona.

En algunas configuraciones, la disposición de aislamiento eléctrico puede comprender un sustrato de fibra de vidrio y un material térmicamente conductor incrustado en el sustrato o colocado en el sustrato.

- 5 En algunas configuraciones, la disposición de aislamiento eléctrico comprende un material que tiene una tensión de ruptura de al menos 4000 V CA.

En algunas configuraciones, la disposición de aislamiento eléctrico puede comprender un material que tiene un voltaje de ruptura de al menos 6000 V CA.

- 10 En algunas configuraciones, la disposición de aislamiento eléctrico puede comprender un material que tiene una conductividad térmica de al menos 1,8 W/(m.K).

- 15 En algunas configuraciones, la disposición de aislamiento puede mejorar el acoplamiento térmico entre el elemento de calentamiento y la placa calentadora superior, de modo que una forma de onda aplicada a la señal de energía para detectar condiciones de baja cantidad de agua o de falta de agua en la cámara humidificadora puede ser de una energía reducida. En algunas configuraciones, la disposición de aislamiento puede mejorar el acoplamiento térmico entre el elemento de calentamiento y la placa calentadora superior, de modo que una forma de onda inyectada en la señal de energía para detectar condiciones de baja cantidad de agua o de falta de agua en la cámara humidificadora puede ser de una energía reducida.

- 20 En algunas configuraciones, la disposición de aislamiento eléctrico puede mejorar el acoplamiento térmico entre el elemento de calentamiento y la placa calentadora superior, de modo que una lectura de temperatura del termistor corresponda mejor a una temperatura del agua en la cámara humidificadora.

En algunas configuraciones, el conjunto de placa calentadora puede comprender una placa inferior, el elemento de calentamiento y la disposición de aislamiento eléctrico pueden estar unidos entre la placa inferior y la placa calentadora superior.

En algunas configuraciones, la placa inferior puede entrar en contacto con la disposición de aislamiento eléctrico.

- 25 En algunas configuraciones, el conjunto de placa calentadora puede comprender una lámina de aislamiento flexible o compatible entre la placa de calentamiento superior y la placa inferior.

En algunas configuraciones, el conjunto de placa calentadora puede comprender una lámina de aislamiento eléctrico flexible entre la placa de calentamiento superior y la placa inferior.

- 30 En algunas configuraciones, el conjunto de placa calentadora puede comprender una lámina de aislamiento eléctrico compatible entre la placa de calentamiento superior y la placa inferior configurada para desplazar los espacios de aire entre la placa de calentamiento superior y la placa inferior.

En algunas configuraciones, la placa de calentamiento superior puede comprender un bloque de montaje de sensor configurado para recibir al menos un sensor de temperatura.

- 35 En algunas configuraciones, el bloque de montaje de sensores puede configurarse para recibir dos sensores de temperatura.

En algunas configuraciones, el sensor de temperatura puede comprender un termistor.

En algunas configuraciones, la característica de seguridad puede comprender una unidad de corte térmico.

En algunas configuraciones, la placa inferior puede comprender una plataforma para soportar la característica de seguridad.

- 40 En algunas configuraciones, la característica de seguridad se puede asegurar a la plataforma mediante tornillos.

En algunas configuraciones, la plataforma puede sobresalir de un resto de la placa inferior.

En algunas configuraciones, la placa inferior puede comprender una ranura donde la característica de seguridad está acoplada a la placa inferior para mejorar el aislamiento de la característica de seguridad del elemento de calentamiento.

- 45 En algunas configuraciones, la placa inferior puede comprender además una etapa de recorte a lo largo de una longitud de la ranura.

En algunas configuraciones, la ranura puede tener forma de L.

En algunas configuraciones, la ranura puede terminar en o cerca de la periferia del elemento de calentamiento.

En algunas configuraciones, la ranura puede extenderse radialmente hacia afuera más allá de una periferia de la disposición de doble aislamiento.

En algunas configuraciones, la placa inferior puede comprender una etapa de recorte cerca del bloque de montaje del sensor cuando se ensambla el conjunto de placa calentadora.

- 5 Según la invención reivindicada, un sistema humidificador respiratorio o quirúrgico con baja detección de agua y/o falta de agua incluye una unidad base comprendiendo una placa calentadora que incluye uno o más elementos calentadores y un controlador de hardware en comunicación electrónica con uno o más elementos calentadores de la placa calentadora y configurada para energizar uno o más elementos calentadores de la placa calentadora. El sistema puede incluir además una cámara humidificadora que define un volumen y que incluye una base conductora que se puede recibir en la unidad de base de tal manera que la base conductora entra en contacto con la placa calentadora, la cámara humidificadora configurada para contener un nivel de agua. El controlador de hardware está configurado para determinar un valor a partir del cual se puede inferir la capacidad calorífica específica de la cámara humidificadora, incluido su contenido, y determinar una condición de baja cantidad de agua o de falta de agua basándose, al menos en parte, en el valor determinado a partir del cual se puede inferir la capacidad calorífica específica.

El controlador de hardware se puede configurar para determinar un valor de capacidad calorífica específica de la cámara humidificadora y determinar una condición de baja cantidad de agua o de falta de agua basándose, al menos en parte, en el valor de capacidad calorífica específica determinado.

- 20 En algunas configuraciones, el controlador de hardware puede determinar que una condición de poca agua o de falta de agua está presente en respuesta a que el valor de capacidad calorífica específica determinado está por debajo de un umbral. En algunas configuraciones, el controlador de hardware puede determinar que una condición de bajo nivel de agua o de falta de agua está presente en respuesta al valor determinado a partir del cual se puede inferir que la capacidad calorífica específica está por debajo de un umbral.

- 25 En algunas configuraciones, el controlador de hardware puede determinar continuamente el valor de la capacidad calorífica específica. En algunas configuraciones, el controlador de hardware puede determinar continuamente el valor a partir del cual se puede inferir la capacidad calorífica específica.

En algunas configuraciones, el controlador de hardware puede determinar intermitentemente el valor de la capacidad calorífica específica. En algunas configuraciones, el controlador de hardware puede determinar intermitentemente el valor a partir del cual se puede inferir la capacidad calorífica específica.

- 30 En algunas configuraciones, el valor de la capacidad calorífica específica puede determinarse como una puntuación numérica. En algunas configuraciones, el valor a partir del cual se puede inferir la capacidad calorífica específica puede ser una puntuación numérica.

El sistema comprende un sensor de temperatura acoplado o adyacente a la placa calentadora, en donde el sensor de temperatura determina una temperatura de la placa calentadora.

- 35 En algunas configuraciones, el sensor de temperatura puede comprender un termistor.

En algunas configuraciones, el sensor de temperatura puede comprender dos termistores, cada termistor actúa como un divisor de voltaje.

En algunas configuraciones, el controlador de hardware puede determinar un valor de temperatura a partir de las lecturas de voltaje de los dos termistores.

- 40 El controlador de hardware puede determinar el valor de capacidad calorífica específica basado en las lecturas de temperatura del sensor de temperatura. El controlador de hardware determina un valor a partir del cual se puede inferir la capacidad calorífica específica basado en las lecturas de temperatura del sensor de temperatura.

- 45 En algunas configuraciones, el controlador de hardware está configurado para aplicar una señal de energización característica a los uno o más elementos de calentamiento de la placa calentadora, procesar una señal de temperatura del sensor de temperatura correspondiente a la señal de energización característica, determinar el valor de capacidad calorífica específica basado en la señal de temperatura y emitir una advertencia de poca agua o falta de agua en respuesta a que el valor de capacidad calorífica específica determinado está por debajo de un umbral. En algunas configuraciones, el controlador de hardware está configurado para determinar el valor a partir del cual se puede inferir la capacidad calorífica específica basado en la señal de temperatura, y emitir una advertencia de poca agua o falta de agua en respuesta al valor determinado a partir del cual se puede inferir que la capacidad calorífica específica está por debajo de un umbral.

En algunas configuraciones, el controlador de hardware puede estar configurado para aplicar continuamente la señal de energización característica. En algunas configuraciones, el controlador de hardware puede estar configurado para aplicar intermitentemente la señal de energización característica.

- El controlador de hardware está configurado para aplicar la señal de energización característica a la señal de control de la placa calentadora. En algunas configuraciones, la señal de energización característica se puede aplicar inyectándola en la señal de control de la placa calentadora. En algunas configuraciones, el controlador de hardware se puede configurar para aplicar la señal de energización característica a una línea de control de energía que proporciona una señal de control de la placa calentadora.
- En algunas configuraciones, la señal de energización característica puede estar a una frecuencia más alta que la señal de control de la placa calentadora.
- El controlador de hardware pasa las mediciones de temperatura desde el sensor de temperatura a través de un filtro, tal como un filtro de paso de banda o un filtro de paso alto que tiene una frecuencia de filtro correspondiente a una frecuencia de la señal de energización característica, de modo que se puedan pasar las mediciones de temperatura correspondientes a la frecuencia de la señal de energización característica. En algunas configuraciones, el filtro puede ser un receptor de conversión directa, tal como un homodino, o un filtro de respuesta al impulso infinito.
- Las mediciones de temperatura correspondientes a la frecuencia de la señal de energización característica se utilizan para determinar el valor de la capacidad calorífica específica. Las mediciones de temperatura correspondientes a la frecuencia de la señal de energización característica se utilizan para determinar el valor a partir del cual se puede inferir la capacidad calorífica específica.
- En algunas configuraciones, la placa calentadora puede comprender cualquiera de los ejemplos de conjuntos de placas calentadoras descritos anteriormente.
- En algunas configuraciones, el sistema puede incluir una o más características del sistema humidificador descrito anteriormente para su uso en procedimientos médicos.
- En algunas configuraciones, un sistema humidificador respiratorio o quirúrgico con baja detección de agua y/o falta de agua puede incluir una unidad base comprendiendo una placa calentadora que incluye uno o más elementos calentadores, un controlador de hardware en comunicación electrónica con uno o más elementos calentadores de la placa calentadora y configurado para energizar uno o más elementos calentadores de la placa calentadora, y un sensor de temperatura acoplado o adyacente a la placa calentadora y configurado para generar una señal indicativa de una temperatura de la placa calentadora. En algunas configuraciones, el sistema puede comprender una cámara humidificadora que define un volumen y que incluye una base conductora que se puede recibir en la unidad base, de modo que la base conductora entre en contacto con la placa calentadora, la cámara humidificadora configurada para contener un nivel de agua. En algunas configuraciones, el controlador de hardware puede configurarse para aplicar una señal de energización característica a los uno o más elementos de calentamiento de la placa calentadora, recibir una señal indicativa de una respuesta a la señal de energización característica y determinar una condición de poca agua o falta de agua basado en una magnitud y/o fase de la señal recibida indicativa de la respuesta a la señal de energización.
- En algunas configuraciones, el controlador de hardware puede configurarse para aplicar una señal de energización característica a los uno o más elementos de calentamiento de la placa calentadora, recibir una señal indicativa de una respuesta a la señal de energización característica y determinar una condición de poca agua o falta de agua basado en una magnitud y/o fase de la señal recibida indicativa de la respuesta a la señal de energización.
- En algunas configuraciones, la magnitud determinada que está por encima de un umbral puede ser indicativa de una condición de poca agua o de falta de agua.
- En algunas configuraciones, la magnitud y/o fase determinada que satisface un umbral puede ser indicativa de una condición de bajo nivel de agua o de falta de agua.
- En algunas configuraciones, la magnitud y/o fase determinada que está fuera o dentro de una región predefinida en una representación bidimensional de magnitud y/o fase puede ser indicativa de una condición de bajo nivel de agua o falta de agua.
- En algunas configuraciones, la magnitud puede ser inversamente proporcional a una capacidad calorífica específica de la cámara humidificadora.
- En algunas configuraciones, el controlador de hardware puede configurarse para aplicar la señal de energización característica a una frecuencia característica.
- En algunas configuraciones, la frecuencia característica puede ser mayor que una frecuencia de funcionamiento normal a la que el controlador de hardware energiza el uno o más elementos de calentamiento de la placa calentadora. En algunas configuraciones, la frecuencia característica puede ser mayor que una frecuencia de funcionamiento de control de la placa calentadora a la que el controlador de hardware energiza el uno o más elementos de calentamiento de la placa calentadora.

En algunas configuraciones, la señal de energización característica puede estar a una frecuencia que es al menos 1,5 veces la frecuencia de funcionamiento normal. En algunas configuraciones, la señal de energización característica puede estar a una frecuencia que es al menos 1,5 veces la frecuencia de operación de control de la placa calentadora.

5 En algunas configuraciones, el controlador de hardware puede comprender un generador de señal configurado para generar y aplicar la señal de energización característica.

10 El controlador de hardware está configurado para aplicar la señal de energización característica en la señal de control de la placa calentadora. En algunas configuraciones, la señal de energización característica se puede aplicar inyectándola en la señal de control de la placa calentadora. En algunas configuraciones, el controlador de hardware se puede configurar para aplicar la señal de energización característica a una línea de control de energía que proporciona una señal de control de la placa calentadora.

El controlador de hardware comprende un filtro que filtra una señal indicativa de la temperatura de la placa calentadora para obtener la señal indicativa de la respuesta a la señal de energización.

El filtro puede ser un filtro de paso de banda o un filtro de paso alto. En algunas configuraciones, el filtro puede ser un receptor de conversión directa, tal como un homodino, o un filtro de respuesta al impulso infinito.

15 El filtro de paso de banda filtra la señal indicativa de la temperatura de la placa calentadora dentro de una banda correspondiente a una frecuencia de la señal de energización característica.

En algunas configuraciones, la magnitud de la señal indicativa de la temperatura de la placa calentadora a la frecuencia de la señal de energización característica que excede un umbral puede ser indicativa de una condición de poca agua o de falta de agua.

20 En algunas configuraciones, la señal recibida indicativa de la temperatura de la placa calentadora puede comprender una respuesta de frecuencia de la señal indicativa de la temperatura de la placa calentadora, el controlador de hardware configurado para determinar una condición de poca agua o de falta de agua basado en la respuesta de frecuencia.

25 En algunas configuraciones, la magnitud de la señal recibida indicativa de la respuesta a la señal de energización característica se puede procesar para determinar una puntuación, en donde cuando la puntuación está por encima de un umbral, la puntuación puede ser indicativa de una condición de poca agua o falta de agua.

30 En algunas configuraciones, la puntuación puede determinarse obteniendo valores de temperatura al cuadrado o al cuadrado medio de la raíz (RMS - *Root-Mean-Squared*) de la señal recibida indicativos de la respuesta a la señal de energización característica, suavizando la señal recibida indicativa de la respuesta a la señal de energización característica pasando la señal recibida a través de un filtro de paso bajo; y calculando la puntuación.

En algunas configuraciones, la señal de energización característica puede comprender una onda triangular cuadrada. La onda puede ser aplicada por un módulo de modulación de ancho de pulso (PWM - *Pulse-Width Modulation*) del controlador de hardware.

En algunas configuraciones, la señal de energización característica puede ser una señal media cero.

35 En algunas configuraciones, la placa calentadora puede comprender cualquiera de los ejemplos del conjunto de placas calentadoras y del conjunto de placas calentadoras de múltiples capas descritos anteriormente.

En algunas configuraciones, el sistema puede incluir una o más características del sistema humidificador descrito anteriormente para su uso en procedimientos médicos.

40 En esta invención, pero no se reivindica de forma independiente, se describe un procedimiento para detectar una condición de bajo nivel de agua o de falta de agua en una cámara humidificadora de un sistema humidificador respiratorio o quirúrgico que puede comprender usar un controlador de hardware en una unidad base del sistema humidificador respiratorio o quirúrgico, determinar un valor de capacidad de calor específico de la cámara humidificadora, en donde la cámara humidificadora define un volumen y puede contener un nivel de agua, donde la cámara humidificadora puede incluir una base conductora que se puede recibir en la unidad base de modo que la base conductora entre en contacto con una placa calentadora de la unidad base, la placa calentadora incluye uno o más elementos de calentamiento en comunicación electrónica con y configurados para ser energizados por el controlador de hardware; y determinar una condición de bajo nivel de agua o de falta de agua según, al menos en parte, el valor de capacidad de calor específico determinado.

50 En esta invención, pero no se reivindica independientemente, se describe un procedimiento para detectar una condición de bajo nivel de agua o falta de agua en una cámara humidificadora de un sistema humidificador respiratorio o quirúrgico que puede comprender usar un controlador de hardware en una unidad base del sistema humidificador respiratorio o quirúrgico, determinar un valor a partir del cual se puede inferir la capacidad de calor específica de la cámara humidificadora, en donde la cámara humidificadora define un volumen y puede contener un nivel de agua, donde la cámara humidificadora puede incluir una base conductora que se puede recibir en la unidad base de modo

que la base conductora entre en contacto con una placa calentadora de la unidad base, la placa calentadora incluye uno o más elementos calentadores en comunicación electrónica con y configurados para ser energizados por el controlador de hardware; y determinar una condición de bajo nivel de agua o falta de agua según, al menos en parte, el valor determinado a partir del cual se puede inferir la capacidad de calor específica.

- 5 En algunas configuraciones del procedimiento descrito, el valor de capacidad calorífica específica determinado que está por debajo de un umbral puede ser indicativo de una condición de poca agua o de falta de agua. En algunas configuraciones, el valor determinado a partir del cual se puede inferir que la capacidad calorífica específica está por debajo de un umbral puede ser indicativo de una condición de baja cantidad de agua o de falta de agua.

- 10 En algunas configuraciones, el procedimiento puede comprender determinar continuamente el valor de la capacidad calorífica específica. En algunas configuraciones, el procedimiento puede comprender determinar continuamente el valor a partir del cual se puede inferir la capacidad calorífica específica.

En algunas configuraciones, el procedimiento puede comprender determinar intermitentemente el valor de la capacidad calorífica específica. En algunas configuraciones, el procedimiento puede comprender determinar intermitentemente el valor a partir del cual se puede inferir la capacidad calorífica específica.

- 15 En algunas configuraciones, el procedimiento puede comprender determinar el valor de la capacidad calorífica específica como una puntuación numérica. En algunas configuraciones, el procedimiento puede comprender determinar el valor a partir del cual se puede inferir la capacidad calorífica específica como una puntuación numérica.

- 20 El sistema humidificador respiratorio o quirúrgico comprende un sensor de temperatura acoplado o adyacente a la placa calentadora, el sensor de temperatura está configurado para determinar una temperatura de la placa calentadora.

En algunas configuraciones, el sensor de temperatura puede comprender un termistor.

En algunas configuraciones, el sensor de temperatura puede comprender dos termistores, cada termistor actúa como un divisor de voltaje.

- 25 En algunas configuraciones, el procedimiento puede comprender convertir un valor de temperatura a partir de lecturas de voltaje de los dos termistores utilizando una ecuación.

En algunas configuraciones del procedimiento descrito, el procedimiento puede comprender determinar el valor de capacidad calorífica específica según las lecturas de temperatura del sensor de temperatura. En algunas configuraciones del procedimiento descrito, el procedimiento puede comprender determinar el valor a partir del cual se puede inferir la capacidad calorífica específica basado en las lecturas de temperatura del sensor de temperatura.

- 30 En algunas configuraciones del procedimiento descrito, el procedimiento puede comprender además aplicar una señal de energización característica a los uno o más elementos de calentamiento de la placa calentadora, procesar una señal de temperatura filtrada del sensor de temperatura correspondiente a la señal de energización característica, determinar el valor de capacidad calorífica específica basado en la señal de temperatura y emitir una advertencia de poca agua o falta de agua en respuesta a que el valor de capacidad calorífica específica determinado esté por debajo de un umbral. En algunas configuraciones del procedimiento descrito, el procedimiento puede comprender además aplicar una señal de energización característica a los uno o más elementos de calentamiento de la placa calentadora, procesar una señal de temperatura filtrada del sensor de temperatura correspondiente a la señal de energización característica, determinar el valor a partir del cual se puede inferir la capacidad de calor específica basado en la señal de temperatura, y emitir una advertencia de poca agua o falta de agua en respuesta al valor determinado a partir del cual se puede inferir que la capacidad de calor específica está por debajo de un umbral.

En algunas configuraciones, el procedimiento puede comprender aplicar continuamente la señal de energización característica. En algunas configuraciones, el procedimiento puede comprender aplicar intermitentemente la señal de energización característica.

- 45 En algunas configuraciones, el procedimiento puede comprender aplicar la señal de energización característica a una línea de control de energía que proporciona una señal de control de la placa calentadora.

En algunas configuraciones del procedimiento descrito, la señal de energización característica se puede aplicar a la señal de control de la placa calentadora. En algunas configuraciones del procedimiento descrito, la señal de energización característica puede aplicarse inyectándose en la señal de control de la placa calentadora.

- 50 En algunas configuraciones, la señal de energización característica puede estar a una frecuencia más alta que la señal de control de la placa calentadora.

En algunas configuraciones del procedimiento descrito, el procedimiento puede comprender pasar mediciones de temperatura desde el sensor de temperatura a través de un filtro de modo que se pasen mediciones de temperatura correspondientes a la frecuencia de la señal de energización característica. En algunas configuraciones del procedimiento descrito, el procedimiento puede comprender pasar mediciones de temperatura desde el sensor de

temperatura a través de un filtro de paso de banda que tiene una frecuencia de filtro correspondiente a una frecuencia de la señal de energización característica de modo que se pasen mediciones de temperatura correspondientes a la frecuencia de la señal de energización característica. En algunas configuraciones, el filtro puede ser un filtro de paso alto. En algunas configuraciones, el filtro puede ser un receptor de conversión directa, tal como un homodino, o un filtro de respuesta al impulso infinito.

En algunas configuraciones del procedimiento descrito, el procedimiento puede comprender el uso de las mediciones de temperatura correspondientes a la frecuencia de la señal de energización característica para determinar el valor de capacidad calorífica específica. En algunas configuraciones, el procedimiento puede comprender el uso de las mediciones de temperatura correspondientes a la frecuencia de la señal de energización característica para determinar el valor a partir del cual se puede inferir la capacidad calorífica específica.

En algunas configuraciones, la placa calentadora puede comprender cualquiera de los ejemplos del conjunto de placas calentadoras y del conjunto de placas calentadoras de múltiples capas descritos anteriormente.

En algunas configuraciones, el sistema puede incluir una o más características del sistema humidificador descrito anteriormente para su uso en procedimientos médicos.

En algunas configuraciones, un medio legible por ordenador no transitorio que tiene almacenadas en el mismo instrucciones ejecutables por ordenador que, cuando se ejecutan en un dispositivo de procesamiento, pueden hacer que el dispositivo de procesamiento realice el procedimiento.

Se describe en esta invención, pero no se reivindica de forma independiente, un procedimiento para detectar una condición de bajo nivel de agua o de falta de agua en una cámara humidificadora de un sistema de humidificador respiratorio o quirúrgico que puede comprender usar un controlador de hardware en una unidad base del sistema de humidificador respiratorio o quirúrgico, aplicar una señal de energización característica a uno o más elementos de calentamiento de una placa de calentamiento en la unidad base, el uno o más elementos de calentamiento de la placa de calentamiento están en comunicación electrónica con y configurados para ser energizados por el controlador de hardware, en donde el sistema humidificador respiratorio o quirúrgico puede comprender además una cámara humidificadora que define un volumen y que incluye una base conductora que se puede recibir en la unidad de base de modo que la base conductora entre en contacto con la placa calentadora, la cámara humidificadora capaz de contener un nivel de agua; recibir una señal representativa de una respuesta a la señal de energización característica de un sensor de temperatura acoplado a o adyacente a la placa calentadora; y determinar una condición de baja cantidad de agua o de falta de agua basado en una magnitud de la señal recibida indicativa de la respuesta a la señal de activación característica. En algunas configuraciones, el procedimiento puede comprender determinar una condición de bajo nivel de agua o falta de agua según la magnitud y/o fase de la señal recibida indicativa de la respuesta a la señal de energización característica.

En algunas configuraciones, la magnitud que está por encima de un umbral puede ser indicativa de una condición de poca agua o de falta de agua. La magnitud puede ser inversamente proporcional a una capacidad calorífica específica de la cámara humidificadora.

En algunas configuraciones, la magnitud y/o fase determinada que satisface un umbral puede ser indicativa de una condición de bajo nivel de agua o de falta de agua.

En algunas configuraciones, la magnitud y/o fase determinada que está fuera o dentro de una región predeterminada en una representación bidimensional de magnitud y/o fase puede ser indicativa de una condición de bajo nivel de agua o falta de agua.

En algunas configuraciones, el procedimiento puede comprender aplicar la señal de energización característica a una línea de control de energía que proporciona una señal de control de la placa calentadora.

En algunas configuraciones, la señal de energización característica se puede aplicar a la señal de control de la placa calentadora. En algunas configuraciones, la señal de energización característica se puede aplicar inyectándola en la señal de control de la placa calentadora.

En algunas configuraciones, el procedimiento puede comprender aplicar continuamente la señal de energización característica. En algunas configuraciones, el procedimiento puede comprender aplicar intermitentemente la señal de energización característica.

En algunas configuraciones, el procedimiento puede comprender aplicar la señal de energización característica a una frecuencia característica.

En algunas configuraciones, la frecuencia característica puede ser mayor que una frecuencia de funcionamiento normal a la que el controlador de hardware energiza el uno o más elementos de calentamiento de la placa calentadora. En algunas configuraciones, la frecuencia característica puede ser mayor que una frecuencia de funcionamiento de control de la placa calentadora a la que el controlador de hardware energiza el uno o más elementos de calentamiento de la placa calentadora.

En algunas configuraciones, la señal de energización característica puede estar a una frecuencia que es al menos 1,5 veces la frecuencia de funcionamiento normal. En algunas configuraciones, la señal de energización característica puede estar a una frecuencia que es al menos 1,5 veces la frecuencia de operación de control de la placa calentadora.

5 En algunas configuraciones, el controlador de hardware puede comprender un generador de señal configurado para generar y aplicar la señal de energización característica.

En algunas configuraciones, el controlador de hardware puede comprender un filtro que filtra una señal indicativa de la temperatura de la placa calentadora para obtener la señal indicativa de la respuesta a la señal de energización característica.

10 En algunas configuraciones, el filtro puede ser un filtro de paso de banda. En algunas configuraciones, el filtro puede ser un filtro de paso alto. En algunas configuraciones, el filtro puede ser un receptor de conversión directa, tal como un homodino, o un filtro de respuesta al impulso infinito.

En algunas configuraciones, el filtro de paso de banda puede filtrar la señal indicativa de la temperatura de la placa calentadora dentro de una banda correspondiente a una frecuencia de la señal de energización característica.

15 En algunas configuraciones, la magnitud de la señal indicativa de la temperatura de la placa calentadora a la frecuencia de la señal de energización característica que excede un umbral puede ser indicativa de una condición de poca agua o de falta de agua.

En algunas configuraciones, la señal recibida puede comprender una respuesta de frecuencia de una señal indicativa de la temperatura de la placa calentadora, el controlador de hardware configurado para determinar una condición de poca agua o falta de agua basado en la respuesta de frecuencia.

20 En algunas configuraciones, el procedimiento puede comprender procesar la magnitud de la señal recibida indicativa de la respuesta a la señal de energización característica para determinar una puntuación, en donde cuando la puntuación está por encima de un umbral, la puntuación puede ser indicativa de una condición de poca agua o sin agua.

25 En algunas configuraciones, el procedimiento puede comprender determinar la puntuación obteniendo valores de temperatura al cuadrado o al cuadrado medio de la raíz (RMS) de la señal recibida indicativos de la respuesta a la energización característica; suavizar la señal recibida indicativa de la respuesta a la energización característica pasando la señal recibida a través de un filtro de paso bajo; y calcular la puntuación.

30 En algunas configuraciones, la señal de energización característica puede comprender una onda triangular cuadrada. La onda puede ser aplicada por un módulo de modulación de ancho de pulso (PWM - *Pulse-Width Modulation*) del controlador de hardware.

En algunas configuraciones, la señal de energización característica puede ser una señal media cero.

En algunas configuraciones, la placa calentadora puede comprender cualquiera de los ejemplos del conjunto de placas calentadoras y del conjunto de placas calentadoras de múltiples capas descritos anteriormente.

35 En algunas configuraciones, el sistema puede incluir una o más características del sistema humidificador descrito anteriormente para su uso en procedimientos médicos.

En algunas configuraciones, un medio legible por ordenador no transitorio que tiene almacenadas en el mismo instrucciones ejecutables por ordenador que, cuando se ejecutan en un dispositivo de procesamiento, pueden hacer que el dispositivo de procesamiento realice el procedimiento.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

40 Estas y otras características, aspectos y ventajas de la presente descripción se describen con referencia a los dibujos de determinadas realizaciones, que pretenden ilustrar esquemáticamente determinadas realizaciones y no limitar la descripción.

La Figura 1A ilustra esquemáticamente un ejemplo de sistema humidificador respiratorio.

45 La Figura 1B ilustra esquemáticamente un ejemplo de unidad de base de calentador del sistema humidificador respiratorio de la Figura 1A.

La Figura 1C ilustra esquemáticamente un ejemplo de sistema humidificador respiratorio.

La Figura 1D ilustra esquemáticamente un ejemplo de unidad de base de calentador del sistema humidificador respiratorio de la Figura 1C.

50 La Figura 1E ilustra esquemáticamente una vista parcial de la unidad base del calentador y un ejemplo de adaptador del elemento de calentamiento del circuito de respiración de la Figura 1C.

La Figura 2A ilustra esquemáticamente un ejemplo de sistema de humidificador respiratorio con unidades de base de ventilador y calentador separadas y conectadas a una máscara nasal.

La Figura 2B ilustra esquemáticamente el sistema humidificador respiratorio de la Figura 2A conectado a una cánula nasal.

- 5 La Figura 2C ilustra esquemáticamente un ejemplo de sistema humidificador respiratorio con una unidad de base de ventilador y calentador integrada.

La Figura 2D ilustra un ejemplo de sistema de insuflación quirúrgica.

La Figura 2E ilustra un ejemplo de sistema de terapia de alto flujo.

- 10 Las Figuras 3A-3B ilustran diagramas de flujo de ejemplos de procedimientos para detectar una condición de bajo nivel de agua y/o falta de agua en una cámara humidificadora de un sistema humidificador respiratorio.

La Figura 3C ilustra gráficos que muestran un ejemplo de señal devuelta antes y durante una condición de falta de agua.

La Figura 3D ilustra ejemplos de señales devueltas con y sin una condición de falta de agua en el dominio del tiempo.

- 15 La Figura 3E ilustra ejemplos de señales devueltas con y sin una condición de falta de agua en el dominio de frecuencia.

La Figura 3F ilustra ejemplos de puntos de datos que representan la magnitud y la fase de las señales devueltas y un ejemplo de límite de clasificación de falta de agua basado en la magnitud de las señales devueltas.

La Figura 3G ilustra ejemplos de puntos de datos que representan la magnitud y la fase de las señales devueltas y un ejemplo de límite de clasificación de falta de agua basado en la fase de las señales devueltas.

- 20 La Figura 3H ilustra ejemplos de puntos de datos que representan la magnitud y la fase de las señales devueltas y dos límites de clasificación de falta de agua de ejemplo basados en la magnitud y la fase de las señales devueltas.

La Figura 4A ilustra un diagrama de sistema de un sistema humidificador ilustrativo para detectar una condición de bajo nivel de agua y/o falta de agua.

- 25 La Figura 4B ilustra ejemplos de temperaturas de la placa calentadora y puntos de rocío de salida en el dominio del tiempo y el dominio de la frecuencia antes y durante una condición de falta de agua.

La Figura 4C ilustra una gráfica que muestra ejemplos de formas de onda de una señal complementaria para aplicar a (por ejemplo, inyectar en) una señal de energía de la placa calentadora de un sistema humidificador.

La Figura 4D ilustra un gráfico que muestra el contenido de armónicos de las formas de onda en la Figura 4B.

- 30 La Figura 4E ilustra un ejemplo de función de transferencia de temperatura de la placa calentadora de un sistema humidificador.

La Figura 4F ilustra ejemplos de formas de onda de señales combinadas de temperatura y energía de la placa calentadora, T_{HP} y P_{HP} .

La Figura 4G ilustra un ejemplo de filtro de banda en el diagrama de sistema de la Figura 3A.

- 35 La Figura 5A ilustra ejemplos de algoritmos para determinar una condición de poca agua y/o falta de agua basado en la señal de retorno.

La Figura 5B ilustra ejemplos de puntajes de falta de agua y puntos de rocío antes y durante una condición de falta de agua.

La Figura 6 ilustra un ejemplo de detector de fugas para determinar una magnitud de la señal de retorno.

- 40 La Figura 7 ilustra un ejemplo de la ganancia y la fase de la señal de temperatura de la placa calentadora de diferentes cámaras y/o a diferentes caudales.

Las Figuras 8A y 8B ilustran ejemplos de modelos o sistemas de circuitos para detectar una condición de bajo nivel de agua y/o falta de agua en una cámara humidificadora.

La Figura 8C ilustra un ejemplo de filtro de resistencia-condensador (RC) formado por la interacción entre los términos de resistencia y capacitancia del sistema de la Figura 8A u 8B.

La Figura 8D ilustra un ejemplo del recorte de una forma de onda aplicada (por ejemplo, inyectada) para detectar condiciones de bajo nivel de agua y/o falta de agua.

La Figura 9 ilustra un ejemplo de vista en despiece de un conjunto de placa calentadora.

La Figura 9A ilustra un ejemplo de vista en despiece de un conjunto de placa calentadora.

- 5 Las Figuras 9B y 9C ilustran un ejemplo de varias vistas en perspectiva del conjunto de placa calentadora de la Figura 9A sin alambres para conectarse a una fuente de energía.

La Figura 9D ilustra un ejemplo de vista en sección transversal del conjunto de placa calentadora de las Figuras 9B y 9C.

La Figura 9E ilustra un ejemplo de vista en perspectiva de una porción de un conjunto de placa calentadora.

- 10 La Figura 10 ilustra esquemáticamente un ejemplo de disposición de apilamiento de placas calentadoras.

La Figura 11 ilustra esquemáticamente otro ejemplo de disposición de apilamiento de placas calentadoras.

La Figura 12A ilustra un ejemplo de representación tridimensional de una placa de calentamiento superior en la disposición de apilamiento de placas calentadoras de la Figura 11.

- 15 Las Figuras 12B-12C ilustran un ejemplo de varias vistas de una representación tridimensional de una placa de calentamiento superior en la disposición de apilamiento de placas calentadoras de la Figura 11.

Las Figuras 12D-12E ilustran un ejemplo de varias vistas de una representación tridimensional de una placa inferior en la disposición de apilamiento de placas calentadoras de la Figura 11.

La Figura 12F ilustra una vista inferior de la placa de calentamiento superior de las Figuras 12B-12C.

- 20 La Figura 12G ilustra una sección transversal de la placa de calentamiento superior de la Figura 12F a lo largo del eje F-F.

Las Figuras 12H-12M ilustran vistas en perspectiva lateral, superior, inferior de la placa de calentamiento superior de la Figura 12F.

Las Figuras 12N-12R ilustran vistas en perspectiva superior, inferior y lateral de una placa inferior configurada para usarse con la placa de calentamiento superior de la Figura 12L.

- 25 Las Figuras 13A-13D ilustran esquemáticamente el funcionamiento del material de interfaz térmica.

La Figura 14 ilustra esquemáticamente un ejemplo de disposición de apilamiento de placas calentadoras.

La Figura 15 ilustra esquemáticamente un ejemplo de disposición de apilamiento de placas calentadoras.

Las Figuras 16A-16B ilustran esquemáticamente un ejemplo de vistas laterales primera y segunda de un elemento de calentamiento.

- 30 Las Figuras 17A-E ilustran varias vistas de un ejemplo de representación tridimensional de la placa de calentamiento superior en la disposición de apilamiento de placas calentadoras de la Figura 15.

Las Figuras 18A-F ilustran varias vistas de un ejemplo de representaciones tridimensionales de la placa inferior en la disposición de apilamiento de placas calentadoras de la Figura 15.

Las Figuras 19A-19F ilustran de varias vistas de otro ejemplo de placa inferior.

- 35 La Figura 20A ilustra una vista inferior de un conjunto de placa calentadora que incorpora el ejemplo de placa inferior de las Figuras 19A-19F.

Las Figuras 20B-20C ilustran varias vistas en sección transversal del conjunto de placa calentadora de la Figura 20A.

Las Figuras 21A-21F ilustran varias vistas de otro ejemplo de placa inferior.

- 40 Las Figuras 22A-22B ilustran varias vistas en sección transversal de un conjunto de placa calentadora que incorpora el ejemplo de placa inferior de las Figuras 21A-21F.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

Aunque ciertas realizaciones y ejemplos se describen a continuación, los expertos en la técnica apreciarán que la descripción se extiende más allá de las realizaciones y/o usos descritos específicamente y las modificaciones y equivalentes obvios de los mismos. Por lo tanto, se pretende que el alcance de la descripción descrita en esta invención no esté limitado por ninguna realización particular descrita a continuación. Por ejemplo, las dimensiones proporcionadas en la presente descripción son ejemplos y no son limitantes.

Sistemas humidificadores respiratorios ejemplares

La presente descripción proporciona ejemplos de un sistema humidificador respiratorio o quirúrgico configurado para suministrar gas humidificado y/o calentado a un paciente o usuario en múltiples modos. Los modos pueden incluir al menos un modo invasivo (por ejemplo, para pacientes con vía aérea o cirugía laparoscópica) y un modo no invasivo (por ejemplo, para pacientes o usuarios con máscaras respiratorias). Cada modo puede tener salida de humedad individualizada, que puede expresarse como puntos de ajuste de salida de punto de rocío. Por ejemplo, un usuario puede seleccionar un punto de ajuste, que puede indicar el modo de funcionamiento. El modo no invasivo puede tener puntos de ajuste de 31 grados, 29 grados, 27 grados Celsius u otros. El modo invasivo puede tener puntos de ajuste de 37 grados Celsius u otros. Algunos sistemas humidificadores respiratorios descritos en esta invención también pueden incluir un modo de alto flujo, no sellado o cualquier otro modo conocido por los expertos en la técnica. El modo no sellado de alto flujo (en lo sucesivo denominado modo Optiflow®) es comercializado como Optiflow® por Fisher and Paykel Healthcare Limited de Auckland, Nueva Zelanda.

Con referencia a las Figuras 1A y 1C, un ejemplo de sistema 100, 101 de humidificación respiratoria puede incluir una unidad 102 de base de calentador que tiene una placa 120 calentadora (véanse las Figuras 1B y 1D). La placa 120 calentadora puede incluir uno o más elementos calentadores. La unidad 102 base del calentador puede tener una carcasa y un controlador (por ejemplo, un microprocesador) contenido dentro de la carcasa para controlar el suministro de energía a los elementos calentadores.

La placa 120 calentadora del humidificador puede tener un sensor de temperatura (véase el sensor 262 de temperatura en la Figura 2A) (por ejemplo, un transductor de temperatura, termistor u otros tipos de sensor de temperatura). También se pueden usar múltiples sensores de temperatura diferentes. El sensor de temperatura puede medir una temperatura de la placa 120 calentadora. El sensor de temperatura puede estar en comunicación eléctrica con el controlador en la unidad 102 base del calentador para que el controlador pueda monitorear la temperatura de la placa 120 calentadora. Las mediciones realizadas por el sensor de temperatura se pueden utilizar como entrada en los procedimientos de detección de poca agua y/o falta de agua que se describirán a continuación.

El sensor de temperatura también puede incluir opcionalmente dos o más termistores. Cada termistor puede actuar como un divisor de voltaje. Se puede utilizar una media de las lecturas de los dos termistores como entrada en el procedimiento de detección de poca agua y/o falta de agua. También se pueden usar dos o más termistores para la redundancia. También se pueden incluir termistores adicionales. El sensor de temperatura se coloca en una superficie inferior de la placa calentadora. Los sensores de temperatura pueden colocarse preferentemente en una placa de calentamiento superior de un conjunto de placas calentadoras. La placa de calentamiento superior es la placa que está en contacto con una cámara de humidificación. La placa 120 calentadora aquí puede referirse a la placa de calentamiento superior que está expuesta y está posicionada para estar en contacto con la base de la cámara humidificadora cuando la cámara humidificadora está posicionada en una posición operativa en la base del calentador. Los sensores de temperatura se pueden posicionar en un borde de la placa calentadora o sustancialmente en el centro de la placa calentadora. Los elementos calentadores utilizados son alambres de nicromo u otros tipos de filamentos calentadores envueltos alrededor de un bloque o núcleo aislante eléctrico. La placa calentadora puede incluir una pluralidad de capas de aislamiento eléctrico. La placa calentadora puede incluir una placa posterior o placa inferior con las múltiples partes enroscadas o atornilladas entre sí. Detalles adicionales de ejemplos de una placa calentadora adecuada para implementar las tecnologías descritas en esta invención se describen a continuación con referencia a las Figuras 8A-18F. Alternativamente, la placa calentadora puede incluir una pluralidad de capas que pueden laminarse juntas o pueden adherirse juntas para formar una placa calentadora unitaria. En una configuración alternativa adicional, la placa calentadora puede formarse en un semiconductor mediante grabado, o deposición, o cualquier disposición adecuada.

La cámara 103 humidificadora puede recibirse y retenerse de manera extraíble en la unidad 102 de base del calentador, de modo que la base de la cámara humidificadora se coloca en contacto con la placa 120 calentadora en la unidad 102 de base del calentador. Con referencia a las Figuras 1B y 1D, que ilustran ejemplos de la unidad 102 de base del calentador de las Figuras 1A y 1C respectivamente, la base 102 de humidificación puede tener un collar 124 para acoplarse con una brida en la cámara 103 humidificadora, tal como se muestra en las Figuras 1A y 1C. El collar 124 define un labio que se acopla a una brida de la cámara 103 humidificadora para retener la cámara 103 humidificadora en una posición operativa en la base 102 del calentador. La cámara 103 humidificadora puede incluir una base conductora. Cuando se acopla con la unidad 102 de base de calentador, la base conductora de la cámara 103 humidificadora puede estar en contacto con la placa 120 de calentador, tal como una superficie superior de una placa de calentamiento superior de la placa 120 calentadora. El agua dentro de la cámara 103 se calienta cuando se envía una señal de alimentación al elemento de calentamiento para energizar el elemento de calentamiento. La cámara

103 también se puede conectar a una fuente 142 de agua (Figura 1C), que puede añadir agua a la cámara 103 cuando el agua está baja o completamente fuera de la cámara 103. La adición de agua se puede realizar o controlar manualmente por el controlador, tal como tras una advertencia del sistema 101 de que puede haber una condición de bajo nivel de agua o de falta de agua.

5 Con referencia continua a las Figuras 1A y 1C, los gases a humidificar pueden incluir uno o más de aire, oxígeno, anestésico, otros gases auxiliares o cualquier mezcla de gases. Los gases se pueden suministrar a la cámara 103 humidificadora a través de una entrada 104 de gases, que se puede conectar a una fuente de gas, tal como un ventilador, en el caso de la terapia de CPAP, un soplador de CPAP o una fuente remota. Para la terapia de alto flujo, un soplador o, de manera alternativa, una fuente de pared con un regulador de flujo y/o presión puede suministrar los gases. La cámara 103 humidificadora también puede incluir una salida 105 de gases, que puede conectarse a un
10 circuito 106 de respiración. El circuito 106 de respiración puede transportar gases humidificados y calentados a un paciente o usuario. Como se muestra en la Figura 1A, un extremo 107 de paciente del circuito 106 de respiración puede conectarse a una interfaz de paciente, tal como una cánula 113 nasal o una máscara 114 nasal. El circuito 106 de respiración también puede conectarse a otros tipos de interfaz de paciente o usuario, tal como una máscara facial completa, un tubo endotraqueal u otros. El circuito 106 de respiración de la Figura 1C también se puede conectar a cualquier interfaz de paciente adecuada descrita en esta invención.

Se puede proporcionar un elemento 110 de calentamiento (tal como uno o más alambres de calentamiento) dentro del circuito 106 de respiración. El elemento 110 de calentamiento puede ayudar a evitar la condensación de los gases humidificados dentro del circuito 106 de respiración. El elemento 110 de calentamiento también puede estar
20 opcionalmente en comunicación eléctrica con el controlador en la unidad 102 base del calentador. Como se muestra en las Figuras 1C y 1E, un cable 128 adaptador de elemento de calentamiento de circuito de respiración puede tener dos conectores en dos extremos del cable 128 para acoplar el elemento 110 de calentamiento a la unidad 102 de base de calentador (tal como al controlador de la unidad 102 de base de calentador). El cable 128 adaptador del elemento de calentamiento puede facilitar una conexión fácil entre el elemento 110 calentador y la unidad 102 base del
25 calentador. El elemento 110 de calentamiento está controlado por la unidad de control, incluido el control de la energía al elemento 110 de calentamiento por la unidad de control. El elemento 110 de calentamiento en el circuito 106 de respiración reduce la condensación y también garantiza que la temperatura de los gases se mantenga en un intervalo predeterminado. El cable 128 adaptador del elemento de calentamiento también puede incluir un sensor 126 de temperatura ambiente, que puede permitir que el sistema 101 ajuste la energía del elemento 110 de calentamiento para compensar la temperatura ambiente o los cambios en la temperatura ambiente. Un indicador 130 de elemento de calentamiento puede integrarse en el conector que se acopla a la unidad 102 de base del calentador. El indicador 130 del elemento de calentamiento se puede iluminar cuando un elemento 110 de calentamiento que funciona correctamente está conectado a la unidad 102 de base del calentador. Cuando el indicador 130 del elemento de calentamiento se ilumina, el sistema 101 puede calentar el gas dentro del circuito 106 de respiración a través del
30 elemento 110 de calentamiento para minimizar el condensado además de calentar el gas que pasa a través de la cámara 103 humidificadora a través de la placa 120 calentadora. Si el elemento 110 calentador funciona mal o no está conectado, o si el indicador 130 del elemento de calentamiento no está iluminado, el sistema 101 puede calentar el gas solo calentando el agua en la cámara 103 a través de la placa 120 calentadora. Alternativamente, el indicador de elemento 130 calentador puede iluminarse cuando hay una falla o una desconexión del cable 128 adaptador. El
35 indicador 130 iluminado puede actuar como un mensaje visual o una advertencia visual. Es posible que el indicador 130 no se ilumine si el elemento 110 calentador funciona correctamente.

El controlador del sistema 100, 101 humidificador respiratorio puede controlar al menos la placa 120 calentadora, y preferiblemente u opcionalmente también el elemento 110 de calentamiento, sin sensores adicionales (por ejemplo, en la cámara humidificadora, en el circuito de respiración y/o en otra parte del sistema). Esto se puede lograr estimando el caudal de gases a través del sistema 100, 101 humidificador respiratorio utilizando parámetros ya disponibles para el controlador. Para un sistema humidificador respiratorio dado, el controlador puede determinar un nivel apropiado de energía para aplicar a la placa 120 calentadora. La aplicación de energía al calentador 120 puede generar humedad y calentar los gases. La energía aplicada a la placa calentadora puede ser a una velocidad tal que genere una cantidad predeterminada de humedad. Además, el controlador también puede usar opcionalmente los parámetros para proporcionar un nivel de energización más apropiado al elemento 110 de calentamiento. Como se muestra en las Figuras 1C y 1E, el sistema 101 también puede incluir el sensor 126 de temperatura ambiente. El sensor de temperatura ambiente se puede ubicar en cualquier lugar que esté expuesto al aire ambiente. Por ejemplo, el sistema 101 puede incluir el sensor 126 de temperatura ambiente en el cable 128 adaptador del elemento de calentamiento.

Como se muestra en la Figura 1E, un panel frontal de la unidad 102 de base del calentador puede incluir una pluralidad de controles e indicadores de usuario, tal como un botón 132 de encendido, un botón 134 pulsador de ajuste de humedad y una pluralidad de (tal como tres, cuatro, cinco o más) indicadores 136 de ajuste de humedad (que pueden incluir luces LED) junto al botón 134 pulsador de ajuste de humedad. Las ubicaciones, formas y tamaños de los controles e indicadores del usuario no son limitantes. Puede haber cuatro niveles de configuración de humedad disponibles que se indican mediante los cuatro indicadores 136 de configuración de humedad. Los cuatro ajustes de
55 humedad pueden corresponder a diferentes tipos de terapias proporcionadas a un paciente. Por ejemplo, se puede seleccionar la mayor cantidad de humedad cuando el humidificador está funcionando en un modo de terapia invasiva. La menor cantidad de humedad se puede aplicar en un modo de terapia de oxígeno de bajo flujo. La cantidad de humedad se puede seleccionar según los requisitos terapéuticos o el tipo de terapia o se puede predefinir.

Alternativamente, el humidificador 100, 101 puede incluir un controlador que está configurado para seleccionar automáticamente la cantidad de humedad que se administrará basado en un modo de terapia, el paciente o el tipo de terapia que se aplica al paciente. Opcionalmente, el humidificador 100, 101 puede incluir una pantalla táctil que puede comunicar información al usuario. La pantalla táctil también se puede configurar para recibir entradas del usuario.

5 El nivel de humedad se puede ajustar presionando el botón 134 de configuración de humedad, que también puede ser un botón pulsador momentáneo. El panel frontal también puede incluir una pluralidad de indicadores 138 de alarma (que pueden incluir luces LED) para indicar los siguientes ejemplos no limitativos de condiciones: condición de "falta de agua" (incluyendo poca agua y falta de agua), adaptador de elemento de calentamiento no conectado, alarma audible silenciada y una indicación de "Ver manual" utilizada para indicar que se ha producido una falla dentro del sistema 101.

El sistema 101 puede ser adecuado para proporcionar terapia respiratoria de diferentes propósitos, como para cuidados intensivos (por ejemplo, en el hospital) y atención domiciliaria. El sistema 101 es adecuado para proporcionar terapias invasivas, no invasivas y de alto flujo tanto para pacientes adultos como pediátricos.

15 Como se describirá en detalle a continuación, el controlador del sistema 100, 101 humidificador respiratorio también puede determinar un nivel bajo de agua y/o una condición de falta de agua de la cámara humidificadora utilizando las entradas del sensor de temperatura. Es posible que el controlador no necesite entradas de sensores adicionales para la detección de falta de agua. La necesidad de un solo sensor reduce los costos del sistema 100, 101 humidificador respiratorio y/o permite que el sistema 100, 101 humidificador respiratorio sea más simple y ligero que los sistemas humidificadores respiratorios que tienen múltiples sensores. Como se describirá a continuación, el sistema 101 también está configurado para mejorar el acoplamiento térmico dentro del sistema para permitir la detección de falta de agua a niveles de energía más bajos, lo que puede implicar un bajo flujo, baja humedad o escenarios sin cámara. El conjunto descrito mejora el acoplamiento térmico, es decir, mejora la conductividad térmica entre los elementos de los componentes del conjunto de placas calentadoras, de modo que el calor generado se transfiere a la placa de calentamiento superior y es detectado por los termistores.

25 Los procedimientos y sistemas de detección de poca agua y/o falta de agua descritos en esta invención también se pueden incorporar en otros tipos de sistema humidificador respiratorio descritos en esta invención, que pueden incluir más de un sensor y/o tener diferentes configuraciones. Como se muestra en las Figuras 2A y 2B, un sistema 200 humidificador respiratorio puede incluir una unidad 203 de soplador. La unidad 203 de soplador puede tener una unidad de compresor interno, un generador de flujo o una unidad 213 de ventilador. El aire de la atmósfera puede entrar en una carcasa de la unidad 203 de soplador a través de una entrada 240 atmosférica, y puede extraerse a través de la unidad 213 de ventilador. La salida de la unidad 213 de ventilador puede ser ajustable de modo que la velocidad del ventilador sea variable. La corriente de gases presurizados puede salir de la unidad 213 de ventilador y la unidad 203 de soplador y puede desplazarse a través de un conducto 204 de conexión a una cámara 205 humidificadora. La corriente de gases presurizados puede entrar en la cámara 205 humidificadora a través de un puerto 223 de entrada.

35 La unidad de soplador también puede reemplazarse opcionalmente por un ventilador que tenga ventiladores o turbinas configurados para generar flujo de aire. El ventilador puede recibir gases de una fuente de aire comprimido, como un tanque. Los ventiladores también pueden usar una o más válvulas para controlar el suministro de aire a la cámara 205 humidificadora.

40 Como se muestra en las Figuras 2B o 2C, el sistema 200 humidificador respiratorio también puede proporcionar oxígeno (O₂) o una fracción de O₂ al usuario. El sistema 200 puede recibir O₂ de la fuente remota y/o mezclando aire atmosférico con O₂ entrante de la fuente remota. La mezcla de aire atmosférico y O₂ entrante puede ocurrir a través de un Venturi o una entrada similar ubicada en la unidad 203 de control.

45 La Figura 2C ilustra un ejemplo de sistema 200 humidificador respiratorio que tiene una unidad 210 de base de ventilador/calentador integrada. El sistema en la Figura 2C funciona de una manera similar al sistema 200 humidificador respiratorio mostrado en las Figuras 2A y 2B, excepto que la unidad base del calentador se ha integrado con el soplador para formar una unidad 210 integrada con una carcasa 203.

50 De manera similar a la cámara 103 humidificadora descrita anteriormente, la cámara 205 humidificadora en las Figuras 2A-2C puede contener un volumen de agua 220. Cuando está en uso, la cámara 205 humidificadora puede acoplarse con una unidad 221 base de calentador o la unidad 210 integrada (por ejemplo, colocándose en contacto con y/o encima de una placa 212 calentadora). La placa 212 calentadora puede alimentarse para calentar una base conductora de la cámara 205 humidificadora y, por lo tanto, calentar el contenido (como el volumen de agua 220) en la cámara 205 humidificadora. La corriente de gases que entra en la cámara 205 humidificadora a través del puerto 223 de entrada se calienta y humidifica y puede salir de la cámara 205 humidificadora a través de un puerto 209 de salida para entrar en un circuito 206 de respiración.

55 Los gases calentados y humidificados pueden pasar a lo largo de la longitud del conducto 206 de respiración y proporcionarse al paciente o usuario 202 a través de una interfaz 207 de usuario. El conducto 206 de respiración también se puede calentar opcionalmente a través de un elemento de calentamiento (tal como un alambre 210 calentador) para ayudar a prevenir la condensación de los gases calentados y humidificados. La interfaz 207 de usuario

mostrada en las Figuras 2A y 2C es una mascarilla nasal, que rodea y cubre la nariz del usuario 202. Sin embargo, una cánula nasal (como se muestra en la Figura 2B), una máscara facial completa, un tubo endotraqueal, un accesorio de traqueotomía o cualquier otra interfaz de usuario adecuada podrían sustituir a la máscara nasal mostrada.

Un controlador central o sistema de control puede estar ubicado en la unidad 203 de soplador (controlador 208a), la unidad 221 de base de calentador (controlador 208b), o ambos (por ejemplo, que tiene un controlador 208a de soplador y un controlador 208b de humidificador separados que están en comunicación eléctrica entre sí a través de cables de conexión u otros, o un controlador 208 central como se muestra en la Figura 2C). El controlador 8a de soplador y el controlador 8b de humidificador pueden estar opcionalmente en una relación maestro-servidor (por ejemplo, uno de los controladores puede controlar las funciones del otro controlador) o en una relación de pares (por ejemplo, cada controlador puede funcionar independientemente del otro). Por ejemplo, el controlador 208b de humidificador puede ser una unidad independiente configurada para su uso con cualquier tipo de fuente de gas.

El sistema de control puede recibir entradas de usuario a través de los controles 211 de usuario ubicados en la unidad 221 de base del calentador, la unidad 202 de soplador o ambas. El sistema de control también puede recibir entradas de sensores ubicados en varios puntos a lo largo del sistema 200. De manera similar al sistema 100 humidificador respiratorio descrito anteriormente, el sistema 200 humidificador respiratorio puede incluir un sensor 262 de temperatura de la placa calentadora ubicado adyacente a o en (por ejemplo, inmediatamente debajo de) la placa 212 calentadora. El sensor 262 de temperatura de la placa calentadora puede configurarse para medir una temperatura de la placa 212 calentadora.

Como se muestra en las Figuras 2A-2C, el sistema 200 humidificador respiratorio puede tener sensores de temperatura adicionales. Se puede incluir un sensor 260 de temperatura ambiente en el humidificador de la Figura 2A. El sensor 260 de temperatura ambiente puede ubicarse dentro, cerca o en la carcasa de la unidad 203 de soplador, o en otro lugar, por ejemplo, en la corriente de gases aguas abajo de la unidad 213 de ventilador, y/o más cerca de la entrada 223 de la cámara 205 humidificadora. El sensor de ambiente puede ubicarse junto a la entrada del tubo o puede acoplarse a un alambre calentador o un adaptador de alambre calentador que está conectado a la base del calentador con un adaptador de cable volante. El sensor 260 de temperatura ambiente se puede configurar para medir la temperatura del aire entrante de la atmósfera. Un sensor de temperatura de salida puede ubicarse en o cerca de un puerto de salida de la cámara 209 humidificadora, o en un extremo de la cámara (opuesto al extremo del paciente o usuario) del circuito 206 de respiración. El sensor de temperatura de salida puede configurarse para medir una temperatura de la corriente de gases que sale de la cámara 205 humidificadora. Las mediciones realizadas por el sensor de temperatura de salida también se pueden utilizar opcionalmente como entrada en el procedimiento de detección de poca agua y/o falta de agua. Un sensor 215 de temperatura final del paciente o usuario puede estar ubicado en el extremo del paciente o usuario del circuito 206 de respiración. El sensor 215 de temperatura final del paciente o usuario también se puede ubicar opcionalmente en o sobre la interfaz 207 del paciente o usuario.

El sistema 200 humidificador respiratorio puede incluir opcionalmente un sensor de flujo configurado para medir el flujo de gases a través del sistema 200. El sensor de flujo puede estar ubicado aguas arriba de la unidad 213 de ventilador, aguas abajo de la unidad 213 de ventilador o en otras ubicaciones. Por ejemplo, el sensor 263 de flujo puede estar ubicado en o cerca de la salida de la cámara 209 humidificadora, el extremo de la cámara del circuito 206 de respiración y/o adyacente al sensor de temperatura de salida. El sensor 263 puede incluir opcionalmente sensores de temperatura y caudal. Los controladores 208a, 208b también pueden incluir opcionalmente uno o más sensores 250, 280, 290, que pueden medir la humedad, la temperatura, la presión, el flujo y/u otras características del flujo de gases.

En respuesta a la entrada del usuario desde los controles 211 y/o las señales de entrada recibidas de los sensores, el sistema de control puede determinar una o más salidas de control, que pueden enviar señales para ajustar la energía a la placa 212 calentadora, la velocidad de la unidad 213 de ventilador y/u otras.

En cualquiera de los sistemas 100, 200 humidificadores respiratorios descritos anteriormente, una sonda de temperatura también se puede colocar opcionalmente dentro del volumen de agua en la cámara humidificadora. Adicional y/o alternativamente, también se pueden usar sensores de temperatura sin contacto (tales como sensores infrarrojos) para medir una temperatura de la placa calentadora y/o el contenido de la cámara humidificadora, y/o una temperatura de la trayectoria de gases.

Las lecturas de la sonda de temperatura, el sensor de temperatura sin contacto y/o cualquier otro sensor de temperatura ubicado aguas abajo de la entrada de gases de la cámara humidificadora y/o cerca de la placa calentadora también se pueden usar opcionalmente como entrada en los procedimientos de detección de poca agua y/o falta de agua que se describen a continuación.

La Figura 2D ilustra esquemáticamente el uso de un ejemplo de sistema 1 de insuflación durante un procedimiento médico. El sistema de humidificación quirúrgica humidifica una cavidad quirúrgica (por ejemplo, el neumoperitoneo). El humidificador puede humidificar el tejido en la cavidad quirúrgica y evitar daños al tejido debido al secado, incluida la desecación o la baja temperatura. Como se muestra en la Figura 2D, el paciente 2 puede tener una cánula 207 insertada dentro de una cavidad del paciente 2 (por ejemplo, un abdomen del paciente 2 en el caso de una cirugía laparoscópica).

Como se muestra en la Figura 2D, la cánula 207 se puede conectar a un conducto 206 de suministro de gases (por ejemplo, a través de un conector de bloqueo Luer 4). La cánula 207 se puede usar para administrar gases en un sitio quirúrgico, tal como dentro de la cavidad del paciente 2. La cánula 207 puede incluir uno o más conductos para introducir gases y/o uno o más instrumentos quirúrgicos en la cavidad quirúrgica. El instrumento quirúrgico puede ser un endoscopio, una herramienta de electrocauterización o cualquier otro instrumento. El instrumento quirúrgico se puede acoplar a un dispositivo de formación de imágenes, que puede tener una pantalla. El dispositivo de formación de imágenes puede ser parte de una pila quirúrgica, que puede incluir una pluralidad de herramientas y/o aparatos quirúrgicos.

El sistema de insuflación quirúrgica también puede incluir opcionalmente una cánula de ventilación, que puede tener sustancialmente las mismas características que la cánula 207. La cánula de ventilación puede incluir una válvula que permita la ventilación. La válvula puede controlarse automáticamente mediante un controlador asociado con la fuente de gases (es decir, insuflador) o mediante un controlador en el humidificador. La válvula también se puede accionar manualmente (por ejemplo, girando un grifo con la mano o con un pedal, o de otro modo). La cánula de ventilación se puede acoplar a un sistema de filtración para filtrar humo y similares. La cánula de ventilación también puede acoplarse alternativamente a un sistema de recirculación que está configurado para recircular los gases desde la cavidad quirúrgica de vuelta al insuflador para volver a suministrarse a la cavidad quirúrgica. Los gases se pueden filtrar y/o deshumidificar antes de ser devueltos al insuflador. En ciertas configuraciones, la cánula puede incluir dos o más pasajes. Un pasaje puede configurarse para suministrar gases y/o el instrumento médico a la cavidad quirúrgica. Se puede configurar otro pasaje para ventilar los gases fuera de la cavidad quirúrgica. El pasaje de ventilación puede incluir una válvula y/o aberturas de ventilación pasivas. La cánula 207 también puede incluir una disposición de retención (tal como nervaduras y/o similares) para retener el instrumento médico (tal como un endoscopio) en una orientación sustancialmente concéntrica con respecto al conducto de suministro.

El conducto 206 de suministro de gases puede estar hecho de un plástico flexible y puede estar conectado a una cámara 205 humidificadora en una entrada 223. La cámara 205 humidificadora puede estar opcional o preferiblemente en conexión en serie con un suministro 9 de gases a través de un conducto 204 adicional. El suministro de gases o la fuente de gases puede ser un insuflador, gases embotellados o una fuente de gases de pared. El suministro 9 de gases puede proporcionar los gases sin humidificación y/o calentamiento. Se conectará un filtro 6 aguas abajo de la salida 209 del humidificador. El filtro también puede ubicarse a lo largo del conducto 209 adicional, o en una entrada de la cámara 205. El filtro puede configurarse para filtrar patógenos y materia particulada con el fin de reducir la infección o contaminación del sitio quirúrgico desde el humidificador o la fuente de gases. El suministro de gases puede proporcionar un flujo continuo o intermitente de gases. El conducto 204 adicional también puede estar hecho preferiblemente de tubería de plástico flexible.

El suministro 9 de gases puede proporcionar uno o más gases de insuflación, como dióxido de carbono, a la cámara 205 humidificadora. El suministro de gases puede proporcionar un flujo de gases continuo o un flujo de gases intermitente. Los gases se pueden humidificar a medida que pasan a través de la cámara 205 humidificadora, que puede contener un volumen de agua 220. En algunas configuraciones, el suministro de gases también puede conectarse directamente a la cámara 205 sin una unidad humidificadora.

Un humidificador que incorpora la cámara 205 humidificadora puede ser cualquier tipo de humidificador. La cámara 205 humidificadora puede incluir una cámara formada por plástico que tiene una base metálica o conductora sellada a la misma. La base puede estar en contacto con la placa 212 calentadora durante el uso. El volumen de agua 220 contenido en la cámara 205 puede calentarse mediante una placa 212 calentadora, que puede estar bajo el control de un controlador o medio 208 de control del humidificador. El volumen de agua 220 dentro de la cámara 205 se puede calentar de manera que se evapore, mezclando el vapor de agua con los gases que fluyen a través de la cámara 205 para calentar y humidificar los gases.

El controlador o medio 208 de control se puede alojar en una unidad 221 base de humidificador, que también puede alojar la placa 212 calentadora. La placa 212 calentadora puede tener un elemento de calentamiento eléctrico en su interior o en contacto térmico con la misma. Opcionalmente, una o más capas de aislamiento pueden ubicarse entre la placa 16 calentadora y el elemento calentador. El elemento calentador puede ser un elemento base (o un formador) con un alambre enrollado alrededor del elemento base. El alambre puede ser un alambre de nicromo (o un alambre de níquel-cromo). El elemento calentador también puede incluir un sustrato de múltiples capas con pistas de calentamiento electrodepositadas sobre él o grabadas en él. El controlador o medio 208 de control puede incluir circuitos electrónicos, que pueden incluir un microprocesador para controlar el suministro de energía al elemento de calentamiento. La unidad 221 de base del humidificador y/o la placa 212 calentadora se pueden acoplar de forma extraíble con la cámara 205 humidificadora. La cámara 205 humidificadora también puede incluir alternativa o adicionalmente un calentador integral.

La placa 212 calentadora puede incluir un sensor de temperatura, tal como un transductor de temperatura o, de otro modo, que puede estar en conexión eléctrica con el controlador 208. El sensor de temperatura de la placa calentadora se puede ubicar dentro de la unidad 221 base del humidificador. El controlador 221 puede supervisar la temperatura de la placa 212 calentadora, que puede aproximarse a la temperatura del agua 220.

También se puede ubicar un sensor de temperatura en la salida 209 o cerca de esta para monitorear la temperatura de los gases humidificados que salen de la cámara 205 humidificadora desde la salida 209. El sensor de temperatura también se puede conectar al controlador 208 (por ejemplo, con un cable o de forma inalámbrica). También se pueden incorporar opcionalmente sensores adicionales, por ejemplo, para detectar características de los gases (tales como temperatura, humedad, flujo u otros) en un extremo del paciente del conducto 206 de suministro de gases.

Los gases pueden salir a través de la salida 209 del humidificador y hacia el conducto de suministro 206 de gases. Los gases pueden moverse a través del conducto 206 de suministro de gases hacia la cavidad quirúrgica del paciente 2 a través de la cánula 207, inflando y manteniendo así la presión dentro de la cavidad. Preferentemente, los gases que salen de la salida 209 de la cámara 205 humidificadora pueden tener una humedad relativa de alrededor del 100 %. A medida que los gases viajan a lo largo del conducto 206 de suministro de gases, puede ocurrir "lluvia", de modo que el vapor de agua puede condensarse en una pared del conducto 206 de suministro de gases. La lluvia puede tener efectos indeseables, como la reducción perjudicial del contenido de agua de los gases administrados al paciente. Con el fin de reducir y/o minimizar la aparición de condensación dentro del conducto 206 de suministro de gases, se puede proporcionar un alambre 210 calentador dentro, a través o alrededor del conducto 206 de suministro de gases. El alambre 210 calentador puede conectarse electrónicamente a la unidad 221 base del humidificador, por ejemplo, mediante un cable 219 eléctrico para alimentar el alambre calentador. El cable 219 puede ser similar al cable adaptador del alambre calentador que incluye un sensor ambiental como se describe en las Figuras 1D y 1E. De manera alternativa, el humidificador puede estar integrado con un insuflador de un sistema de humidificación quirúrgica en una carcasa común. El humidificador y el insuflador pueden controlarse mediante un único controlador. El sistema de humidificación quirúrgico también puede incluir un sistema de recirculación que está configurado para recircular gases de un sitio quirúrgico y rehumidificar los gases. El sistema de recirculación puede incluir un filtro de humo y puede incluir un depurador para eliminar los gases. El sistema de recirculación también puede incluir dispositivos para eliminar la humedad o la condensación del gas recirculado.

El alambre 210 calentador puede incluir un alambre de resistencia de aleación de cobre aislado, otros tipos de alambre de resistencia u otro elemento calentador, y/o estar hecho de cualquier otro material apropiado. El alambre calentador puede ser un alambre recto o un elemento enrollado helicoidalmente. Un circuito eléctrico que incluye el alambre 210 calentador puede ubicarse dentro de las paredes del tubo 206 de suministro de gases. El tubo 206 de suministro de gases puede ser un tubo enrollado en espiral. El alambre 210 calentador se puede enrollar en espiral alrededor de un núcleo aislante del conducto 206 de suministro de gases. El recubrimiento aislante alrededor del alambre 210 calentador puede incluir un material termoplástico que, cuando se calienta a una temperatura predeterminada, puede entrar en un estado en el que su forma puede alterarse y la nueva forma puede retenerse de manera sustancialmente elástica al enfriarse. El alambre 210 calentador se puede enrollar en una sola o doble hélice. Mediciones realizadas por el sensor de temperatura y/o los sensores adicionales en el extremo del paciente del conducto 206 pueden proporcionar retroalimentación al controlador 208 de modo que el controlador 208 pueda energizar opcionalmente el alambre calentador para aumentar y/o mantener la temperatura de los gases dentro del conducto 206 de suministro de gases (por ejemplo, entre aproximadamente 35 °C y 45 °C) de modo que los gases suministrados al paciente puedan estar a o cerca de 37 °C.

El controlador o medio 208 de control puede, por ejemplo, incluir el microprocesador o circuito lógico con memoria asociada o medio de almacenamiento, que puede contener un programa de software. Cuando es ejecutado por los medios 208 de control, el software puede controlar el funcionamiento del sistema 1 de insuflación según las instrucciones establecidas en el software y/o en respuesta a entradas externas. Por ejemplo, el controlador o medios 208 de control pueden estar provistos de entrada desde la placa 212 calentadora, de modo que el controlador o medios 208 de control puedan estar provistos de información sobre la temperatura y/o el uso de energía de la placa 212 calentadora. El controlador o medio 208 de control se puede proporcionar con entradas de temperatura del flujo de gases. Por ejemplo, el sensor de temperatura puede proporcionar una entrada para indicar la temperatura del flujo de gases humidificados a medida que los gases salen de la salida 209 de la cámara 205 humidificadora. También se puede proporcionar un sensor de flujo, que puede ser opcional, en la misma posición o cerca del sensor de temperatura o en otra ubicación apropiada dentro del sistema 1 de insuflación. Alternativamente, el sistema solo puede incluir sensores de temperatura. El controlador 208 puede controlar un regulador de flujo, que regula el caudal de gases a través del sistema 1. El regulador puede incluir un inductor y/o inhibidor de flujo, tal como un ventilador motorizado. Válvulas y/o respiraderos se pueden usar adicional o alternativamente para controlar el caudal de gases.

Una entrada de paciente ubicada en la unidad 221 de base de humidificador puede permitir que un usuario (tal como un cirujano o una enfermera) establezca una temperatura de gases y/o un nivel de humedad de gases deseados a suministrar. Otras funciones también pueden controlarse opcionalmente mediante la entrada del usuario, como el control del calentamiento suministrado por el alambre 210 calentador. El controlador 208 puede controlar el sistema 1 y, en particular, controlar el caudal, la temperatura y/o la humedad del gas suministrado al paciente, para que sea apropiado para el tipo de procedimiento médico para el que se utiliza el sistema 1.

La unidad 221 de base de humidificador también puede incluir una pantalla para mostrar al usuario las características del flujo de gas que se administra al paciente 2.

Aunque no se muestra, el humidificador también puede ser opcionalmente un humidificador de paso, que puede incluir la cámara con un volumen de agua, pero puede no incluir una placa calentadora para calentar el agua. La cámara puede estar en comunicación fluida con el suministro de gases de manera que los gases de insuflación sean humidificados por el vapor de agua que se transfiere desde el volumen de agua a medida que los gases de insuflación pasan sobre el volumen de agua.

El humidificador del sistema humidificador quirúrgico en la Figura 2D también puede incorporar cualquiera de las características de la unidad 221 humidificadora y la cámara 205 de humidificación mostradas en la Figura 2A.

Cuando están en uso, los humidificadores descritos anteriormente pueden ubicarse fuera de una "zona estéril operativa" y/o adyacentes al insuflador. Como resultado, no se requeriría que el personal médico toque el humidificador cuando mueva la cánula durante la operación para maniobrar los instrumentos médicos dentro de la cavidad quirúrgica. Es posible que el humidificador no tenga que esterilizarse en la misma medida que los instrumentos médicos. Además, el humidificador que se encuentra fuera de la "zona estéril operativa" puede reducir las obstrucciones para el personal médico durante el procedimiento operativo que puede restringir los movimientos del personal médico y/o los instrumentos médicos en el espacio ya abarrotado.

En la Figura 2E se proporciona una representación esquemática de un sistema 10 de terapia de alto flujo. El sistema 10 puede incluir una carcasa 100 del dispositivo principal. La carcasa 100 del dispositivo principal puede contener un generador 11 de flujo que puede tener forma de una disposición de motor/impulsor, un humidificador o cámara 12 de humidificación, un controlador 13 y una interfaz 14 de usuario. La interfaz 14 de usuario puede incluir uno o más dispositivos de visualización y entrada tales como uno o más botones, una pantalla táctil, una combinación de una pantalla táctil y uno o más botones o similares. El controlador 13 puede incluir uno o más procesadores de hardware y/o software y puede configurarse o programarse para controlar los componentes del aparato, incluyendo, entre otros, la operación del generador 11 de flujo para crear un flujo de gases para su administración a un paciente, la operación del humidificador 12 para humidificar y/o calentar el flujo de gases, la recepción de la entrada del usuario desde la interfaz 14 de usuario para la reconfiguración y/o la operación definida por el usuario del sistema 10 respiratorio, y la emisión de información (por ejemplo, en la pantalla) al usuario. El usuario puede ser un paciente, un profesional de la salud u otros.

Con referencia continua a la Figura 2E, un conducto 16 de respiración del paciente puede estar acoplado a una salida 21 de flujo de gases en la carcasa 100 del dispositivo principal del sistema 10 respiratorio, y estar acoplado a una interfaz 17 de paciente, tal como una interfaz no sellada como una cánula nasal con un colector 19 y puntas 18 nasales. El conducto 16 de respiración del paciente también se puede acoplar a una máscara facial, una máscara nasal, una máscara de almohadilla nasal, un tubo endotraqueal, una interfaz de traqueotomía u otros.

El flujo de gases puede ser generado por el generador 11 de flujo, y puede ser humidificado, antes de ser suministrado al paciente a través del conducto 16 del paciente a través de la interfaz 17 del paciente. El controlador 13 puede controlar el generador 11 de flujo para generar un flujo de gases de un caudal deseado, y/o una o más válvulas para controlar la mezcla de aire y oxígeno u otro gas respirable. El controlador 13 puede controlar un elemento de calentamiento en la cámara 12 de humidificación para calentar los gases a una temperatura deseada que logre un nivel deseado de temperatura y/o humedad para su administración al paciente. El conducto 16 del paciente puede tener un elemento 16a de calentamiento, tal como un alambre calentador para calentar el flujo de gases que pasa al paciente. El elemento 16a de calentamiento también puede estar bajo el control del controlador 13.

El sistema 10 puede usar transductor(es) ultrasónico(s), sensor(es) de flujo tales como un sensor de flujo de termistor, sensor(es) de presión, sensor(es) de temperatura, sensor(es) de humedad u otros sensores, en comunicación con el controlador 13, para monitorear las características del flujo de gases y/u operar el sistema 10 de una manera que proporcione una terapia adecuada. Las características del flujo de gases pueden incluir concentración de gases, caudal, presión, temperatura, humedad u otros. Los sensores 3a, 3b, 3c, 20, 25, tales como sensores de presión, temperatura, humedad y/o flujo, se pueden colocar en varias ubicaciones en la carcasa 100 del dispositivo principal, el conducto 16 del paciente y/o la interfaz 17 del paciente. El controlador 13 puede recibir salida de los sensores para ayudarlo a operar el sistema 10 respiratorio de una manera que proporcione una terapia adecuada, tal como para determinar una temperatura, caudal y/o presión adecuada del flujo de gases. Proporcionar una terapia adecuada puede incluir satisfacer la demanda inspiratoria de un paciente.

El sistema 10 puede incluir un transmisor y/o receptor de datos inalámbrico, o un transceptor 15 para permitir que el controlador 13 reciba señales 8 de datos de forma inalámbrica desde los sensores de operación y/o para controlar los diversos componentes del sistema 10. Adicional o alternativamente, el transmisor y/o receptor 15 de datos puede suministrar datos a un servidor remoto o permitir el control remoto del sistema 10. El sistema 10 puede incluir una conexión cableada, por ejemplo, usando cables o alambres, para permitir que el controlador 13 reciba señales 8 de datos de los sensores de operación y/o para controlar los diversos componentes del sistema 10.

El aparato 10 de terapia de flujo puede comprender un aparato de terapia de alto flujo. Se pretende que la terapia de alto flujo, como se discute en esta invención, tenga su significado común típico, como lo entiende un experto en la materia, que generalmente se refiere a un sistema de asistencia respiratoria que suministra un flujo diana de gases respiratorios humidificados a través de una interfaz de paciente intencionalmente no sellada con caudales

generalmente destinados a cumplir o exceder el flujo inspiratorio de un paciente. Las interfaces de paciente típicas incluyen, pero no se limitan a, una interfaz de paciente nasal o traqueal. Caudales típicos para adultos a menudo oscilan entre, pero no se limitan a, unos quince litros por minuto y unos sesenta litros por minuto o más. Caudales típicos para pacientes pediátricos (como neonatos, bebés y niños) a menudo oscilan entre, pero no se limitan a, aproximadamente un litro por minuto por kilogramo de peso del paciente y aproximadamente tres litros por minuto por kilogramo de peso del paciente o más. La terapia de alto flujo también puede incluir opcionalmente composiciones de mezcla de gases que incluyen oxígeno complementario y/o administración de medicamentos terapéuticos. La terapia de alto flujo a menudo se conoce como alto flujo nasal (NHF - *Nasal High Flow*), cánula nasal de alto flujo humidificada (HHFNC - *Humidified High Flow Nasal Cannula*), oxígeno nasal de alto flujo (HFNO - *High Flow Nasal Oxygen*), terapia de alto flujo (HFT - *High Flow Therapy*) o alto flujo traqueal (THF - *Tracheal High Flow*), entre otros nombres comunes. Por ejemplo, en algunas configuraciones, para un paciente adulto, 'terapia de alto flujo' puede referirse a la administración de gases a un paciente a un caudal mayor o igual a aproximadamente 10 litros por minuto (10 LPM), tal como entre aproximadamente 10 LPM y aproximadamente 100 LPM, o entre aproximadamente 15 LPM y aproximadamente 95 LPM, o entre aproximadamente 20 LPM y aproximadamente 90 LPM, o entre aproximadamente 25 LPM y aproximadamente 85 LPM, o entre aproximadamente 30 LPM y aproximadamente 80 LPM, o entre aproximadamente 35 LPM y aproximadamente 75 LPM, o entre aproximadamente 40 LPM y aproximadamente 70 LPM, o entre aproximadamente 45 LPM y aproximadamente 65 LPM, o entre aproximadamente 50 LPM y aproximadamente 60 LPM. En algunas configuraciones, para un paciente neonatal, lactante o niño, la 'terapia de alto flujo' puede referirse al suministro de gases a un paciente a un caudal superior a 1 LPM, tal como entre aproximadamente 1 LPM y aproximadamente 25 LPM, o entre aproximadamente 2 LPM y aproximadamente 25 LPM, o entre aproximadamente 2 LPM y aproximadamente 5 LPM, o entre aproximadamente 5 LPM y aproximadamente 25 LPM, o entre aproximadamente 5 LPM y aproximadamente 10 LPM, o entre aproximadamente 10 LPM y aproximadamente 25 LPM, o entre aproximadamente 10 LPM y aproximadamente 20 LPM, o entre aproximadamente 10 LPM y 15 LPM, o entre aproximadamente 20 LPM y 25 LPM. Un aparato de terapia de alto flujo con un paciente adulto, un paciente neonatal, lactante o niño, puede suministrar gases al paciente a un caudal de entre aproximadamente 1 LPM y aproximadamente 100 LPM, o a un caudal en cualquiera de los subintervalos descritos anteriormente.

La terapia de alto flujo puede ser eficaz para satisfacer o superar la demanda inspiratoria del paciente, aumentar la oxigenación del paciente y/o reducir el trabajo de respiración. Además, la terapia de alto flujo puede generar un efecto de enrojecimiento en la nasofaringe, de modo que el espacio inactivo anatómico de las vías respiratorias superiores sea enjuagado por el alto flujo de gases entrantes. El efecto de enjuague puede crear un depósito de gas fresco disponible de todas y cada una de las respiraciones, al tiempo que minimiza la reinhalación de dióxido de carbono, nitrógeno, etc.

La interfaz del paciente para su uso en una terapia de alto flujo puede ser una interfaz no sellada para impedir el barotrauma, que puede incluir daño tisular a los pulmones u otros órganos del sistema respiratorio del paciente debido a la diferencia de presión en relación con la atmósfera. La interfaz de paciente puede ser una cánula nasal con un colector y puntas nasales, y/o una máscara facial, y/o una máscara de almohadillas nasales, y/o una máscara nasal, y/o una interfaz de traqueotomía, o cualquier otro tipo adecuado de interfaz de paciente.

Ejemplo de procedimientos de detección de bajo contenido de agua y/o falta de agua

Ejemplos de procedimientos de detección de poca agua y/o falta de agua se describen con referencia a las Figura 3A - Figura 7. Estos procedimientos de detección se pueden realizar en cualquiera de las configuraciones de hardware descritas anteriormente, sistemas de insuflación quirúrgica (como se muestra en la Figura 2D) o cualquier otra configuración de dispositivo de asistencia respiratoria humidificado. Como se muestra en la Figura 3A, en la etapa 302 de un procedimiento 300 ejemplar para detectar una condición de bajo nivel de agua y/o de falta de agua, un controlador de un sistema humidificador respiratorio puede medir la capacidad calorífica de la cámara humidificadora. El agua tiene una capacidad calorífica específica de aproximadamente 4.184 julios por kilogramo por aumento de temperatura de 1 °C, que es mayor que la de los materiales de la cámara humidificadora (sin incluir el contenido de la cámara humidificadora). Debido a esto, una capacidad calorífica específica de la cámara humidificadora medida en la etapa 302 disminuye como resultado de una disminución en el volumen de agua porque se requiere menos energía para calentar este menor volumen de agua por cada unidad de temperatura. La capacidad calorífica de la cámara humidificadora está en su nivel más bajo en un escenario de falta de agua, por lo que la temperatura de la cámara cambia más rápido para un cambio dado en la entrada de energía. En comparación, cuando hay un mayor volumen de agua en la cámara humidificadora, el cambio de temperatura es más lento para la misma entrada de energía, lo que se correlaciona con un aumento en la capacidad calorífica específica. Una cantidad de agua mayor absorbe más energía térmica.

Como se describirá con mayor detalle a continuación, el controlador puede inferir un valor de la capacidad calorífica específica (por ejemplo, determinando una puntuación de salida de agua que esté relacionada con el valor de la capacidad calorífica específica) sin calcular realmente el valor de la capacidad calorífica específica. El controlador también puede calcular opcionalmente el valor real de la capacidad calorífica específica de la cámara humidificadora basado en las variables conocidas de la cámara humidificadora, el agua, la placa calentadora u otras que se requieren para calcular los valores de capacidad calorífica específica. El controlador puede inferir opcionalmente el valor real de la capacidad calorífica específica a partir del valor determinado, por ejemplo, a partir de la puntuación de salida de

agua.

En la etapa 304 de decisión del procedimiento 300, el controlador puede realizar un análisis de detección de falta de agua al inferir un volumen del agua en la cámara humidificadora basado en la capacidad calorífica de la cámara humidificadora. El controlador puede determinar si el valor de la capacidad calorífica específica determinada está por debajo de un umbral bajo de agua o de falta de agua. Si el valor de la capacidad calorífica específica determinada está por debajo del umbral, el controlador puede emitir una alarma de poca agua y/o falta de agua en la etapa 306 y el controlador puede volver a la etapa 302. Si el valor de la capacidad calorífica específica determinada no está por debajo del umbral, el controlador puede volver a la etapa 302.

La Figura 3B ilustra un procedimiento 310 ejemplar para detectar una condición de bajo nivel de agua y/o falta de agua. El procedimiento 310 puede medir un cambio en las mediciones de temperatura mediante el sensor de temperatura en o cerca de la placa calentadora. Más específicamente, el procedimiento 310 puede determinar la capacidad calorífica específica de la cámara humidificadora procesando y analizando una señal del sensor de temperatura en o cerca de la placa calentadora a una frecuencia específica y detectar una condición de baja cantidad de agua y/o falta de agua. En la etapa 312, el controlador puede aplicar, tal como inyectando, una señal complementaria en una señal de alimentación de la placa calentadora. La señal complementaria también se conoce como la señal de energización característica en la descripción en esta invención. La señal complementaria puede estar a una frecuencia predeterminada que es diferente (como ser mayor o menor) que una señal de energía de control de la placa calentadora convencional. En la etapa 314, el controlador puede recibir una señal de retorno resultante de los datos del sensor de temperatura en o cerca de la placa calentadora después de pasar a través de un filtro de paso de banda (véase el filtro 426 de paso de banda de la Figura 4A). Es decir, la señal devuelta está a la misma frecuencia predeterminada que la señal aplicada y es representativa de una respuesta a la señal complementaria.

En la etapa 316, el controlador puede medir una magnitud del componente de señal devuelto que se correlaciona con la señal complementaria, por ejemplo, mediante filtrado en el dominio de la frecuencia. La magnitud se define como la desviación de 0. Para una frecuencia de señal aplicada dada, una cámara humidificadora con un volumen mayor de agua puede atenuar la señal devuelta más (es decir, tener una ganancia menor) que una cámara humidificadora con un volumen menor de agua. Como se muestra en la Figura 3C, un período de tiempo con una condición de falta de agua está representado por el eje x después o a la derecha de una flecha negra. Durante la falta de agua, la amplitud/desviación de la señal devuelta de ejemplo es mayor que antes de la falta de agua (antes o a la izquierda de la flecha negra). Por lo tanto, la magnitud y/o fase de la señal devuelta puede ser inversamente proporcional a la capacidad calorífica específica de la cámara humidificadora. La relación inversa entre la magnitud (y/o fase) y la capacidad calorífica específica se debe a que la capacidad calorífica específica se reduce cuando el agua está fuera o se está agotando en volumen, por lo que absorbe menos de la señal complementaria. Cuando se agota el agua o se agota el volumen, el cambio de temperatura será mayor. El termistor de la placa calentadora detecta así un cambio de temperatura mayor. Además, cuando hay poca o ninguna agua en la cámara, el cambio en la energía de la placa calentadora puede tardar menos en aparecer como un cambio en la temperatura de la placa calentadora. La respuesta de la desviación de temperatura puede ser más lenta cuando hay suficiente agua en la cámara. Como se describe en esta invención, la magnitud se puede medir en una banda de frecuencia específica. Las señales complementarias de más de una frecuencia también se pueden usar en el procedimiento 310. Cuando se utilizan múltiples frecuencias, el controlador puede determinar una suma ponderada de las magnitudes a diferentes frecuencias como una relación de las magnitudes de las señales devueltas en lugar del valor absoluto de la magnitud. Se puede utilizar una señal complementaria de cualquier período y/o amplitud. Preferiblemente, la amplitud es lo suficientemente pequeña como para que la señal complementaria no interfiera con el control normal de la humedad, incluido el control normal de la placa calentadora (HP - *Heater Plate*).

La Figura 3D ilustra ejemplos de respuestas de la placa calentadora a la señal complementaria en el dominio del tiempo. Como se muestra en la Figura 3D, las respuestas entre cuando hay suficiente agua en la cámara ("húmeda") 324 y cuando hay poca o ninguna agua en la cámara ("seca") 322 pueden diferir en magnitud y/o fase. La Figura 3E ilustra las dos respuestas (cuando hay suficiente agua en la cámara ("húmeda") 326 y cuando hay poca o ninguna agua en la cámara ("seca") 328) en el dominio de la frecuencia. Como se describió anteriormente, la diferencia en las magnitudes de la frecuencia fundamental de las dos respuestas puede permitir la detección de una condición de falta de agua.

El gráfico de la Figura 3E no proporciona información sobre las diferencias en la fase de las dos respuestas. Las diferencias en la magnitud y la fase se pueden presentar en un solo gráfico. El controlador puede recibir información sobre la magnitud y/o fase de la respuesta a la señal complementaria, que puede o no estar en una banda de frecuencia específica (por ejemplo, la frecuencia de la señal complementaria). La información de magnitud puede extraerse en cualquier procedimiento descrito en otra parte de la presente descripción. Además, la información de magnitud y/o fase se puede extraer utilizando otros procedimientos, tales como un filtro de respuesta de impulso finita (FIR - *Finite Impulse Response*), correlación cruzada, realización de una detección homodina o demodulación en cuadratura y/o mediante transformada de Fourier. Por ejemplo, se puede realizar un procedimiento de cálculo de la transformada de Fourier de un intervalo o frecuencia específicos. Los procedimientos descritos anteriormente pueden transformar la respuesta a la señal complementaria en un punto de datos en un espacio bidimensional, que se puede presentar como coordenadas polares como se muestra en las Figuras 3F-3H, o coordenadas cartesianas (con valores reales e imaginarios).

Las Figuras 3F-3H ilustran una representación de ejemplo tanto de la magnitud como de la fase en un espacio bidimensional, que se dibuja como un cuadrante (0° a 90°) de un diagrama de constelación y diferentes formas de clasificar una condición de falta de agua, tal como basado en la magnitud sola (Figura 3F), basado en la fase sola (Figura 3G) y basado en la magnitud y la fase (Figura 3H). El diagrama puede ilustrar el (los) componente(s) armónico(s) de la respuesta a la señal complementaria en referencia a la fase de la señal complementaria. Por ejemplo, se traza el componente armónico fundamental (también conocido como el primero). Si se usan otros componentes armónicos, el clasificador puede usar los otros componentes armónicos de forma aislada o en combinación con el componente fundamental. Como se muestra en las Figuras 3F-3H, los puntos de datos generalmente se pueden agrupar en una región 330 "húmeda" (cámara con agua) y una región 332 "seca" (cámara con poca o ninguna agua). Se puede usar un clasificador para distinguir estas dos regiones y, por lo tanto, el controlador puede detectar si hay una condición de falta de agua.

Como se muestra en la Figura 3F, un procedimiento de detección de falta de agua basado solo en la magnitud de la respuesta a la señal complementaria puede determinar un límite 334 de clasificación, que puede ser un arco concéntrico al diagrama de constelación de modo que todos los puntos en el arco representen la misma magnitud en diferentes fases. Cualquier punto de datos que caiga en el lado del límite 334 de clasificación que esté más lejos del origen del diagrama de constelación puede indicar una condición de falta de agua.

Como se muestra en la Figura 3G, un procedimiento de detección de falta de agua basado solo en la fase de la respuesta a la señal complementaria puede determinar otro límite 336 de clasificación, que puede ser una línea que se origina desde el origen del diagrama de constelación de modo que todos los puntos en la línea representan la misma fase en diferentes magnitudes. Cualquier punto de datos por debajo del límite 336 de clasificación puede indicar una condición de falta de agua.

Un límite de clasificación fuera del cual hay una condición de falta de agua también puede ser de cualquier forma bidimensional arbitraria que tenga en cuenta tanto la información de magnitud como de fase. Por ejemplo, la forma puede ser un círculo, un eclipse, una línea en zigzag, una línea que no se origina desde el origen del diagrama de constelación, un arco que no es concéntrico con el diagrama de constelación o un límite de forma libre. La Figura 3H ilustra dos ejemplos de formas 338, 340 bidimensionales de un límite de clasificación que tiene en cuenta tanto la información de magnitud como de fase. Cuando un punto de datos cae en una región en el lado derecho de la forma 338, o fuera de la región encerrada por la forma 340, se puede detectar una condición de falta de agua. El uso de la información de magnitud y fase puede mejorar el límite de clasificación, ya que los puntos de datos pueden estar más lejos del límite que los límites 334, 336 de clasificación basándose solo en la magnitud o la fase.

La ubicación y/o la forma del límite de clasificación se pueden determinar utilizando cualquier procedimiento adecuado, por ejemplo, regresión multivariable, aprendizaje automático (por ejemplo, máquinas de vectores de soporte) y/u otros modelos de entrenamiento.

Volviendo a la Figura 3B, en la etapa 318 de decisión, el controlador puede realizar un análisis de detección de falta de agua al inferir un volumen del agua en la cámara humidificadora basado en la magnitud de la señal de temperatura. El controlador puede determinar si la magnitud determinada está por encima de un umbral bajo de agua y/o de falta de agua. En la etapa 320, si la magnitud determinada está por encima del umbral, el controlador puede emitir una alarma de poca agua y/o falta de agua. Si la magnitud determinada no está por encima del umbral, el controlador puede volver a la etapa 312.

Los procedimientos de detección descritos en esta solicitud, tales como la aplicación (por ejemplo, inyección), la recepción y/o las etapas de medición pueden ocurrir continuamente independientemente de si la magnitud está por encima del umbral o no. Por consiguiente, las etapas descritas con referencia a las Figuras 3A y 3B continúan operando continuamente de manera que después de emitir una alarma de poca agua y/o falta de agua en las etapas 306, 320 respectivamente, los procedimientos en las Figuras 3A y 3B pueden volver a las primeras etapas, que son la etapa 302 en la Figura 3A y la etapa 312 en la Figura 3B.

La Figura 4A ilustra un diagrama de sistema para implementar los procedimientos 300, 310 descritos anteriormente. Como se muestra en la Figura 4A, un sistema 400 humidificador puede ser, y/o puede incorporar cualquiera de las características de los sistemas 100, 200, 10, 1 descritos anteriormente. Por ejemplo, el sistema 400 humidificador puede incluir una unidad 402 de base calentadora con una placa 420 calentadora, que puede estar en contacto con una base conductora de una cámara 403 humidificadora durante el uso. La placa 420 calentadora puede incluir uno o más elementos calentadores para calentar la cámara 403 humidificadora. La unidad 402 base del calentador también puede incluir uno o más sensores de temperatura de la placa calentadora (tales como al menos un termistor) como se describió anteriormente.

Una unidad de control del sistema 400 humidificador, que puede ubicarse dentro de una carcasa de la unidad 402 de base del calentador, puede incluir un control 422 de energía de la placa calentadora para controlar la señal de energía de la placa calentadora de estado estacionario P_{HP} para controlar la administración de la terapia de humidificación. Debido a las limitaciones inherentes a la respuesta del sistema, el control de la placa calentadora y su señal de energía de salida P_{HP} son lentos y su contenido espectral abarca desde CC hasta aproximadamente 0,005 Hz. Esto se muestra en la Figura 4B donde la energía espectral debida a las respuestas de control se agrupa a bajas frecuencias cerca de

la parte inferior del espectrograma. La unidad de control también puede incluir un generador 424 de forma de onda configurado para generar, y superponer sobre la señal de energía de la placa calentadora P_{HP} , una energía complementaria o característica o señal de energización ΔP_{WO} . La señal complementaria ΔP_{WO} puede tener una amplitud de pico a pico de aproximadamente 5 W a aproximadamente 30 W, o de aproximadamente 10 W a aproximadamente 25 W, o de aproximadamente 15 W a aproximadamente 20 W, o de aproximadamente 16 W, o de aproximadamente 5 W a 15 W, o de aproximadamente 5 W a 10 W, o de aproximadamente 7 W a 10 W, o de aproximadamente 8 W. En una implementación de ejemplo, la amplitud de pico a pico es de aproximadamente 5 W a aproximadamente 30 W.

La señal complementaria ΔP_{WO} puede tener una frecuencia predeterminada (por ejemplo, de aproximadamente 0,005 Hz a aproximadamente 0,025 Hz o tener un período de aproximadamente 40 segundos a aproximadamente 200 segundos, o de aproximadamente 50 segundos a aproximadamente 150 segundos, o de aproximadamente 75 segundos a aproximadamente 125 segundos, o aproximadamente 100 segundos, o de aproximadamente 0,0055 Hz a aproximadamente 0,015 Hz, o de aproximadamente 0,006 Hz a aproximadamente 0,010 Hz, o de aproximadamente 0,00833 Hz o tener un período de aproximadamente 120 segundos). La frecuencia o frecuencias de la señal complementaria ΔP_{WO} pueden ser diferentes (como más altas o al menos 1,5 veces) de la frecuencia de la señal de energía de la placa calentadora P_{HP} . La señal complementaria ΔP_{WO} se suma con la señal de energía de la placa calentadora P_{HP} para tener una señal de energía de la placa calentadora combinada P_{HP}' , similar a la multiplexación por división de frecuencia de las dos señales. Una banda de protección en el dominio de la frecuencia entre la señal de energía de la placa calentadora P_{HP} y la señal complementaria ΔP_{WO} puede facilitar la separación/demultiplexación de estas señales en etapas posteriores, como se describirá a continuación.

La Figura 4B ilustra una forma de onda de ejemplo de la señal de temperatura de la placa calentadora, T_{HP}' en el dominio de la frecuencia como se muestra en un espectrograma, así como en el dominio del tiempo, con una señal complementaria ΔP_{WO} que tiene un período de entre aproximadamente 40 segundos y aproximadamente 200 segundos, o aproximadamente 80 segundos y aproximadamente 120 segundos. En una implementación de ejemplo, el período es de 120 segundos. La banda de frecuencia a aproximadamente 1/120 Hz es el componente que corresponde a la señal complementaria ΔP_{WO} añadida encima de la señal de control de la placa calentadora convencional P_{HP} . Como se describirá con mayor detalle a continuación, esto puede filtrarse por paso de banda para producir la señal ΔT_{WO} a un detector 428 para determinar si está presente una condición de bajo nivel de agua y/o de falta de agua. Una banda de frecuencia a aproximadamente 2/120 Hz, que es más débil que la banda de frecuencia a aproximadamente 1/120 Hz, es el segundo armónico de la señal complementaria ΔP_{WO} como un artefacto de la forma de onda aplicada elegida. Las respuestas de frecuencia de 0 Hz a aproximadamente 0,005 Hz, que tienen una intensidad más alta que la banda de frecuencia a aproximadamente 1/120 Hz, representan las respuestas del controlador de placa calentadora convencional en el inicio y durante una condición de falta de agua.

La señal complementaria ΔP_{WO} puede ser cualquier forma de onda periódica arbitraria, como una onda triangular, una onda cuadrada, una onda en diente de sierra u otras. La forma de onda tiene una media cero para evitar la polarización del controlador de la placa calentadora convencional y su salida P_{HP} . Sin embargo, como la energía sumada P_{HP}' no puede ser negativa, existe un límite en la amplitud negativa de la forma de onda elegida. La señal complementaria ΔP_{WO} puede tener una forma de onda asimétrica para aumentar (en algunos casos maximiza) la amplitud transmitida para una amplitud negativa dada y para mejorar la relación señal-ruido. Además, la forma de onda de la señal complementaria ΔP_{WO} puede ser fácil de generar en tiempo de ejecución. La forma de onda de la señal complementaria ΔP_{WO} también puede tener un bajo contenido armónico para evitar interferencias con el controlador de la placa calentadora.

La Figura 4C muestra ejemplos de formas de onda de señal complementarias candidatas, una onda triangular plana y una onda triangular cúbica, después de la normalización a media cero y que tienen la misma amplitud negativa. Una onda de triángulo cúbico tiene una relación de 3:1 entre la amplitud positiva y negativa, en comparación con una relación de 1:1 para formas de onda simétricas como la onda de triángulo plano.

La Figura 4D muestra el contenido espectral de las dos formas de onda candidatas, calculado mediante el análisis de Fourier. Se puede observar que la onda triangular cúbica entrega casi el doble de energía a la frecuencia fundamental para la misma amplitud negativa, a costa de energías más altas en los armónicos superiores. Estos armónicos pueden interferir con el controlador de la placa calentadora. Sin embargo, como se muestra en el gráfico de Bode (gráfico de la transferencia de frecuencia) de la temperatura de la placa calentadora en la Figura 4E, las frecuencias más altas están altamente atenuadas, por lo que los armónicos superiores tendrán un efecto bajo y/o insignificante en el control de la temperatura de la placa calentadora por la unidad de control.

Con referencia continua a la Figura 4A, el controlador puede enviar la señal de energía de la placa calentadora combinada P_{HP}' a la placa 420 calentadora del sistema 400 humidificador respiratorio para energizar la placa 420 calentadora. El controlador puede recibir la(s) señal(es) del sensor de temperatura T_{HP}' del sensor de temperatura de la placa calentadora. La(s) señal(es) del sensor de temperatura, T_{HP}' , es (son) en respuesta a la señal de energía de la placa calentadora P_{HP} y la señal complementaria ΔP_{WO} . La Figura 4F ilustra una forma de onda de ejemplo de la señal combinada, P_{HP}' y una forma de onda de ejemplo de la señal del sensor de temperatura T_{HP}' .

Todavía con referencia a la Figura 4A, la señal del sensor de temperatura T_{HP} se puede demultiplexar mediante filtrado (por ejemplo, mediante un filtro 426 de paso de banda). Perturbaciones debidas a la señal complementaria pueden ser rechazadas por el filtro para producir la señal de temperatura de la placa calentadora de estado estable T_{HP} y ser devueltas al control de la placa 422 calentadora para mantener el funcionamiento normal del sistema 400 humidificador respiratorio. Una señal de temperatura devuelta ΔT_{WO} (que se puede producir mediante el paso de banda T_{HP} a través del filtro 426) a la misma frecuencia fundamental que la señal complementaria ΔP_{WO} se puede alimentar al detector 428, que puede realizar cualquier algoritmo de detección de falta de agua adecuado.

La Figura 4G ilustra un filtro de ejemplo, que es un filtro de respuesta a impulso infinito (IIR - *Infinite Impulse Response*) de segundo orden, para separar la señal de temperatura de la placa calentadora T_{HP} y la señal de temperatura devuelta ΔT_{WO} . El filtro IIR puede ser un filtro de paso de banda para producir la señal devuelta ΔT_{WO} o un filtro de parada de banda para producir la señal de temperatura de la placa calentadora de estado estacionario T_{HP} . Se pueden implementar diferentes tipos de filtros para realizar este filtrado, como filtros de respuesta de impulso finito (FIR - *Finite Impulse Response*) o filtros de peine integrador en cascada (CIC - *Cascade Integrator-Comb*). El controlador también puede realizar opcionalmente un procesamiento de múltiples velocidades en el que es posible que el muestreo no ocurra cada segundo para reducir la carga de trabajo computacional.

Ejemplo de mediciones de temperatura mediante termistores de placa calentadora

La temperatura de la placa calentadora puede ser medida por un termistor y la resistencia del termistor se relaciona con la temperatura. La temperatura de la placa calentadora se puede medir opcionalmente mediante dos termistores. La unidad de control puede recibir una entrada de los dos termistores.

Los termistores pueden medir la temperatura utilizando un circuito divisor de voltaje y midiendo un cambio en el voltaje resultante de un cambio en la resistencia a través del termistor. La resistencia de los termistores cambia a medida que cambia la temperatura. La resistencia de los termistores se correlaciona con un cambio en el voltaje a través de los termistores. Este voltaje a través de los termistores se pasa a una entrada ADC de un microcontrolador, como un microcontrolador de la unidad de control. La unidad de control puede convertir las lecturas de voltaje en valores de temperatura utilizando modelos de cálculo (como ecuaciones polinómicas u otros) basados en la hoja de datos de los termistores. Calcular la temperatura a partir de la lectura de voltaje puede ser más eficiente que convertir la lectura de voltaje en un valor de resistencia para encontrar un valor de temperatura correspondiente a partir de una tabla de consulta.

Ejemplo de algoritmos de detección de poca agua y/o falta de agua

A continuación se describirán ejemplos de algoritmos de detección de poca agua y/o falta de agua, que se pueden realizar mediante la última etapa en los procedimientos 300, 310 descritos anteriormente, con referencia a la Figura 5A. La unidad de control puede convertir la magnitud y/o fase de la señal de retorno en una puntuación numérica. Cuando se ha alcanzado la puntuación numérica de umbral de activación para una condición de poca agua y/o falta de agua, la unidad de control puede emitir una notificación de poca agua y/o falta de agua, y/o activar una alarma de poca agua y/o falta de agua emitiendo un valor binario de 1. Cuando la puntuación numérica del umbral cae por debajo del umbral de desactivación, la unidad de control puede desactivar la alarma de poca agua y/o falta de agua emitiendo un valor binario de 0.

Como se muestra en la Figura 5A, en la etapa 502, la unidad de control puede recortar los picos en la lectura de temperatura para rechazar las lecturas falsas de los eventos transitorios. Su umbral se establece para que esté justo fuera de la amplitud de señal normal, de modo que las respuestas normales no se vean afectadas mientras se reducen los efectos aguas abajo de los valores atípicos. Valores transitorios rápidos y/o picos pueden ser causados por eventos tales como inicialización del filtro, zumbido del filtro, perturbaciones físicas, llenado de agua de la cámara humidificadora y/o similares. Transitorios rápidos pueden tener contenidos armónicos ricos (por ejemplo, un impulso delta de Dirac puede tener energía en todas las frecuencias) y pueden causar picos repentinos en la puntuación numérica y/o falsas alarmas de falta de agua. El factor Q en el filtro de banda también se puede optimizar para mejorar la selectividad del filtro, reducir el retraso del grupo y/o reducir el efecto de zumbido del filtro. Por ejemplo, se puede seleccionar un filtro de banda con un factor Q bajo para reducir el zumbido.

En la etapa 504, al recibir la señal de temperatura devuelta ΔT_{WO} , la unidad de control puede medir una magnitud de la señal de temperatura devuelta ΔT_{WO} . El controlador puede medir la magnitud similar a la operación del cuadrado medio de la raíz (RMS - *Root Mean Square*) elevando al cuadrado los valores instantáneos de la señal de temperatura devuelta ΔT_{WO} y promediando los valores al cuadrado utilizando un filtro de paso bajo aguas abajo. El controlador también puede calcular opcionalmente una media cuadrática del valor medio para obtener un valor RMS verdadero. Sin embargo, esto puede no ser necesario y se puede omitir la etapa de raíz cuadrada, lo que puede reducir la carga computacional de la unidad de control.

Como se muestra en la Figura 5A, en la etapa 506, se puede aplicar un filtro de paso bajo (como un filtro IIR) para promediar los valores de magnitud instantánea obtenidos en la etapa 502.

En la etapa 506, la unidad de control también puede usar una medida de rechazo de perturbaciones para evitar que el filtro reaccione a picos transitorios rápidos que podrían desencadenar falsas alarmas de falta de agua positivas. La medida de rechazo a perturbaciones puede incluir ralentizar selectivamente la actualización del filtro cuando la placa calentadora no está a la temperatura de ajuste. La desaceleración selectiva se puede lograr multiplicando un error de control en la temperatura de la placa calentadora (ϵ_{HP}) con coeficientes de filtro para generar valores que estén cerca del valor anterior cuando ϵ_{HP} sea grande.

En la etapa 508, la unidad de control puede aplicar un discriminador de umbral (tal como un discriminador de umbral simple con histéresis), que puede determinar si una puntuación numérica obtenida después de la etapa 506 está por encima o por debajo de un límite de umbral. El límite de umbral puede ser equivalente a 0,17 grados RMS (2 d.p.) o cualquier otro límite adecuado. La unidad de control puede emitir una notificación de poca agua y/o falta de agua, y/o activar una alarma (como señales visuales y/o de audio u otras) cuando la puntuación numérica obtenida después de la etapa 506 excede el límite de umbral. La Figura 5B ilustra puntajes de falta de agua de ejemplo a medida que se produce una condición de falta de agua. Como se muestra en la Figura 5B, el control puede activar la alarma de falta de agua cuando la puntuación de falta de agua excede aproximadamente 10.

Ejemplo de determinaciones adicionales de la magnitud de la señal de temperatura

En la etapa 502 de los ejemplos de algoritmos descritos anteriormente, la magnitud de la señal de temperatura devuelta ΔT_{WO} también se puede determinar opcionalmente utilizando principios similares a un receptor de conversión directa (homodino). Específicamente, el filtrado emparejado se puede realizar mediante la convolución de la señal devuelta ΔT_{WO} con la señal complementaria ΔP_{WO} , que incluye información de magnitud y fase. Esto permite que todos los armónicos se procesen al mismo tiempo y puede proporcionar un mejor rendimiento de discriminación. Las señales con múltiples frecuencias se pueden procesar al mismo tiempo. La unidad de control puede calcular opcionalmente la magnitud de la señal de temperatura devuelta ΔT_{WO} mediante filtrado adaptado sin determinar la fase para reducir la carga computacional de la unidad de control.

La magnitud de la señal de temperatura devuelta ΔT_{WO} también se puede determinar opcionalmente utilizando una implementación de un detector de picos con fugas (detector de picos con fugas controladas), similar al circuito electrónico que se muestra en la Figura 6. Cuando la amplitud de la señal de temperatura devuelta ΔT_{WO} es alta, el condensador se carga para que coincida con el pico. Cuando la amplitud de la señal de temperatura devuelta ΔT_{WO} es baja, el condensador

se descarga lentamente. Los valores de la resistencia de la resistencia y la capacitancia del condensador se pueden seleccionar para controlar el tiempo que tarda el condensador en descargarse y reaccionar a las caídas de amplitud. La amplitud a la que se carga el condensador hasta es indicativa de la magnitud máxima de la señal de temperatura devuelta ΔT_{WO} .

Ejemplo de reinicio de alarma

Después de emitir una alarma de poca agua y/o falta de agua, la unidad de control puede restablecer la alarma de una manera diferente a la basada en la puntuación numérica de falta de agua, es decir, esperando una salida binaria de 0 del algoritmo de detección de poca agua y/o falta de agua. El filtro de paso bajo en la etapa 506 se elige para que sea lento para evitar una falsa activación debido a condiciones transitorias. Esto puede hacer que la puntuación de falta de agua permanezca alta durante un período de tiempo después de la recarga de agua. Por lo tanto, el uso de la puntuación de falta de agua para restablecer la alarma de falta de agua puede ser lento (por ejemplo, la disminución de la señal de temperatura puede ser del orden de minutos).

La unidad de control puede restablecer opcionalmente la alarma de falta de agua monitoreando una caída de temperatura en la temperatura de la placa calentadora por debajo de su punto de ajuste (por ejemplo, si $T_{HP} < (T_{HP_PUNTO\ DE\ AJUSTE} - 3\ ^\circ C)$). Esta condición de reinicio puede permitir que la unidad de control tenga un tiempo de detección de aproximadamente 30 segundos cuando la cámara humidificadora se rellena con agua fría. En funcionamiento normal, el control de temperatura de la placa calentadora mantiene la placa calentadora cerca del punto de ajuste. Por lo tanto, se puede usar una caída en la temperatura de la placa calentadora para detectar la recarga de agua fría, ya que ningún otro escenario haría que la temperatura de la placa calentadora bajara tan rápidamente. Este procedimiento puede tener un tiempo de detección diferente si la cámara humidificadora se rellena con agua a una temperatura más alta. También se pueden utilizar valores distintos a $3\ ^\circ C$ como umbral en la condición de reinicio. Esta condición de reinicio puede ser más efectiva que esperar a que la señal decaiga para que la unidad de control devuelva una salida binaria de 0.

Los sistemas y procedimientos de detección de bajo contenido de agua y/o falta de agua descritos en esta invención pueden ser más ventajosos que la detección de falta de agua basado en las determinaciones de conductividad térmica, que generalmente dependen de las lecturas de otros sensores de temperatura, el caudal de gases y otros. Como se explica a continuación, la presente descripción de detección de poca agua y/o falta de agua proporciona una detección más temprana de una condición de bajo nivel de agua y/o falta de agua, una detección más precisa y/o confiable de condiciones de bajo nivel de agua y/o falta de agua, y requiere menos componentes del sensor.

Los sistemas y procedimientos de detección de poca agua y/o falta de agua descritos en esta invención pueden ser independientes de los cambios en el caudal. Los cambios en el caudal pueden cambiar el punto de funcionamiento de CC (es decir, en estado estacionario) de la función de transferencia de la placa calentadora (por ejemplo, se requiere más energía para mantener la temperatura a mayores flujos, lo que resulta en una disminución en la ganancia de CC ($^{\circ}\text{C/W}$)), pero no afectaría a los componentes de alta frecuencia, donde existe la señal complementaria. Como se muestra en la Figura 7, los cambios en las ganancias de temperatura de la placa calentadora son insignificantes a las frecuencias más altas, a las que se aplica el algoritmo de detección de poca agua y/o falta de agua. El sistema humidificador respiratorio también puede ser más preciso para detectar una condición de falta de agua en casos de terapia no invasiva de bajo flujo (por ejemplo, flujo de terapia pediátrica no invasiva a menos de aproximadamente 10 L/min) o terapia invasiva de flujo extremadamente bajo (por ejemplo, terapia neonatal invasiva a menos de aproximadamente 5 L/min).

Los sistemas y procedimientos de detección de poca agua y/o falta de agua descritos en esta invención también pueden ser independientes del control de la placa calentadora. El procedimiento de detección de falta de agua no necesita hacerse cargo del funcionamiento normal del sistema. Las características de la cámara humidificadora a una frecuencia específica se utilizan en lugar de una función de transferencia completa para detectar una condición de bajo nivel de agua y/o falta de agua, reduciendo la exposición a errores y mejorando la resiliencia de los procedimientos de detección. La señal complementaria se puede multiplexar y a continuación demultiplexar a partir de la señal de control de la placa calentadora a través de la división de frecuencia. Este procedimiento de (des)multiplexación puede ser transparente y no puede interferir con un control de la placa calentadora que se utiliza para el suministro de humedad. Por lo tanto, a diferencia de algunos procedimientos de detección que requieren asumir el funcionamiento normal del sistema, el procedimiento de detección de poca agua y/o falta de agua descrito en esta invención puede ejecutarse continuamente. El procedimiento de detección de falta de agua tampoco implica transiciones de estado complejas y/o condiciones desencadenantes.

Dado que el procedimiento de detección de falta de agua puede medir continuamente la capacidad calorífica específica de la cámara humidificadora y generar una puntuación numérica, la unidad de control también puede comparar la puntuación numérica de falta de agua con diferentes límites umbral. Los diferentes límites de umbral pueden permitir que la unidad de control también proporcione opcionalmente advertencias potenciales, como una advertencia de "bajo nivel de agua" antes de que ocurra una condición real de falta de agua.

El procedimiento de detección de falta de agua descrito en esta invención también puede permitir que se observe una respuesta característica para que la unidad de control pueda distinguir diferentes tipos de cámaras humidificadoras y/o detectar cuando una cámara no está acoplada con la unidad base del calentador.

Visión general del ejemplo de sistemas de detección de poca agua y/o falta de agua

Como se describe en esta invención, ciertos procedimientos de ejemplo para detectar condiciones de bajo nivel de agua y/o falta de agua en la cámara humidificadora se basan en parte en las mediciones de temperatura de la placa calentadora. Sin embargo, la presencia de otros componentes del conjunto de placa calentadora puede causar pérdidas de energía y/o ineficiencias térmicas de modo que la temperatura medida T_{HP} (temperatura de la placa calentadora) no se corresponda con la temperatura real de la placa calentadora para una energía dada proporcionada al elemento de calentamiento del conjunto de placa calentadora. En algunas configuraciones alternativas, la temperatura de la placa calentadora se puede usar como una representación de la temperatura del agua o un indicador de la temperatura del agua. Esto reduce la precisión de la metodología de detección de condiciones de bajo nivel de agua y/o falta de agua. Además, las pérdidas adicionales debido al mal contacto térmico entre los diversos componentes del conjunto de placa calentadora pueden contribuir a la inexactitud de la detección de poca agua y/o condición de falta de agua. Las Figuras 8A y 8B ilustran esquemáticamente ejemplos de sistemas o modelos 800, 801 de circuito para ayudar a comprender cómo reducir los elementos capacitivos parásitos y/o las resistencias para la detección de bajo contenido de agua y/o falta de agua. Los sistemas 800, 801 también se pueden configurar para aumentar o maximizar la detección de la capacitancia del agua. Los sistemas 800, 801 pueden configurarse para mejorar el acoplamiento térmico de los componentes de la placa calentadora, incluido el elemento de calentamiento y la placa de calentamiento superior y la placa inferior, y mejorar el contacto entre la cámara humidificadora y la placa calentadora.

Los sistemas 800, 801 pueden medir la ganancia de la función de transferencia a una frecuencia específica como se ve en el punto de medición de la temperatura de la placa calentadora, T_{HP} . Esta ganancia puede correlacionarse con la presencia o falta de agua (o con una capacidad calorífica específica si es necesario).

Como se puede observar en los sistemas 800, 801, los componentes en o aguas abajo del punto de medición de temperatura de la placa calentadora pueden contribuir a la ganancia. Un modelo eléctrico efectivo de todo el sistema proporciona una mejor comprensión de la ganancia general del sistema, incluidas las capacitancias y resistencias parásitas. Además de la capacitancia, C_{agua} , los componentes también incluyen las capacitancias $C_{\text{placacalentadora}}$, $C_{\text{cámara}}$, así como las resistencias θ_2 (contacto HP - cámara) y θ_3 (contacto cámara - agua). Una resistencia $\theta_{\text{evaporación}}$ de agua cambia el punto de funcionamiento de CC, pero no tiene un impacto significativo en la función de transferencia a altas frecuencias. Además, en el sistema 801, todos los componentes a cada lado del punto de medición de temperatura de la placa calentadora pueden afectar el valor de temperatura observado en la placa calentadora. Cada

etapa en el sistema 801 (por ejemplo, la placa de calentamiento superior, la cámara humidificadora, etc.) se puede ver como una etapa de resistencia-condensador (RC) (véase la Figura 8C), atenuando la señal de aumento de temperatura a medida que el calor se dirige al agua dentro de la cámara. Esto crea diferenciales de temperatura en estado estacionario en diferentes puntos de medición (atenuación en CC), así como filtrado de paso bajo y/o atenuación adicional a altas frecuencias.

Puede ser deseable minimizar estos términos parásitos adicionales (como $C_{placacalentadora}$, $C_{cámara}$, θ_2 y θ_3) para que solo se mida la contribución de C_{agua} . Por ejemplo, si los términos C son grandes (por ejemplo, $C_{cámara}$, en el caso de una cámara con una base metálica gruesa, o si $C_{placacalentadora}$, $C_{placasuperior}$ y/o $C_{placainferior}$ es grande) en comparación con C_{agua} , los cambios en la ganancia debido a C_{agua} serán menores, ya que a continuación habría una diferencia entre, por ejemplo, 10 y 15 en lugar de 0 y 5. Del mismo modo, si los términos de resistencia térmica θ (por ejemplo, θ_2 o θ_3) son grandes, C_{agua} se desacopla más de la medición de la temperatura de la placa calentadora. Como resultado, los cambios debidos a C_{agua} pueden tener poco efecto en la ganancia medida. El aumento de los términos parásitos reduce la precisión del procedimiento de detección de falta de agua porque la señal de energización característica aplicada se pierde dentro de los términos parásitos. La precisión y efectividad del procedimiento de detección de falta de agua se reduce debido a la pérdida de señal o la reducción de la señal de energización característica que se recibe en el agua. La Figura 8B muestra un modelo más detallado del sistema. La Figura 8B muestra que la placa calentadora puede modelarse como un elemento calentador y una placa de calentamiento superior y una placa inferior. Cada elemento del sistema se modela como un circuito RC. Como se puede observar en la Figura 8B, la placa inferior se modela como una resistencia y capacitancia. El elemento de calentamiento y la placa de calentamiento superior se modelan de una manera similar.

Como se muestra en la Figura 8C, la interacción entre estos términos de resistencia y capacitancia en los sistemas de las Figuras 8A y 8B forman filtros RC para atenuar las señales de alta frecuencia mediante la introducción de un polo para cada etapa RC. El ancho de banda para un filtro RC de primer orden está relacionado con su constante de tiempo, $\tau = RC$. Esto representa el tiempo para que la salida alcance el 63 % de la entrada y también es inversa de su ancho de banda en radianes/segundo. A altas frecuencias, un filtro con una constante de tiempo pequeña tiene un efecto mínimo, pero una constante de tiempo grande puede tener un mayor efecto de atenuación. Se desea un valor τ bajo en los términos parásitos para permitir que la energía de alta frecuencia de la forma de onda aplicada en los procedimientos de detección de poca agua y/o falta de agua se transfiera al agua en la cámara humidificadora más directamente. Una constante de tiempo mayor puede causar la atenuación de la forma de onda aplicada, lo que da como resultado una menor amplitud de retorno de la forma de onda aplicada.

Los valores de los términos R y/o los términos C se pueden disminuir para reducir τ . La reducción del valor de C se puede lograr reduciendo $C_{placainferior}$ y $C_{placasuperior}$ (por ejemplo, usando menos material en la placa superior y/o inferior). La reducción del valor de R (es decir, θ_1a , θ_1b y θ_1c) se puede lograr mejorando la transferencia de energía térmica. Como se describirá con mayor detalle a continuación, se puede añadir un material aislante eléctrico que sea compatible para mejorar el acoplamiento térmico del elemento de calentamiento con la placa de calentamiento superior y la placa inferior. El aislante eléctrico es un conductor térmico. El uso del aislante compatible reduce el término R al mejorar el acoplamiento térmico entre los elementos del sistema, en particular los componentes del conjunto de placa calentadora. El valor R reducido del conjunto de placa calentadora permite que se requiera una forma de onda de señal de energización característica más pequeña para la detección de poca agua y/o falta de agua (y por lo tanto menos posibilidad de recorte a niveles de energía más bajos, como se muestra en la Figura 8D) para lograr la misma amplitud de señal de retorno.

La Figura 8D ilustra un recorte de ejemplo de la señal de energización característica aplicada. Aunque la Figura 8D muestra una onda sinusoidal, el principio para reducir el recorte puede aplicarse igualmente a otras formas de onda, como la forma de onda triangular en cubos. La energía negativa no se puede lograr con la placa calentadora descrita en esta invención. Por lo tanto, se recortan los valores de energía negativos. En algunos casos, se puede recortar una gran energía positiva si se alcanza un límite de fuente de energía. El humidificador descrito generalmente funciona fuera de la red eléctrica o puede incluir una fuente de energía de batería. El intervalo de energía operativa puede no resultar en el recorte de los valores de energía positivos. Para reducir el grado de recorte, la amplitud negativa de la señal de energización característica aplicada $|min(P_{onda})|$ se puede mantener a una energía menor que la más baja en estado estacionario durante el uso normal $|P_{EE}|$. Una menor energía en estado estacionario puede ocurrir, por ejemplo, durante situaciones de menor flujo. Sin embargo, por otro lado, una amplitud de señal de energización característica más grande (por ejemplo, una señal inyectada más grande) puede mejorar la relación señal-ruido y mejorar la detección y/o medición de la señal devuelta. Puede haber una necesidad de una señal aplicada más grande para tener en cuenta las pérdidas y obtener una señal de retorno. Aumentar aún más la amplitud de la señal de retorno, o mejorar la relación señal/ruido, puede ayudar a detectar la falta de agua. También se puede necesitar una señal aplicada más grande debido a las pérdidas térmicas a través de diversos componentes de la placa calentadora. El material aislante eléctrico puede aumentar la respuesta térmica de la señal de energización característica para una amplitud de señal dada. En otras palabras, permite que una amplitud de señal de energización característica más pequeña logre la misma magnitud de respuesta térmica, lo que reduce las posibilidades de recorte de la señal aplicada.

La Figura 9 ilustra un ejemplo de conjunto 900 de placa calentadora, tal como se describe en la Patente Int. N° WO2015038014A1. Como se muestra en la Figura 9A, el conjunto 900 de placa calentadora puede incluir, entre otras cosas, una placa 910 de calentamiento superior, una placa 920 inferior, un subconjunto 930 de elementos de calentamiento y una única lámina 940 aislante entre el subconjunto 930 de elemento de calentamiento y la placa 910 de calentamiento superior. La lámina 940 de aislamiento puede ser material de poliéter éter cetona (PEEK) o el material de interfaz térmica flexible y compatible descrito en esta invención. El cumplimiento en la presente descripción puede referirse a la capacidad de un material para ser blando, compresible y/o capaz de adaptarse a una forma de una superficie de tal manera que el material pueda desplazar los espacios de aire entre las superficies que intercalan el material (véase, por ejemplo, el material 1338 de interfaz térmica en las Figuras 13B y 13D). La lámina 940 de aislamiento también puede ser elástica, lo que puede permitir que la lámina 940 de aislamiento se adapte a las fuerzas de cizallamiento y a los movimientos de la placa de calentamiento superior y/o la placa inferior.

La Figura 9A ilustra otro ejemplo de conjunto 900 de placa calentadora con transferencia térmica mejorada al menos mediante el uso de al menos una capa de material de interfaz térmica, tal como el material de interfaz térmica utilizado en la lámina 940 de aislamiento eléctrico o la lámina 941. Las Figuras 9B-9D ilustran el conjunto 900 de placa calentadora de la Figura 9A cuando está ensamblado (sin mostrar los alambres para conectarse a una fuente de energía). El uso de material de interfaz térmica mejora el acoplamiento de la placa calentadora a la cámara humidificadora, lo que permite reducir la amplitud de la forma de onda de la señal de energización característica aplicada. Esto, a su vez, permite que los procedimientos de detección de agua y/o falta de agua más bajos descritos en esta invención se implementen a niveles de energía más bajos, como durante escenarios de bajo flujo, baja humedad y/o sin cámara. Además, el uso del material de interfaz térmica mejora el acoplamiento térmico de los componentes de la placa calentadora para hacer que una porción sustancial (o todo) del calor generado por el subconjunto de elementos de calentamiento se transmita de manera más eficiente a la placa de calentamiento superior y al agua en la cámara de humidificación.

Como se muestra en la Figura 9A, el conjunto 900 de placa calentadora puede incluir, entre otras cosas, una placa 910 de calentamiento superior, una placa 920 inferior, un submontaje 930 de elemento de calentamiento, una lámina 940 de aislamiento y una lámina 941. La lámina 940 de aislamiento puede ser un aislante eléctrico para evitar un cortocircuito y/o transmitir corriente a la placa 910 de calentamiento superior y/o la placa 920 inferior que puede crear un riesgo de descarga eléctrica. La lámina 941 puede o no ser eléctricamente aislante (es decir, la lámina 941 puede o no ser eléctricamente conductora). La lámina 940 de aislamiento o la lámina 941 pueden incluir una lámina de PEEK y un material de interfaz térmica compatible. En una configuración, la lámina 940 de aislamiento y la lámina 941 pueden ser ambas un material de interfaz térmica blando y compatible que se puede atornillar al conjunto 900 de placa calentadora y, por lo tanto, se puede mover lateralmente o, preferentemente, se puede mover omnidireccionalmente para mejorar el acoplamiento térmico (es decir, el contacto térmico entre) el elemento de calentamiento y los componentes del conjunto de placa calentadora, incluida la placa de calentamiento superior y la placa inferior. La placa 910 de calentamiento superior y la placa 920 inferior pueden ser rígidas. La placa 910 de calentamiento superior puede estar al menos parcialmente expuesta al aire ambiente cuando no está en uso. Por ejemplo, una superficie superior de la placa 910 de calentamiento superior puede estar al menos parcialmente expuesta al aire ambiente cuando una cámara humidificadora no está colocada en la base del calentador. Cuando la cámara humidificadora se coloca en la base del calentador, la superficie superior de la placa 910 de calentamiento superior puede entrar en contacto con una superficie inferior (es decir, la base) de la cámara humidificadora. La placa 910 de calentamiento superior puede estar hecha de un material térmicamente conductor. La superficie inferior de la cámara humidificadora también puede incluir un material térmicamente conductor. La placa 910 de calentamiento superior y la placa 920 inferior pueden incluir un material metálico, tal como aluminio. Detalles adicionales de componentes de ejemplo de un conjunto de placa calentadora se describen en la Patente Int. N° WO2015038014A1.

La Figura 9E ilustra un subconjunto 930 de elementos de calentamiento de ejemplo. El subconjunto 930 de elementos de calentamiento puede incluir una o más capas de aislamiento eléctrico con el elemento de calentamiento intercalado entre ellas. El elemento de calentamiento puede incluir uno o más filamentos de calentamiento envueltos alrededor de un núcleo no conductor. Como se muestra en la Figura 9E, el subconjunto 930 de elementos de calentamiento puede incluir alambres 936 para conectar el elemento de calentamiento a una fuente de energía. El subconjunto 930 de elementos de calentamiento también puede incluir una primera capa de aislamiento 932 eléctrico y una segunda capa de aislamiento 934 eléctrico. Es posible que una placa física que también es el elemento de calentamiento en sí mismo pueda eliminar completamente los términos 91a-b (ver Figura 8B). Sin embargo, las capas de aislamiento eléctrico pueden mejorar la seguridad porque el elemento de calentamiento funciona con electricidad de la red eléctrica. Cada una de las múltiples capas de aislamiento 932, 934 puede proporcionar aislamiento eléctrico y conducción térmica. Las múltiples capas de aislamiento 932, 934 pueden estar hechas de láminas de mica u otros aislantes eléctricos de lámina como silicona, poliéter éter cetona (PEEK) o poliimida (por ejemplo, Kapton, una marca registrada de E. I. du Pont de Nemours and Co.). Las capas de aislamiento 932, 934 se pueden pegar o sujetar de otro modo al subconjunto 930 de elementos de calentamiento y no se pueden mover con respecto a otros componentes del conjunto 900 de placa calentadora. Opcionalmente, se pueden pegar con cinta adhesiva o sujetar de otro modo capas adicionales de aislamiento. Las capas de aislamiento 932, 934 pueden ser inflexibles o rígidas. Las capas de aislamiento 932, 934 pueden tener el mismo espesor, o alternativamente de diferentes espesores, en donde una capa puede ser más gruesa que la otra capa. Por ejemplo, una o más de las capas de aislamiento pueden tener un espesor superior a aproximadamente 0,4 mm o inferior a aproximadamente 0,4 mm de espesor. Se puede incluir una tercera capa de

aislante eléctrico (no mostrada en la Figura 9E) en el subconjunto 930 de elementos de calentamiento. Por ejemplo, la tercera capa puede ubicarse adyacente a la segunda capa 934 o adyacente a la primera capa 932.

En algunas configuraciones, el subconjunto 930 de elementos de calentamiento tiene una lámina de mica a cada lado del subconjunto 930. La lámina de mica y la lámina 940 de aislamiento o la lámina 941 pueden proporcionar un doble aislamiento eléctrico entre el elemento de calentamiento y la placa 920 de calentamiento superior.

La lámina 940 de aislamiento o la lámina 941 puede ser compatible o flexible (tal como tener un valor de dureza Shore 00 de, por ejemplo, sin limitación, aproximadamente 50 a aproximadamente 100, o aproximadamente 70 a aproximadamente 90, o en un ejemplo aproximadamente 80). La lámina 940 de aislamiento o la lámina 941 pueden incluir un material de interfaz térmica reforzado con fibra de vidrio a base de silicona con un material compatible con una superficie lisa. La lámina 940 de aislamiento puede no ser pegajosa en ambos lados de la lámina. La lámina 940 de aislamiento y la lámina 941 pueden estar hechas del mismo material o de materiales diferentes.

Ejemplos de la lámina 940 de aislamiento o la lámina 941 pueden incluir, por ejemplo, sin limitación, Sil-Pad A1200, Sil-Pad 900S, Sil-Pad A2000 o Gap Pad VO fabricados por Bergquist, o Tgon 805-A0 (sin adhesivo) o Tgon 805-A1 (con adhesivo unilateral) fabricado por Laird Technologies).

La lámina 940 de aislamiento o la lámina 941 pueden incluir adhesivo o no incluir adhesivo. Los materiales de interfaz térmica pueden cumplir con las normas IEC 60601-1, tales como tener un voltaje de ruptura mínimo de, por ejemplo, sin ser limitante, al menos 4 kV CA, o al menos 5 kV CA, o al menos 6 kV CA. La lámina 940 de aislamiento o la lámina 941 pueden tener un espesor de, por ejemplo, entre aproximadamente 0,002" (0,05 mm) y aproximadamente 0,04" (1,02 mm), o aproximadamente 0,002" (0,05 mm), aproximadamente 0,003" (0,08 mm), aproximadamente 0,005" (0,13 mm), aproximadamente 0,006" (0,15 mm), aproximadamente 0,009" (0,23 mm), aproximadamente 0,012" (0,31 mm), aproximadamente 0,015" (0,38 mm), aproximadamente 0,016" (0,41 mm), aproximadamente 0,018" (0,46 mm), aproximadamente 0,02" (0,51 mm), aproximadamente 0,025" (0,64 mm), aproximadamente 0,03" (0,76 mm) o aproximadamente 0,04" (1,02 mm). La lámina 940 de aislamiento o la lámina 941 pueden proporcionar aislamiento eléctrico y también pueden mejorar la conducción térmica (por ejemplo, sin limitación, con una conductividad térmica de aproximadamente 1,8 W/(m.K)) entre el elemento 930 de calentamiento y la placa de calentamiento superior. La lámina 940 de aislamiento compatible puede mejorar la conductividad térmica al adaptarse a la forma entre el elemento 930 de calentamiento y la placa 910 de calentamiento superior para acoplar mejor térmicamente el elemento 930 de calentamiento a la placa 910 de calentamiento superior. La lámina 940 de aislamiento o la lámina 941 también pueden deslizarse o trasladarse con respecto a la capa inflexible o rígida de aislamiento 934 para llenar cualquier espacio entre el subconjunto 930 de elementos de calentamiento y la placa 910 de calentamiento superior. El acoplamiento térmico mejorado entre el subconjunto 930 de elementos de calentamiento y la placa 910 de calentamiento superior puede mejorar el procedimiento de falta de agua.

Detalles adicionales de conjuntos de placas calentadoras de ejemplo con acoplamiento térmico mejorado se describirán con referencia a las Figuras 10-19F, con la Figura 10 que ilustra una disposición sin un material de interfaz térmica. La Figura 10 ilustra una disposición 1000 de apilamiento de placas calentadoras con doble aislamiento. El aislamiento doble se refiere a dos capas separadas y discretas de material aislante entre el elemento de calentamiento y cada una de las placas. El aislamiento es un aislamiento eléctrico. En la Figura 10, la primera disposición de aislamiento eléctrico doble es una capa 1036 de mica y la capa 1038 de PEEK entre el elemento 1035 de calentamiento y la placa 1010 de calentamiento superior. La segunda disposición de aislamiento eléctrico doble es dos capas 1032, 1034 de mica entre el elemento 1035 de calentamiento y la placa 1020 inferior. Las dos capas separadas de material de aislamiento pueden proporcionar redundancia, es decir, en caso de que una falle, hay una segunda capa de material de aislamiento. En los conjuntos de placa calentadora con el material de interfaz térmica, la primera disposición de aislamiento eléctrico doble puede ser una capa de mica y el material de interfaz térmica entre el elemento de calentamiento y la placa de calentamiento superior. Hay una serie de diferentes permutaciones y combinaciones de láminas aislantes que se pueden disponer para lograr el doble aislamiento eléctrico. En algunas configuraciones, hay más de dos láminas aislantes. La placa 1010 de calentamiento superior puede incluir un rebaje para recibir el elemento 1035 de calentamiento intercalado entre la primera y segunda capas 1032, 1034 de aislamiento en el lado orientado hacia la placa 1020 inferior, y la tercera y cuarta capas 1036, 1038 de aislamiento en el lado orientado hacia la placa 1010 de calentamiento superior. La primera, segunda y tercera capas 1032, 1034, 1036 pueden incluir láminas de mica. La cuarta capa 1038 puede incluir el material de interfaz térmica flexible/compatible. En una construcción alternativa, la cuarta capa 1038 puede incluir una lámina de PEEK. Se prefiere el material de interfaz térmica compatible debido a su capacidad para moverse y adaptarse a la forma de las placas superior e inferior, así como su capacidad para comprimirse de modo que el material de interfaz térmica pueda llenar los espacios de aire entre los diversos componentes entre los que se coloca para mejorar el contacto térmico. La placa 1020 inferior puede tener generalmente un espesor uniforme (tal como tener una forma generalmente de disco) y colocarse adyacente a la primera capa 1032 de aislamiento. Un borde exterior de la placa 1020 inferior puede entrar en contacto con la placa 1010 de calentamiento superior.

Un conjunto de placa calentadora puede tener opcionalmente una capa de material de interfaz térmica compatible. La primera capa puede estar situada entre el elemento de calentamiento y la placa de calentamiento superior. La única capa de material de interfaz térmica compatible puede tener un espesor suficiente para proporcionar el aislamiento eléctrico requerido. Alternativamente, la capa de material de interfaz térmica compatible se puede usar con una capa

de aislamiento eléctrico adicional como se describe en otra parte. Un conjunto de placa calentadora también puede tener dos capas del material de interfaz térmica compatible.

La Figura 11 ilustra un ejemplo de disposición 1100 de apilamiento de placas calentadoras con un acoplamiento térmico mejorado de los componentes de la placa calentadora. El acoplamiento térmico mejorado se logra al mismo tiempo que se logra el aislamiento eléctrico requerido. Las disposiciones de apilamiento logran una disposición de aislamiento eléctrico doble para aislar eléctricamente cada placa del elemento de calentamiento para evitar descargas. La placa 1110 de calentamiento superior puede incluir un rebaje para recibir el elemento 1135 de calentamiento intercalado entre la primera y segunda capas 1132, 1134 de aislamiento en el lado orientado hacia la placa 1120 inferior, y la tercera y cuarta capas 1136, 1138 de aislamiento en el lado orientado hacia la placa 1110 de calentamiento superior. La primera, segunda y tercera capas 1132, 1134, 1136 pueden incluir láminas de mica. La cuarta capa 1138 puede incluir un material de interfaz térmica, que puede ser el material de la lámina 940 o 941 descrito anteriormente. Como se muestra en la Figura 12A, la capa de aislamiento A (que puede ser la cuarta capa 1138 en la Figura 11) está ubicada en una parte inferior de la placa 1210 de calentamiento superior y configurada para estar en contacto con un subconjunto de elementos de calentamiento. La cuarta capa 1138 o capa A de aislamiento de un material de interfaz térmica puede mejorar el contacto entre la placa de calentamiento superior y el subconjunto de elementos de calentamiento.

Como se muestra en la Figura 11, una capa separada de material 1139 de interfaz térmica puede estar ubicada en la interfaz de la placa 1110 de calentamiento superior y la placa 1120 inferior. Las dos capas de material 1138, 1139 de interfaz térmica pueden ser la lámina 940 de aislamiento o la lámina 941 en la Figura 9A. La capa 1139 separada puede ser eléctricamente aislante, pero no necesariamente tiene que ser eléctricamente aislante (es decir, puede ser eléctricamente conductora). Esta capa 1139 separada también se ejemplifica como la capa B de aislamiento en la Figura 12A. La capa B puede estar ubicada en una superficie elevada en la parte inferior de la placa 1210 de calentamiento superior. La capa 1139 o B puede mejorar el contacto del área de superficie entre la placa de calentamiento superior y la placa inferior. La segunda capa 1139 también puede incluir un recorte o una abertura para recibir el elemento de calentamiento. La segunda capa 1139 puede estar hecha del mismo material que la primera capa 1138. Las capas 1138, 1139 tienen las formas de la lámina 940 de aislamiento o la lámina 941 en la Figura 9A. La segunda capa 1139 está intercalada entre la placa 1110 de calentamiento superior y la placa 1120 inferior. La capa 1139 está intercalada entre la placa 1110 de calentamiento superior y la placa 1120 inferior, cuando el conjunto de placa 1100 calentadora está atornillado. Alternativamente, la capa 1139 puede pegarse a la parte inferior de la placa 1110 de calentamiento superior. La capa 1139 tiene aberturas dentro de la capa 1139 para acomodar un pozo de termistor y aberturas de perno, tales como el pozo 1211 de termistor y las aberturas 1219 de perno que se muestran en la Figura 12B. Las Figuras 12B-12C, 12F y 12J ilustran una parte inferior de la placa 1210 de calentamiento superior sin las capas de aislamiento. La línea 1213 discontinua representa un perímetro de la placa 1220 inferior como se muestra en las Figuras 12D y 12E configurada para estar en contacto con la placa 1210 de calentamiento superior. La parte inferior de la placa 1210 de calentamiento superior incluye además un rebaje 1217 para recibir un subconjunto de elementos de calentamiento. Las Figuras 12D y 12E ilustran una parte inferior de la placa 1220 inferior configurada para ser recibida por la placa 1210 de calentamiento superior. La línea 1223 discontinua representa un perímetro del subconjunto de elementos de calentamiento, tal como la lámina de aislamiento de mica en un lado del subconjunto de elementos de calentamiento, configurada para estar en contacto con la placa 1220 inferior. El área entre el borde de la placa 1220 inferior y la línea 1223 discontinua representa el área de contacto entre la placa 1210 de calentamiento superior y la placa 1220 inferior. Las Figuras 12L y 12M ilustran una parte inferior de la placa 1210 de calentamiento superior sin las capas de aislamiento. La línea 1214 discontinua representa un perímetro de la placa 1221 inferior como se muestra en las Figuras 12N-12R configurada para estar en contacto con la placa 1210 de calentamiento superior. En comparación con la placa 1220 inferior, la placa 1221 inferior incluye una mayor región recortada para mejorar el aislamiento térmico entre el pozo 1211 del termistor y la placa 1221 inferior. El área entre el borde de la placa 1221 inferior y la línea 1223 discontinua en la placa 1221 inferior representa el área de contacto entre la placa 1210 de calentamiento superior y la placa 1223 inferior. Como se describió anteriormente, las láminas de aislamiento a las que se hace referencia en esta invención son aislantes eléctricos que proporcionan aislamiento eléctrico. Estos aislantes, como el material de interfaz térmica, no son aislantes térmicos, sino conductores térmicos.

Las Figuras 13A-13D ilustran a nivel microscópico la mejora en el contacto térmico mediante el uso del material de interfaz térmica. Como se muestra en la Figura 13A, la superficie rugosa de la placa de calentamiento superior y las capas de aislamiento rígidas, tales como la capa 1332 de PEEK y la capa de mica del subconjunto 1330 de elementos de calentamiento, pueden conducir a una mala conducción térmica debido a bolsas de aire o espacios atrapados entre la placa de calentamiento superior y las capas de aislamiento rígidas. De manera similar, como se muestra en la Figura 13C, la superficie rugosa de la placa 1310 de calentamiento superior y la placa 1320 inferior también puede conducir a una transferencia térmica subóptima debido a las bolsas de aire o espacios atrapados entre la placa 1310 de calentamiento superior rígida y la placa 1320 inferior rígida. Como se muestra en las Figuras 13B y 13D, una capa de material 1338 de interfaz térmica compatible, tal como la lámina 940 de aislamiento o la lámina 941 descrita anteriormente, puede desplazar las bolsas de aire o espacios para mejorar el contacto de área de superficie disponible.

Como se muestra en la Figura 13B, la capa de material 1338 de interfaz térmica compatible puede reemplazar la capa 1332 de PEEK rígida en la Figura 13A para permitir un mejor contacto de área de superficie entre el subconjunto 1330 de elementos de calentamiento y la placa 1310 de calentamiento superior. Esta capa de material 1338 de interfaz térmica compatible puede reducir θ_{1a} en el modelo o sistema 801 de circuito equivalente de la Figura 8B.

Como se muestra en la Figura 13D, se puede agregar una capa de material 1338 de interfaz térmica compatible entre la placa 1310 de calentamiento superior y la placa 1320 inferior para aumentar el contacto de área de superficie entre ellas. Esta capa de material 1338 de interfaz térmica compatible puede reducir θ_{1c} en el modelo o sistema 801 de circuito equivalente de la Figura 8B. La Figura 13D muestra el contacto térmico, es decir, el acoplamiento térmico entre la placa de calentamiento superior y la placa inferior proporcionado por la lámina 1139 (capa B). La Figura 13B muestra el acoplamiento térmico entre el conjunto del elemento de calentamiento y la placa de calentamiento superior tal como se logra mediante la lámina 1138 (capa A).

Como se puede observar en el modelo o sistema 801 de circuito equivalente en la Figura 8B, la reducción de θ_{1a} y/o θ_{1c} puede reducir el efecto de filtrado inherente dentro del conjunto de placa calentadora. Como resultado, la amplitud o energía de la onda aplicada, P_{onda} se puede disminuir para obtener la misma magnitud diana en T_{HP} . Con el fin de detectar una detección de poca agua y/o falta de agua, también puede ser ventajoso reducir θ_{1b} introduciendo un material de interfaz térmica a lo largo de toda la superficie de la placa inferior en lugar de solo el área de contacto entre la placa inferior y la placa de calentamiento superior.

La Figura 14 ilustra un ejemplo alternativo de disposición 1400 de apilamiento de placas calentadoras que reduce los costos de los materiales sin comprometer el acoplamiento térmico. La placa 1410 de calentamiento superior puede incluir un rebaje para recibir la placa 1420 inferior. La placa 1420 inferior puede incluir un rebaje para recibir el elemento 1435 de calentamiento intercalado entre la primera y segunda capas 1432, 1434 de aislamiento en el lado orientado hacia la placa 1420 inferior, y la tercera capa 1436 de aislamiento, y la cuarta capa 1438 en el lado orientado hacia la placa 1410 de calentamiento superior (que forma un subconjunto de elementos de calentamiento). La primera, segunda y tercera capas 1432, 1434, 1436 pueden incluir láminas de mica. La cuarta capa 1438 puede incluir un material de interfaz térmica, que puede ser el material de la lámina 940 de aislamiento o la lámina 941 descrita anteriormente. La cuarta capa 1438 en la Figura 14 puede estar ubicada sustancialmente en toda una superficie inferior de la placa 1210 de calentamiento superior y configurada para estar en contacto con la placa 1420 inferior y la tercera capa 1436 de aislamiento. La cuarta capa 1438 de un material de interfaz térmica puede mejorar el contacto entre la placa 1410 de calentamiento superior y la placa 1420 inferior, y entre la placa 1410 de calentamiento superior y el subconjunto del elemento de calentamiento.

Como se muestra en la Figura 14, una capa separada de material 1439 de interfaz térmica puede estar ubicada en la interfaz de una parte inferior de la placa 1420 inferior y la primera capa de aislamiento 1432. Esta capa 1439 separada puede mejorar el contacto del área de superficie entre la placa 1420 inferior y el subconjunto de elementos de calentamiento. En esta forma alternativa, tal como se muestra en la Figura 14, la capa 1439 acopla térmicamente el elemento 1435 de calentamiento a la placa 1420 inferior y la placa 1420 inferior es acoplada térmicamente a la placa 1410 de calentamiento superior por la capa 1438. Esto mejora la conducción de calor desde el elemento 1435 de calentamiento a la placa 1410 de calentamiento superior. Además, el calor hacia la placa 1420 inferior se conduce hacia la placa de calentamiento superior a través de la capa 1438. Esto puede mejorar la lectura de la temperatura de los termistores. Este acoplamiento térmico mejorado también puede mejorar la detección de falta de agua.

La Figura 15 ilustra una disposición 1500 de pila de placas calentadoras que es sustancialmente la misma que la disposición 1400 en la Figura 14, excepto que la disposición 1500 puede no incluir la capa separada de material de interfaz térmica entre la placa 1520 inferior y la primera capa de aislamiento 1532. Las mismas características en las Figuras 14 y 15 comparten los mismos dos últimos dígitos y no se repiten por brevedad. La cuarta capa 1538 del material de interfaz térmica no necesita cortarse en dos piezas, como las capas A y B en la Figura 12A. Es decir, se puede usar una sola capa de material de interfaz térmica para mejorar el contacto térmico entre la placa 1510 de calentamiento superior y la placa 1520 inferior, y entre la placa 1510 de calentamiento superior y el subconjunto de elementos de calentamiento. Esto puede mejorar el procedimiento de fabricación al reducir el tiempo de ensamblaje. El borde de la placa 1520 inferior se puede extruir o elevar para crear el rebaje para recibir el subconjunto de elementos de calentamiento. El rebaje puede encerrar el subconjunto de elementos de calentamiento y entrar en contacto con el material 1538 de interfaz térmica o acoplar térmicamente el material 1538 de interfaz térmica y la placa 1510 de calentamiento superior para redirigir la energía térmica de vuelta a la placa 1510 de calentamiento superior. Con referencia a la Figura 8B, la colocación de la cuarta capa 1538 de material de interfaz térmica puede reducir θ_{1c} .

Como se muestra en las Figuras 16A y 16B, el elemento 1635 de calentamiento resistivo puede diseñarse de manera que el filamento 1637 de calentamiento se envuelva predominantemente alrededor de un lado (tal como el lado orientado hacia la placa de calentamiento superior) del núcleo 1633 no conductor del elemento 1635. El filamento 1637 puede formar un bucle alrededor de la protuberancia 1631 en el núcleo 1633 de modo que el filamento de calentamiento esté predominantemente en un lado del núcleo no conductor. Esta disposición de envoltura permite que la conducción de calor se desvíe hacia una dirección en el eje z (véase la Figura 14). El elemento 1635 de calentamiento resistivo se puede implementar en cualquiera de las disposiciones de apilamiento de placas calentadoras descritas en esta solicitud. Se pueden usar estructuras alternativas a la configuración del filamento de calentamiento resistivo o la pista de calentamiento en el elemento de calentamiento, por ejemplo, una placa de circuito impreso (PCB - *Printed Circuit Board*) con pistas grabadas al cobre.

Las Figuras 17A-E y 18A-F ilustran ejemplos de placa 1710 de calentamiento superior y placa 1820 inferior que pueden usarse para implementar la disposición 1500 de apilamiento de placas calentadoras en la Figura 15. En la Figura 17A, el área 1711 sombreada ilustra la forma de un troquelado del material de interfaz térmica, que puede ser la cuarta

capa 1538 en la Figura 15. En las Figuras 18A, 18E y 18F, las áreas 1821 sombreadas ilustran regiones de borde de la placa 1820 inferior que están elevadas para permitir el contacto con el material de interfaz térmica (como la cuarta capa 1538 en la Figura 15) al tiempo que encierran el subconjunto de elementos de calentamiento, como el elemento de calentamiento y otras capas de aislamiento descritas en esta invención. Las Figuras 19A-E ilustran un ejemplo alternativo de placa 1920 inferior.

Se pueden utilizar diferentes materiales de interfaz térmica a cada lado del elemento de calentamiento. Los materiales de la interfaz térmica se pueden seleccionar de modo que el vector térmico del elemento de calentamiento se dirija sustancialmente hacia la placa de calentamiento superior. Todas o una combinación de las capas de aislamiento de mica se pueden reemplazar con el material de interfaz térmica. Por ejemplo, al menos una de las capas de aislamiento de mica entre la placa inferior y la placa de calentamiento superior puede reemplazarse, tal como se muestra en las Figuras 11, 14 y 16. El material de interfaz térmica puede colocarse opcionalmente directamente adyacente a la pista o filamentos de calentamiento resistivo del elemento de calentamiento (es decir, sin las capas de aislamiento rígido entre ellas). El material de interfaz térmica tampoco puede colocarse directamente adyacente a la pista de calentamiento resistiva del elemento de calentamiento (es decir, que tiene al menos una capa de capas de aislamiento rígidas, como láminas de mica, entre medias) por razones de seguridad, ya que el material de interfaz térmica puede clasificarse a una temperatura más baja que las láminas de mica. Todo el conjunto de la placa calentadora se puede atornillar (por ejemplo, sin adhesivos). Los elementos que se atornillan entre sí permiten que los elementos dañados se retiren o reemplacen más fácilmente. Los elementos que se atornillan también permiten que las láminas aislantes compatibles (las capas de material de interfaz térmica) se muevan con respecto a los otros elementos para acomodar los espacios y eliminar los espacios de aire. Esto puede mejorar el acoplamiento térmico del elemento de calentamiento, la placa inferior y la placa de calentamiento superior. El acoplamiento térmico puede garantizar que la mayor parte del calor del elemento de calentamiento se transfiera de manera más eficiente a la placa de calentamiento superior y sea detectado por los termistores. Esto también puede mejorar la precisión del procedimiento de detección de falta de agua.

Capas adicionales del material de interfaz térmica también se pueden agregar a las disposiciones de apilamiento de placas calentadoras descritas en esta invención. Por ejemplo, el material de interfaz térmica puede colocarse entre la placa inferior y la capa de aislamiento de mica, como se muestra en la Figura 14, para reducir las bolsas de aire que pueden formarse en esa región. El conjunto de esta capa adicional puede ser parte del procedimiento del conjunto del elemento de calentamiento o puede ser una etapa separada.

El sistema 800, 801, 802 también ilustra que las mediciones de temperatura realizadas en una ubicación y/o manera diferente a la del sensor de temperatura de la placa calentadora se pueden usar para la detección de poca agua y/o falta de agua. Por ejemplo, la temperatura del agua se puede medir directamente para eliminar las influencias de los otros factores descritos anteriormente. También puede ser posible cancelar las influencias de estos términos parásitos haciendo mediciones diferenciales, por ejemplo, la diferencia entre las temperaturas $T_{\text{placacalentadora}}$ y $T_{\text{cámara}}$ o entre las temperaturas $T_{\text{placasuperior}}$ y $T_{\text{cámara}}$. También es posible, por ejemplo, tener dos termistores en la placa calentadora con uno más cerca del elemento que el otro. Esta disposición de los dos termistores puede mejorar el procedimiento de detección de falta de agua, ya que los términos parásitos pueden cancelarse.

Los sistemas descritos en esta invención también pueden incluir características configuradas para desacoplar sensores, como los sensores de temperatura de la placa calentadora descritos en esta invención, de contribuciones térmicas extrañas. Como se describió anteriormente, el (los) sensor(es) de temperatura de la placa calentadora puede(n) medir la temperatura de la placa calentadora superior, que puede(n) alimentarse a los algoritmos de detección de poca agua y/o falta de agua, durante los cuales se aplica una señal complementaria de una frecuencia más alta a la forma de onda de la señal de control de la placa calentadora. La señal complementaria y la señal de respuesta reflejada pueden ser más sensibles y/o amortiguadas por el ruido en la medición de la temperatura. Para que los algoritmos de detección sean más confiables, puede ser beneficioso que la temperatura medida T_{HP} (temperatura de la placa calentadora) corresponda mejor a la temperatura real de la placa calentadora para una energía dada proporcionada al elemento de calentamiento del conjunto de la placa calentadora.

La placa de calentamiento superior como se describe en esta invención puede incluir un bloque de montaje de sensor con dos pozos de termistor (ver pozos 1211 de termistor en la Figura 12A y pozos 2011 de termistor en la Figura 20B) en una superficie inferior de la placa de calentamiento superior para acomodar dos termistores utilizados para medir la temperatura de la placa de calentamiento superior. Los termistores pueden medir la temperatura de la placa de calentamiento superior en forma de voltaje. Los termistores están dispuestos en una disposición de divisor de voltaje. A medida que cambia la temperatura, también lo hace la resistencia de los termistores, lo que se correlaciona con un cambio en el voltaje. Este voltaje a través de los termistores se pasa a la entrada ADC de un microcontrolador (como el controlador descrito en esta invención). A continuación, el voltaje se convierte directamente a un valor de temperatura utilizando una función matemática, como una ecuación polinómica. La función se puede derivar de una relación de resistencia frente a temperatura proporcionada en una hoja de datos de los termistores y el circuito divisor de voltaje utilizado. Por consiguiente, solo se puede requerir una etapa para determinar un valor de temperatura. Aunque se utilizan dos termistores en el ejemplo ilustrado, la medición de la temperatura también se puede realizar utilizando un termistor. El sistema puede utilizar un termistor y el segundo termistor está presente como un sensor redundante. Alternativamente, el controlador puede usar un valor de temperatura medio de los dos sensores de temperatura.

La contribución térmica a los termistores del material del conjunto de la placa calentadora que no sea la placa de calentamiento superior puede resultar en lecturas menos precisas. Para garantizar que las mediciones de temperatura de los termistores sean más representativas de las temperaturas de la placa de calentamiento superior, se puede colocar una característica de seguridad (véase, por ejemplo, la característica de seguridad 950 en las Figuras 9 y 9A-9D, y la característica 2050 de seguridad en las Figuras 20A-20C) en la placa inferior para desacoplar los termistores de contribuciones térmicas extrañas. La característica de seguridad puede ser una unidad de corte térmico, que es un dispositivo de hardware que corta la energía a la placa calentadora si uno o más sensores detectan una o más condiciones que indican un funcionamiento inseguro, por ejemplo, cuando la temperatura de la placa calentadora supera un umbral. La característica de seguridad puede desactivar irreversiblemente el suministro de energía a la placa calentadora en caso de una falla en el software u otros circuitos de protección implementados en el hardware del conjunto de la placa calentadora. Alternativamente, la unidad de corte térmico puede ser una unidad de hardware reinicializable que puede ser reiniciada por un usuario. La unidad de corte térmico puede tener un interruptor, botón o actuador accesible que se puede usar para restablecer el circuito de hardware. La función de seguridad puede proporcionar una capa adicional de protección contra fallas del sistema. La característica de seguridad se puede fijar a la placa inferior, por ejemplo, usando dos tornillos u otros tipos de mecanismos de sujeción o fijación.

La característica de seguridad reacciona predominantemente a las temperaturas de la placa de calentamiento superior, que entra en contacto con la base de la cámara de humidificación. Esto puede garantizar la precisión de la característica de seguridad y reducir y/o evitar la activación falsa de la característica de seguridad. Sin embargo, los filamentos de calentamiento, que pueden incluir alambre de nicromo, pueden tener un efecto extraño en la confiabilidad y/o la activación adecuada de la característica de seguridad. Para reducir el efecto del filamento de calentamiento, se puede incluir una ranura en forma de L en la placa inferior justo más allá del límite del filamento de calentamiento para reducir la contribución térmica del filamento de calentamiento a la característica de seguridad. Un ejemplo de placa 1920 inferior con una ranura 1921 en forma de L se ilustra en las Figuras 19A-19F. La ranura 1921 también puede tener cualquier forma que no sea la forma de L. La ranura 1921 en forma de L puede aumentar una distancia de separación entre la característica 2050 de seguridad, que se ilustra en las Figuras 20A-20C en formas simplificadas, y un borde 2031 límite de los filamentos de calentamiento. La característica 2050 de seguridad, como una unidad de corte térmico, se puede colocar en una plataforma. La plataforma se puede usar para montar la característica de seguridad. En las Figuras 19A-19E, la plataforma incluye los dos orificios 1923 adyacentes a la ranura 1921 en forma de L. Los dos orificios 1923 pueden permitir que se usen tornillos para asegurar la característica 2050 de seguridad a la placa 1920 inferior.

El aumento de la distancia de separación puede ayudar a garantizar que la característica 2050 de seguridad reciba una distribución sustancialmente constante de energía térmica y no se active por contribuciones 'transitorias' (como las de los filamentos de calentamiento). La ranura 1921 en forma de L reduce el metal entre la característica 2050 de seguridad y la placa 1920 inferior, tal como al retirar una cantidad de las vías conductoras de la masa de la placa 1920 inferior y la característica 2050 de seguridad, sin comprender la integridad estructural de la placa 1920 inferior. Además, se puede mecanizar un pequeño escalón 1922 en el borde largo de la ranura en forma de L (indicado por una región sombreada en la Figura 19C y también ilustrado en las Figuras 20A-20C) para aumentar aún más la separación de la característica 2050 de seguridad y la placa 1920 inferior para reducir aún más el ruido en la característica 2050 de seguridad debido al calor en la placa 1020 inferior. El aumento de la separación puede evitar las contribuciones térmicas de los filamentos de calentamiento a la ranura 1921 en forma de L y la activación falsa de la característica 2050 de seguridad.

Las láminas de aislamiento descritas en esta invención, tales como las láminas de mica y/o el material de interfaz térmica, pueden actuar para transferir calor desde el filamento de calentamiento a la placa inferior. Por consiguiente, como se muestra mediante los círculos de línea discontinua en la Figura 20A, la ranura 1921 en forma de L puede extenderse más allá de un borde 2041 límite de las láminas de aislamiento, lo que puede reducir aún más la contribución térmica de las láminas de aislamiento a la característica de seguridad.

Alternativamente, como se muestra en las Figuras 18C y 18D, se puede reducir un espesor total de la placa 1820 inferior, en comparación con, por ejemplo, la placa inferior mostrada en las Figuras 12D y 12E, mientras se deja una plataforma 1852 que se proyecta desde el resto de la placa 1820 inferior. Por ejemplo, sin limitación, el espesor total puede reducirse a entre aproximadamente 2 mm y aproximadamente 9 mm, o aproximadamente 3 mm y aproximadamente 4 mm, o aproximadamente 3 mm. La plataforma 1852 puede sobresalir, por ejemplo, sin limitación, de aproximadamente 1 mm a aproximadamente 3 mm, o aproximadamente 2 mm del resto de la placa 1820 inferior. El espesor de la placa 1820 inferior en la plataforma 1852 puede ser, por ejemplo, sin limitación, entre aproximadamente 4 mm y aproximadamente 10 mm, o aproximadamente 4 mm y aproximadamente 6 mm, o aproximadamente 5 mm. El dispositivo de seguridad se puede colocar en la plataforma 1852. La característica de seguridad se puede colocar en la parte superior de la plataforma 1852. La plataforma 1852 se puede crear o definir adelgazando el resto de la placa 1820 inferior. Alternativamente, la plataforma puede definirse dentro de un receptáculo formado dentro de la placa inferior. La plataforma 1852 puede proporcionar un tornillo suficiente u otra profundidad de la herramienta de sujeción para mejorar la fijación de la característica de seguridad a la placa 1820 inferior. La plataforma 1852 también puede mejorar el desacoplamiento de los termistores al aumentar una masa térmica de la región alrededor de la característica de seguridad. En otras palabras, la plataforma 1852 puede amortiguar los efectos no deseados de los filamentos de calentamiento a la característica de seguridad.

Alternativamente, las características de la placa 1820 inferior y las características de la placa 1920 inferior se pueden combinar para tener una placa 2120 inferior que incluye una plataforma 2152 y una ranura 2121 en forma de L, tal como se muestra en las Figuras 21A-21F y 22A-22B. La ranura 2121 puede ubicarse alrededor de un borde de la plataforma 2152, como se muestra en las Figuras 21A y 21E. Aunque no se muestra un escalón a lo largo del lado largo de la ranura 2121 (como el escalón 1922 de la placa 1920 inferior), dicho escalón puede incluirse opcionalmente en la placa 2120 inferior. La ranura 2121 también puede tener cualquier forma que no sea la forma de L.

Como se muestra en las Figuras 22A-22B, una porción de la característica 2250 de seguridad no está soportada en su superficie inferior por la plataforma 2152. Esto no afecta al rendimiento de la característica de seguridad, ya que esta parte no soportada no está acoplada al tornillo de sujeción u otra herramienta de sujeción, sino que funciona principalmente para estabilizar aún más la característica 2250 de seguridad.

Los conjuntos de placas calentadoras que se muestran en las Figuras 20A-20C y 22A-B pueden acomodar dos capas de aislamiento de material de interfaz térmica, tales como las capas A y B que se ilustran en la Figura 12A. Las capas de aislamiento A y/o B pueden tener un espesor de, por ejemplo, entre aproximadamente 0,002" (0,05 mm) o aproximadamente 0,04" (1,02 mm), o aproximadamente 0,002" (0,05 mm), aproximadamente 0,003" (0,08 mm), aproximadamente 0,005" (0,13 mm), aproximadamente 0,006" (0,15 mm), aproximadamente 0,009" (0,23 mm), aproximadamente 0,012" (0,31 mm), aproximadamente 0,015" (0,38 mm), aproximadamente 0,016" (0,41 mm), aproximadamente 0,018" (0,46 mm), aproximadamente 0,02" (0,51 mm), aproximadamente 0,025" (0,64 mm), aproximadamente 0,03" (0,76 mm), o aproximadamente 0,04" (1,02 mm).

Para garantizar que las mediciones de temperatura de los termistores sean más representativas de las temperaturas de la placa de calentamiento superior, también se puede aumentar la distancia de separación entre los termistores y la placa inferior. Una mayor separación entre los termistores y la placa inferior puede reducir el alcance de las contribuciones térmicas de la placa inferior en la medición del termistor, proporcionando una temperatura más precisa y fiable de la placa de calentamiento superior por los termistores.

Por ejemplo, una región de la placa inferior puede reducirse en grosor para proporcionar una mayor distancia de separación entre la placa inferior y los termistores que se colocan en la superficie inferior de la placa de calentamiento superior. Un ejemplo de reducción en el espesor se ilustra en las Figuras 19B-19C, 20A-20C, 21A y 21E. La reducción de espesor puede dar como resultado que se forme un escalón 1925, 2125 en una superficie inferior de la placa 1920, 2120 inferior. El escalón puede aislar térmicamente aún más la placa inferior del o de los termistor(es).

Para aumentar la separación de la placa inferior y los termistores, el bloque de montaje de sensor de la placa de calentamiento superior, tal como el bloque de montaje de sensor de la placa 2010 de calentamiento superior en la Figura 20B y 20C también se puede reducir en tamaño (por ejemplo, en ancho y/o longitud), tal como cuando se compara con el bloque de montaje de sensor de la placa 1210 de calentamiento superior que se muestra en la Figura 12A. Por ejemplo, el bloque de montaje de sensor más pequeño en las Figuras 20B y 20C puede tener un espesor entre aproximadamente 3 mm y aproximadamente 9 mm, o aproximadamente 5 mm y aproximadamente 7 mm. Una altura total de la placa 2010 de calentamiento superior que incluye el bloque de montaje de sensor en el bloque de montaje de sensor puede ser entre aproximadamente 6 mm y aproximadamente 15 mm, o aproximadamente 8 mm y aproximadamente 11 mm, o aproximadamente 9 mm y aproximadamente 10 mm. Una altura total de la placa 2010 de calentamiento superior, incluido el bloque de montaje del sensor y los labios elevados de la placa 2010 de calentamiento superior, puede ser de entre aproximadamente 10 mm y aproximadamente 12 mm, o aproximadamente 11,5 mm, en su punto más grueso.

La reducción del tamaño del bloque de montaje del sensor puede reducir la cantidad de metal para aislar mejor los termistores de fuentes de calentamiento adicionales y/o del posible contacto directo con los filamentos de calentamiento. El bloque de montaje del sensor más pequeño también puede acoplar mejor térmicamente los termistores a la placa de calentamiento superior. Además, el bloque de montaje de sensores más pequeño puede separar el bloque de montaje de sensores más lejos de la placa inferior para evitar errores debido a los cambios de temperatura en la placa inferior.

Terminología

Se han descrito ejemplos de sistemas de humidificación respiratoria y componentes y procedimientos asociados con referencia a las figuras. Las figuras muestran varios sistemas y módulos y conexiones entre ellos. Los diversos módulos y sistemas se pueden combinar en diversas configuraciones y las conexiones entre los diversos módulos y sistemas pueden representar enlaces físicos o lógicos. Las representaciones en las figuras se han presentado para ilustrar claramente los principios y detalles con respecto a las divisiones de módulos o sistemas se han proporcionado para facilitar la descripción en lugar de intentar delinear realizaciones físicas separadas. Los ejemplos y figuras pretenden ilustrar la materia descrita en esta solicitud. Por ejemplo, los principios en esta invención se pueden aplicar a un humidificador respiratorio, así como a otros tipos de sistemas de humidificación, incluidos los humidificadores quirúrgicos. Los principios en esta invención se pueden aplicar en aplicaciones respiratorias, así como en otros escenarios para determinar si hay agua disponible dentro de un sistema respiratorio.

Como se usa en esta memoria, el término "procesador" se refiere ampliamente a cualquier dispositivo adecuado, bloque lógico, módulo, circuito o combinación de elementos para ejecutar instrucciones. Por ejemplo, el controlador 8 puede incluir cualquier microprocesador convencional de propósito general de uno o varios chips, como un procesador Pentium®, un procesador MIPS®, un procesador Power PC®, un procesador AMD®, un procesador ARM® o un procesador AFPHA®. Además, el controlador 122 puede incluir cualquier microprocesador convencional de propósito especial, tal como un procesador de señales digitales o un microcontrolador. Los diversos bloques lógicos, módulos y circuitos ilustrativos descritos en conexión con las realizaciones descritas en esta invención pueden implementarse o realizarse con un procesador de propósito general, un procesador de señales digitales (DSP), un circuito integrado específico de aplicación (ASIC), una matriz de puertas programables de campo (FPGA) u otro dispositivo lógico programable, lógica de transistores o puertas discretas, componentes de hardware discretos o cualquier combinación de los mismos diseñada para realizar las funciones descritas en esta invención, o puede ser un software puro en el procesador principal. Por ejemplo, el módulo 504 lógico puede ser un bloque de función implementado por software que no utiliza ningún elemento de hardware adicional y/o especializado. El controlador 8 se puede implementar como una combinación de dispositivos informáticos, por ejemplo, una combinación de un PDS y un microprocesador, una combinación de un microcontrolador y un microprocesador, una pluralidad de microprocesadores, uno o más microprocesadores junto con un núcleo de PDS o cualquier otra configuración de este tipo.

El almacenamiento de datos puede referirse a circuitos electrónicos que permiten que un procesador almacene y recupere datos. El almacenamiento de datos puede referirse a dispositivos o sistemas externos, por ejemplo, unidades de disco o unidades de estado sólido. El almacenamiento de datos también puede referirse al almacenamiento de semiconductores de estado sólido (chips), por ejemplo, memoria de acceso aleatorio (RAM) o varias formas de memoria de solo lectura (ROM), que están conectadas directamente al bus de comunicación o al controlador 8. Otros tipos de almacenamiento de datos incluyen memoria de burbuja y memoria central. El almacenamiento de datos puede ser hardware físico configurado para almacenar datos en un medio no transitorio.

En cualquier procedimiento o procesamiento descrito en esta invención, los actos u operaciones del procedimiento o procesamiento se pueden realizar en cualquier secuencia adecuada y no se limitan necesariamente a ninguna secuencia descrita en particular. Varias operaciones pueden describirse como múltiples operaciones discretas a su vez, de una manera que puede ser útil para comprender ciertas realizaciones; sin embargo, el orden de descripción no debe interpretarse como una implicación de que estas operaciones dependen del orden. Además, las estructuras descritas en esta invención se pueden realizar como componentes integrados o como componentes separados. Con el fin de comparar varias realizaciones, se describen ciertos aspectos y ventajas de estas realizaciones. No necesariamente todos estos aspectos o ventajas se logran mediante cualquier realización particular. Por lo tanto, por ejemplo, varias realizaciones pueden llevarse a cabo de una manera que logre u optimice una ventaja o grupo de ventajas como se enseña en esta solicitud sin lograr necesariamente otros aspectos o ventajas como también se puede enseñar o sugerir en esta invención.

El lenguaje condicional utilizado en esta invención, como, entre otros, "puede", "podría", "podía", "puede", "por ejemplo" y similares, a menos que se indique específicamente lo contrario, o se entienda de otro modo dentro del contexto como se usa, generalmente pretende transmitir que ciertas realizaciones incluyen, mientras que otras realizaciones no incluyen, ciertas características, elementos y/o estados. Por lo tanto, dicho lenguaje condicional generalmente no pretende dar a entender que las características, los elementos y/o los estados se requieren de alguna manera para una o más realizaciones. Como se emplea en esta memoria, los términos "comprende", "comprendiendo", "incluye", "que incluye", "tiene", "que tiene", o cualquier otra variación de los mismos, pretenden cubrir una inclusión no exclusiva. Por ejemplo, un procedimiento, procesamiento, artículo o aparato que comprende una lista de elementos no está necesariamente limitado sólo a esos elementos, sino que puede incluir otros elementos no expresamente enumerados o que no son inherentes a dicho procedimiento, procesamiento, artículo o aparato. Además, el término "o" se usa en su sentido inclusivo (y no en su sentido exclusivo) de modo que cuando se usa, por ejemplo, para conectar una lista de elementos, el término "o" significa uno, algunos o todos los elementos de la lista. El lenguaje conjuntivo tal como la frase "al menos uno de X, Y y Z", a menos que se indique específicamente lo contrario, se entiende de otro modo con el contexto tal como se usa en general para transmitir que un elemento, término, etc. puede ser X, Y o Z. Por lo tanto, tal lenguaje conjuntivo no pretende implicar que ciertas realizaciones requieran que al menos uno de X, al menos uno de Y y al menos uno de Z esté presente. Como se emplea en esta invención, las palabras "aproximadamente" o "cerca de" pueden significar que un valor está dentro de $\pm 10\%$, dentro de $\pm 5\%$ o dentro de $\pm 1\%$ del valor establecido.

Procedimientos y procesamientos descritos en esta solicitud pueden incorporarse en, y automatizarse parcial o totalmente a través de módulos de códigos de software ejecutados por uno o más ordenadores de propósito general y/o especial. La palabra "módulo" se refiere a la lógica incorporada en hardware y/o firmware, o a una colección de instrucciones de software, posiblemente con puntos de entrada y salida, escritas en un lenguaje de programación, como, por ejemplo, C o C++. Un módulo de software puede compilarse y vincularse a un programa ejecutable, instalarse en una biblioteca vinculada dinámicamente, o puede estar escrito en un lenguaje de programación interpretado como, por ejemplo, BASIC, Perl o Python. Se apreciará que los módulos de software pueden llamarse desde otros módulos o desde sí mismos, y/o pueden invocarse en respuesta a eventos o interrupciones detectados. Instrucciones de software pueden estar integradas en el firmware, como una memoria de solo lectura programable y borrrable (EPROM). Se apreciará además que módulos de hardware pueden comprender unidades lógicas conectadas, tales como puertas y *flip-flops*, y/o pueden comprender unidades programables, tales como matrices de puertas

programables, circuitos integrados específicos de la aplicación y/o procesadores. Los módulos descritos en esta invención pueden implementarse como módulos de software, pero también pueden representarse en hardware y/o firmware. Además, aunque en algunas realizaciones un módulo puede compilarse por separado, en otras realizaciones un módulo puede representar un subconjunto de instrucciones de un programa compilado por separado, y puede no tener una interfaz disponible para otras unidades de programa lógico.

5

En determinadas realizaciones, los módulos de código se pueden implementar y/o almacenar en cualquier tipo de medio legible por ordenador u otro dispositivo de almacenamiento informático. En algunos sistemas, los datos (y/o metadatos) introducidos en el sistema, los datos generados por el sistema y/o los datos utilizados por el sistema se pueden almacenar en cualquier tipo de repositorio de datos informáticos, como una base de datos relacional y/o un sistema de archivos plano. Cualquiera de los sistemas, procedimientos y procesamientos descritos en esta invención puede incluir una interfaz configurada para permitir la interacción con usuarios, operadores, otros sistemas, componentes, programas, etc.

10

Cabe destacar que se pueden realizar muchas variaciones y modificaciones a las realizaciones descritas en esta invención, cuyos elementos deben entenderse entre otros ejemplos aceptables. Todas estas modificaciones y variaciones están destinadas a incluirse en esta invención dentro del alcance de esta descripción y están protegidas por las siguientes reivindicaciones. Además, nada en la descripción anterior pretende implicar que cualquier componente, característica o etapa del procedimiento en particular sea necesario o esencial a menos que se reivindique expresamente de forma independiente como tal.

15

La invención se define en la reivindicación independiente 1. Realizaciones preferidas son materia de las reivindicaciones dependientes.

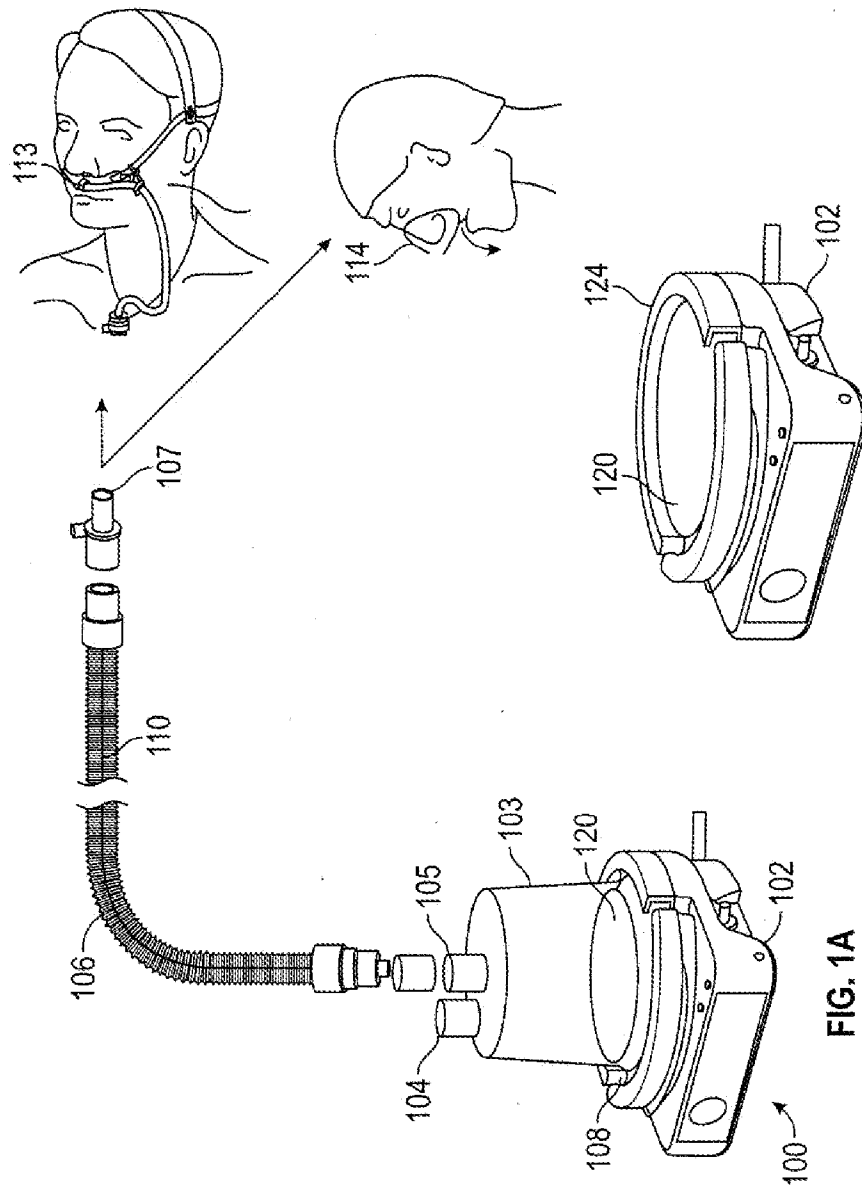
20

REIVINDICACIONES

1. Un sistema (100, 101) humidificador respiratorio o quirúrgico, comprendiendo:
una unidad (102) de base comprendiendo:
una placa (120) calentadora que incluye uno o más elementos calentadores; y
5 un controlador de hardware en comunicación electrónica con los uno o más elementos calentadores de la placa (120) calentadora y configurado para energizar los uno o más elementos calentadores de la placa (120) calentadora;
un sensor (262) de temperatura acoplado o adyacente a la placa (120) calentadora,
en donde el sensor (262) de temperatura determina una temperatura de la placa (120) calentadora; y
10 una cámara (103) humidificadora que define un volumen y que incluye una base conductora que se puede recibir en la unidad (102) de base de modo que la base conductora entre en contacto con la placa (120) calentadora, la cámara (103) humidificadora configurada para contener un nivel de agua,
en donde el dispositivo de cálculo está configurado para:
15 aplicar una señal de energización característica a los uno o más elementos de calentamiento de la placa (120) calentadora, en donde la señal de energización característica se superpone a una señal de control de la placa calentadora;
procesar una señal de temperatura del sensor (262) de temperatura correspondiente a la señal de energización característica, en donde el controlador de hardware pasa la señal de temperatura a través de uno cualquiera de: un filtro (426) de paso de banda, un filtro de paso alto, un filtro homodino o un filtro de respuesta de impulso
20 infinito, que tiene una frecuencia de filtro correspondiente a una frecuencia de la señal de energización característica de modo que se pasa la señal de temperatura correspondiente a la frecuencia de la señal de energización característica;
determinar un valor a partir del cual se puede inferir la capacidad calorífica específica de la cámara (103) humidificadora, incluido su contenido, basado en la señal de temperatura procesada;
25 determinar una condición de bajo nivel de agua o de falta de agua basándose, al menos en parte, en el valor determinado a partir del cual se puede inferir la capacidad calorífica específica; y
emitir una advertencia de nivel bajo de agua o de falta de agua en respuesta a la condición de nivel bajo de agua o de falta de agua.
2. El sistema (100, 101) humidificador respiratorio o quirúrgico de la reivindicación 1, en donde el controlador de hardware determina que una condición de bajo nivel de agua o de falta de agua está presente en
30 respuesta al valor determinado a partir del cual se puede inferir que la capacidad calorífica específica está por debajo de un umbral.
3. El sistema (100, 101) humidificador respiratorio o quirúrgico de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el controlador de hardware está configurado para determinar de forma continua y/o intermitente el valor a partir del cual se puede inferir la capacidad calorífica específica.
35 4. El sistema (100, 101) humidificador respiratorio o quirúrgico de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el valor a partir del cual se puede inferir la capacidad calorífica específica se determina como una puntuación numérica.
5. El sistema (100, 101) humidificador respiratorio o quirúrgico de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el sensor (262) de temperatura comprende un termistor o dos termistores, donde cada termistor de los dos termistores actúa como un divisor de voltaje.
40 6. El sistema (100, 101) humidificador respiratorio o quirúrgico de la reivindicación 5
en donde
el sensor (262) de temperatura comprende dos termistores y el controlador de hardware determina un valor de
45 temperatura a partir de las lecturas de voltaje de los dos termistores.
7. El sistema (100, 101) humidificador respiratorio o quirúrgico de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el controlador de hardware está configurado para aplicar de forma continua y/o intermitente la señal de energización característica.

8. El sistema (100, 101) humidificador respiratorio o quirúrgico de cualquier reivindicación anterior, en donde el controlador de hardware está configurado para inyectar la señal de energización característica en la señal de control de la placa calentadora.

5 9. El sistema (100, 101) humidificador respiratorio o quirúrgico de cualquier reivindicación anterior, en donde la señal de energización característica está a una frecuencia más alta que una señal de control de la placa calentadora.



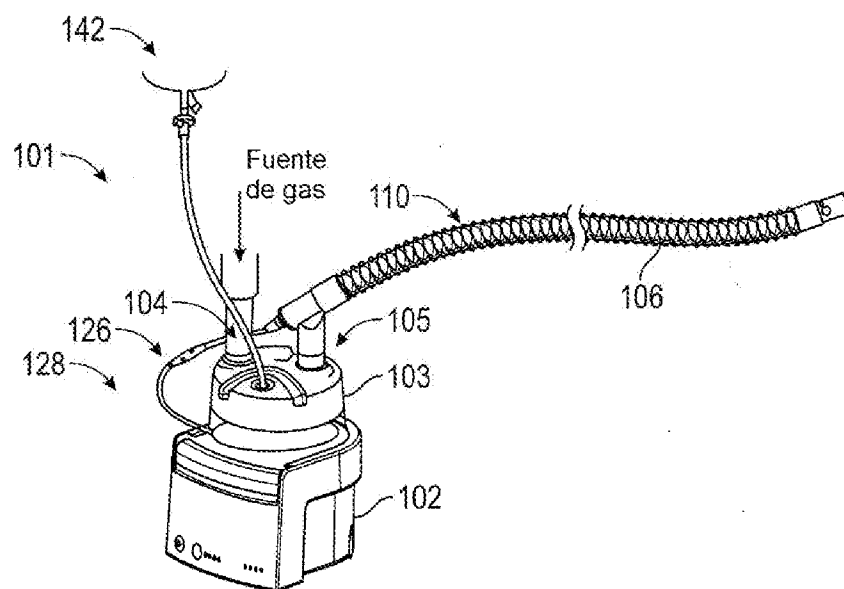


FIG. 1C

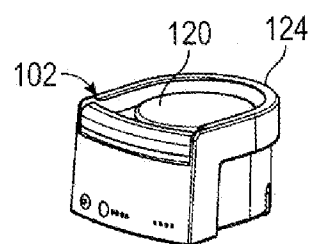


FIG. 1D

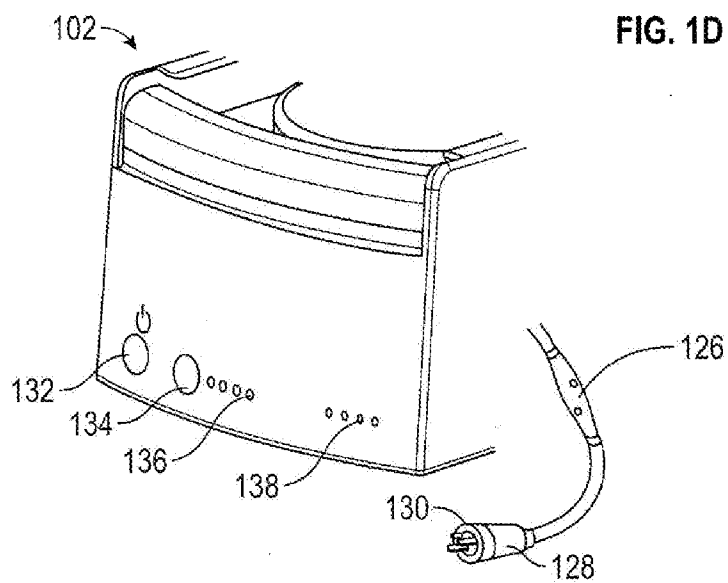


FIG. 1E

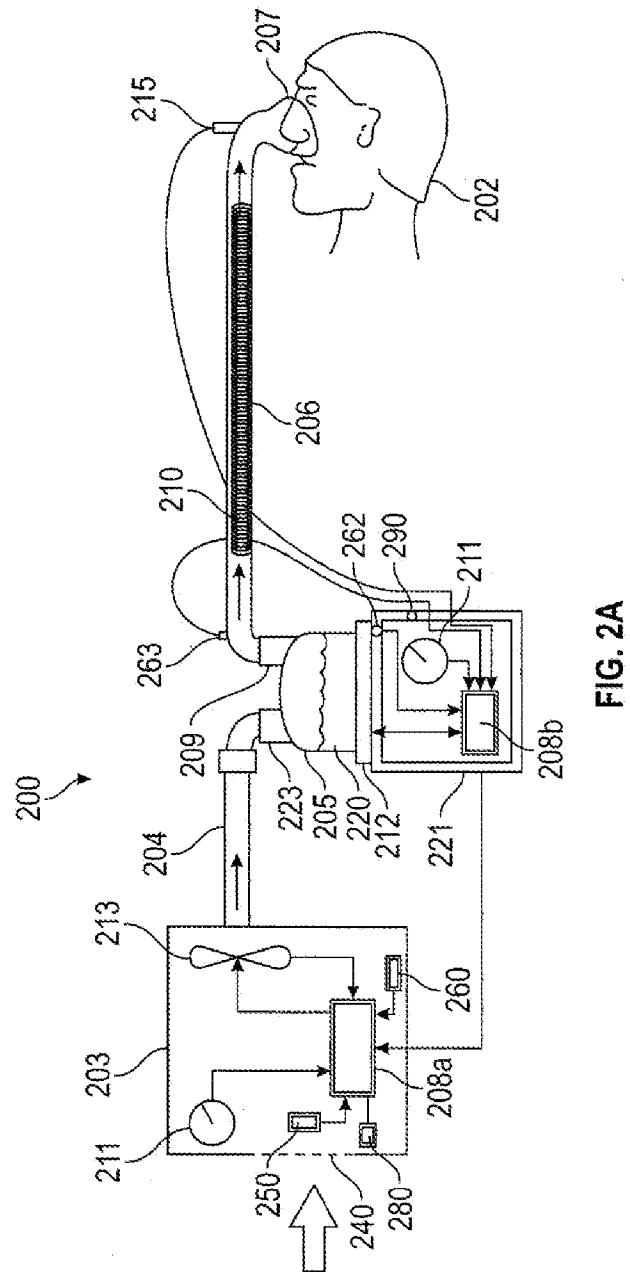


FIG. 2A

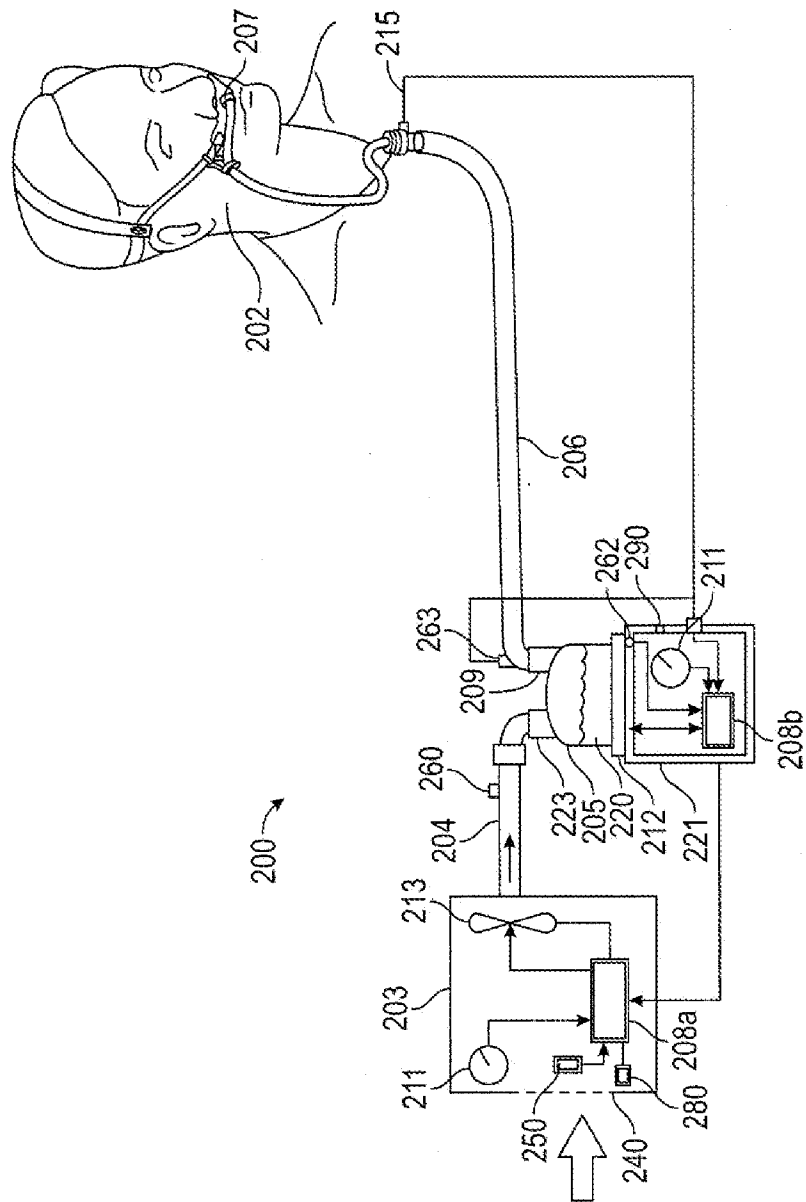


FIG. 2B

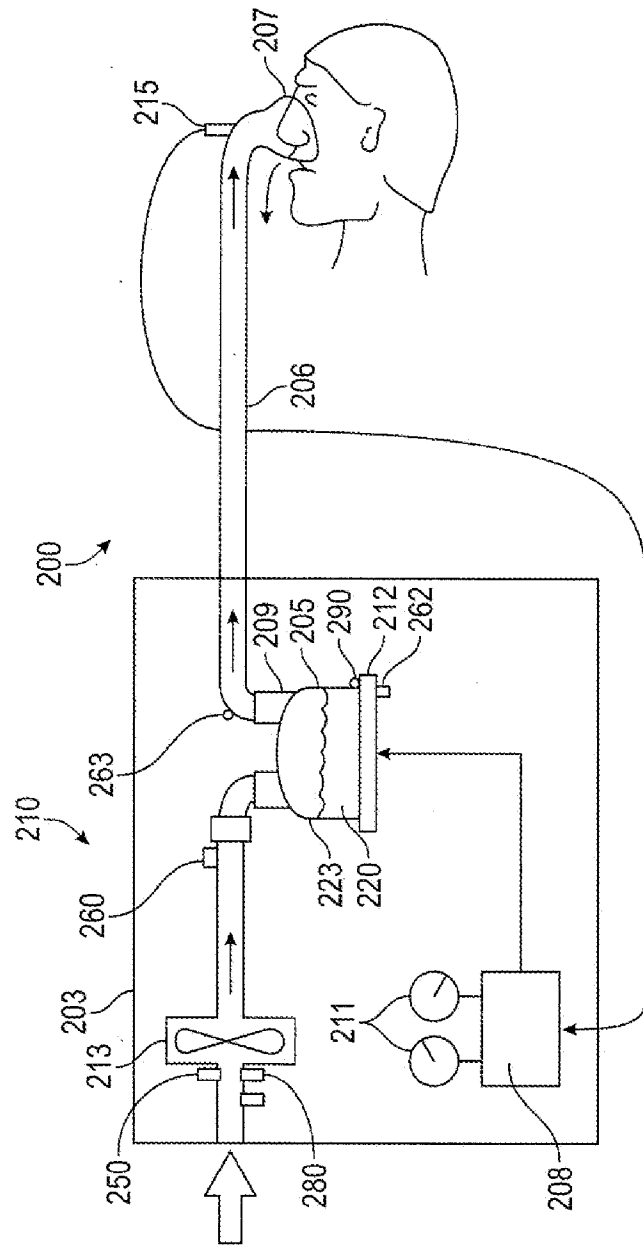
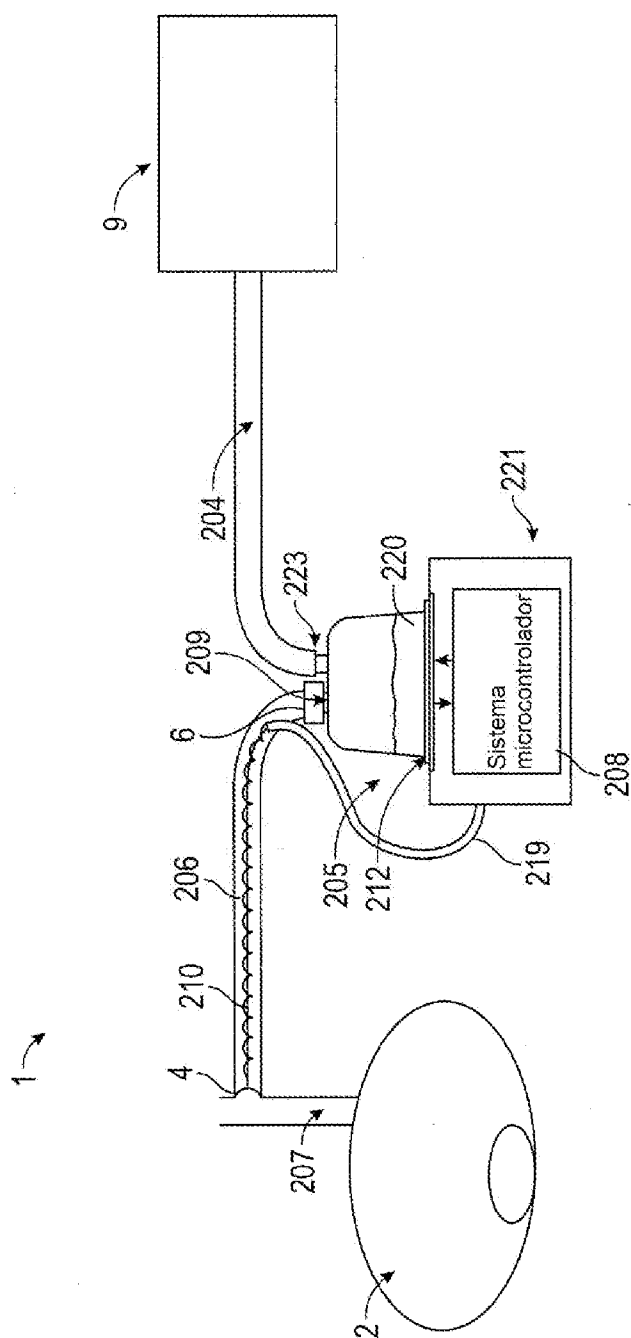


FIG. 2C



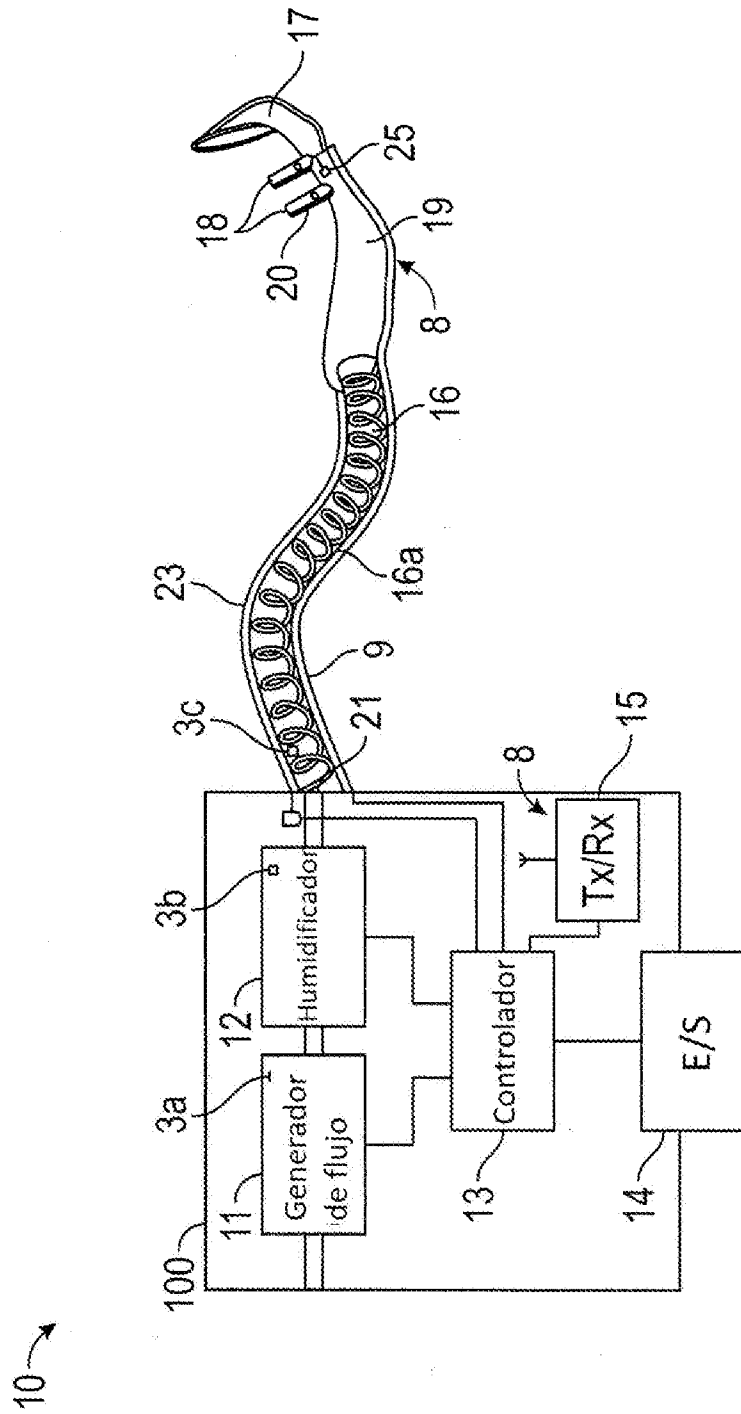


FIG. 2E

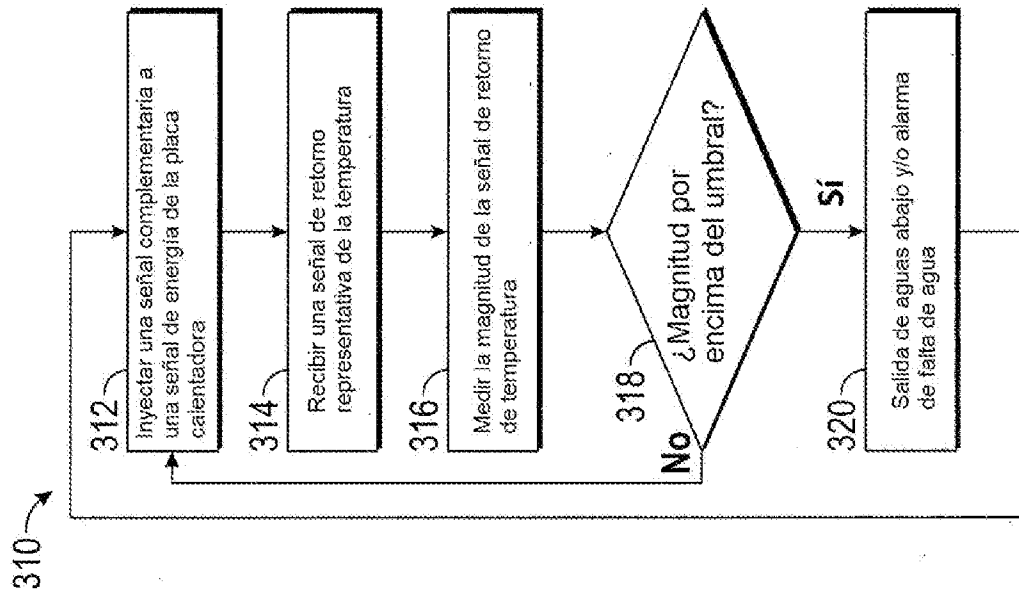


FIG. 3B

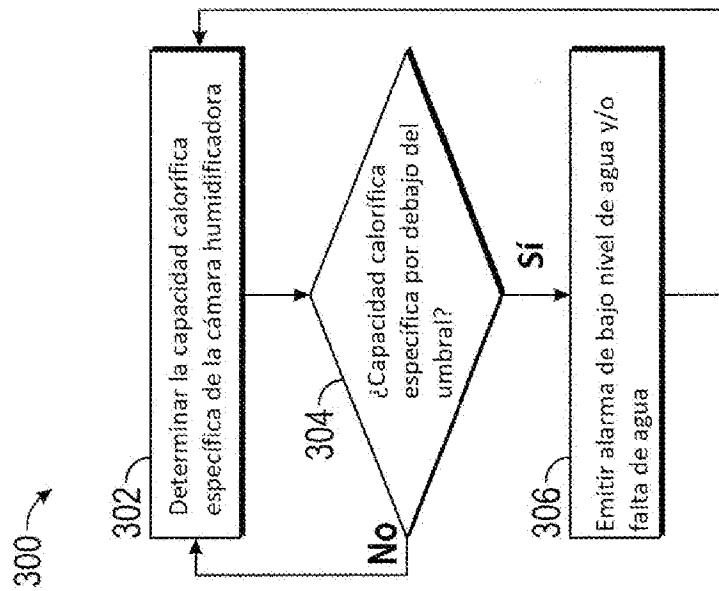


FIG. 3A

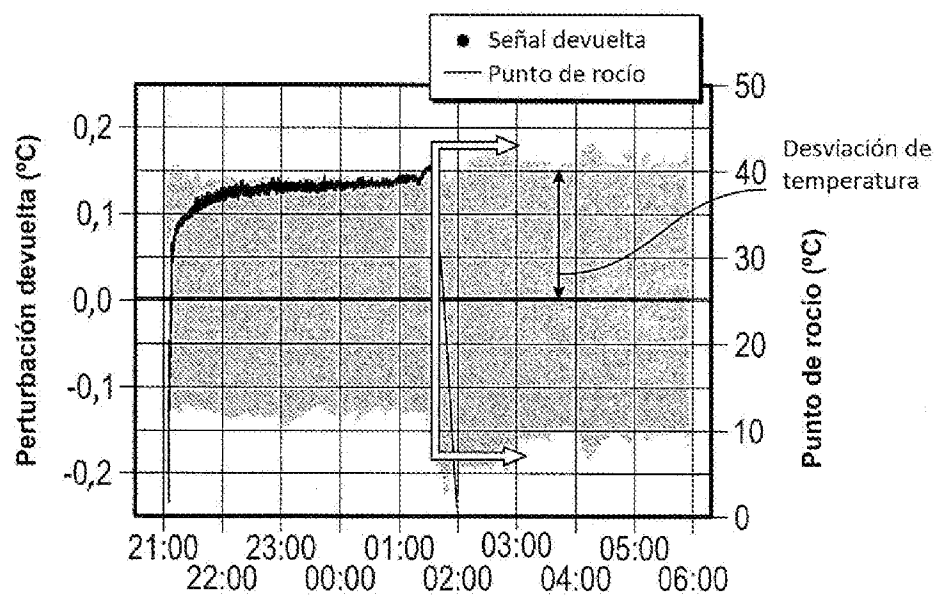


FIG. 3C

Ejemplo de respuesta de señal complementaria de la HP

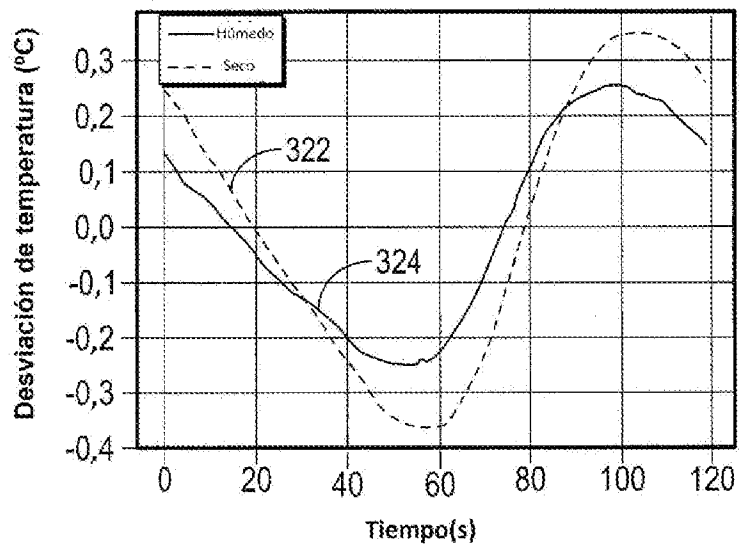


FIG. 3D

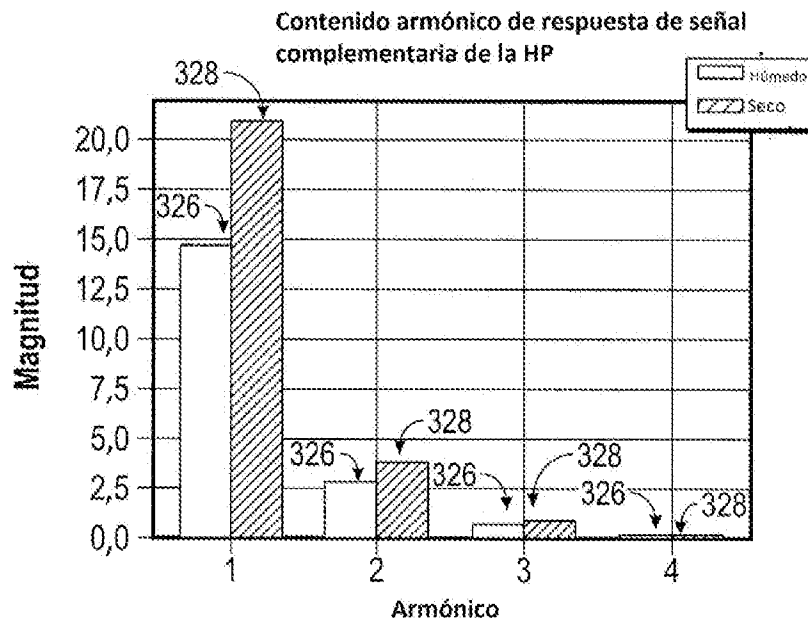


FIG. 3E

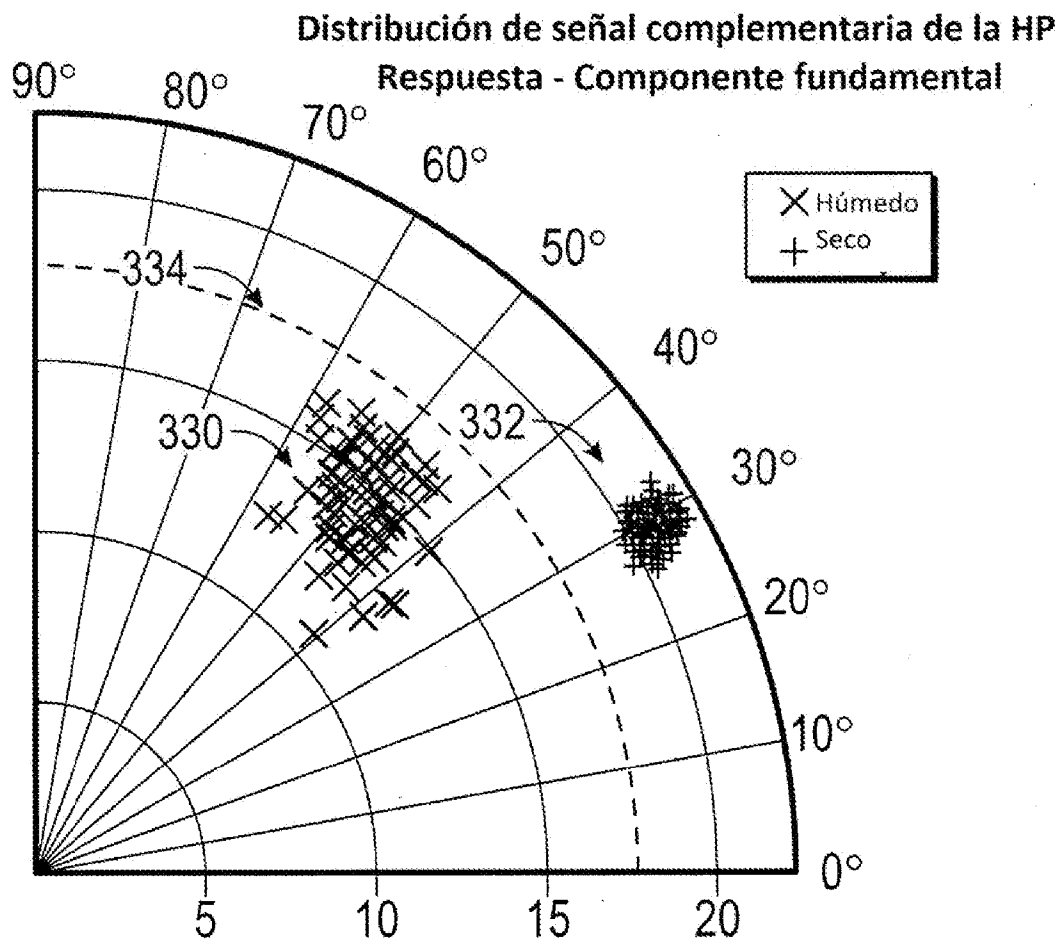


FIG. 3F

Distribución de señal complementaria de la HP
Respuesta - Componente fundamental

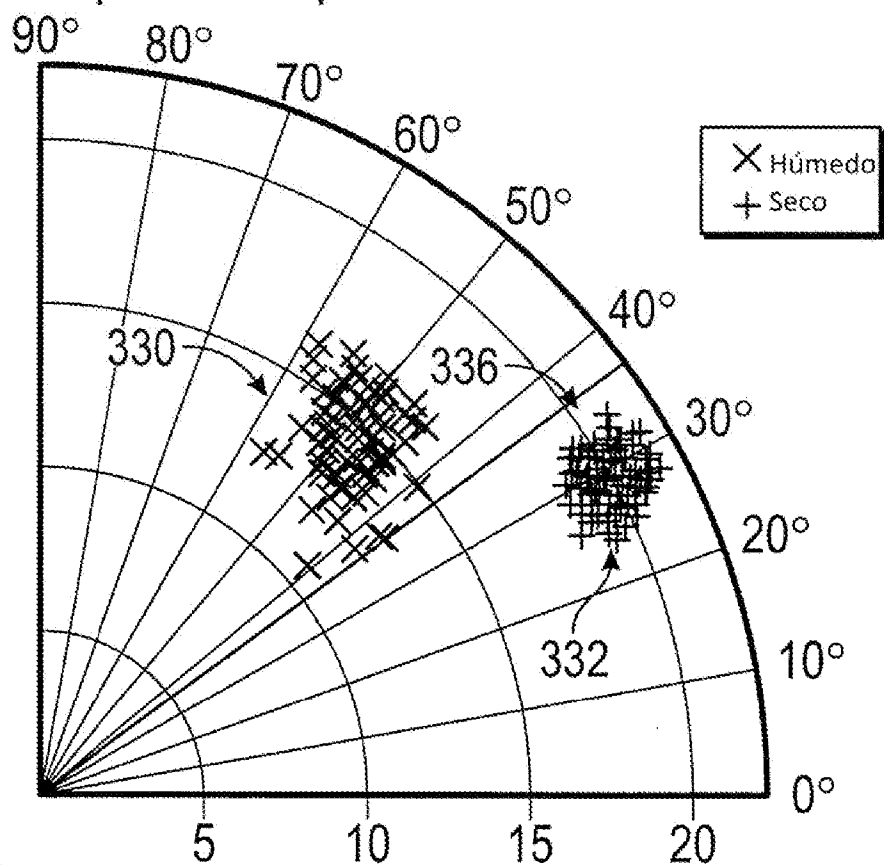


FIG. 3G

Distribución de señal complementaria de la HP

Respuesta - Componente fundamental

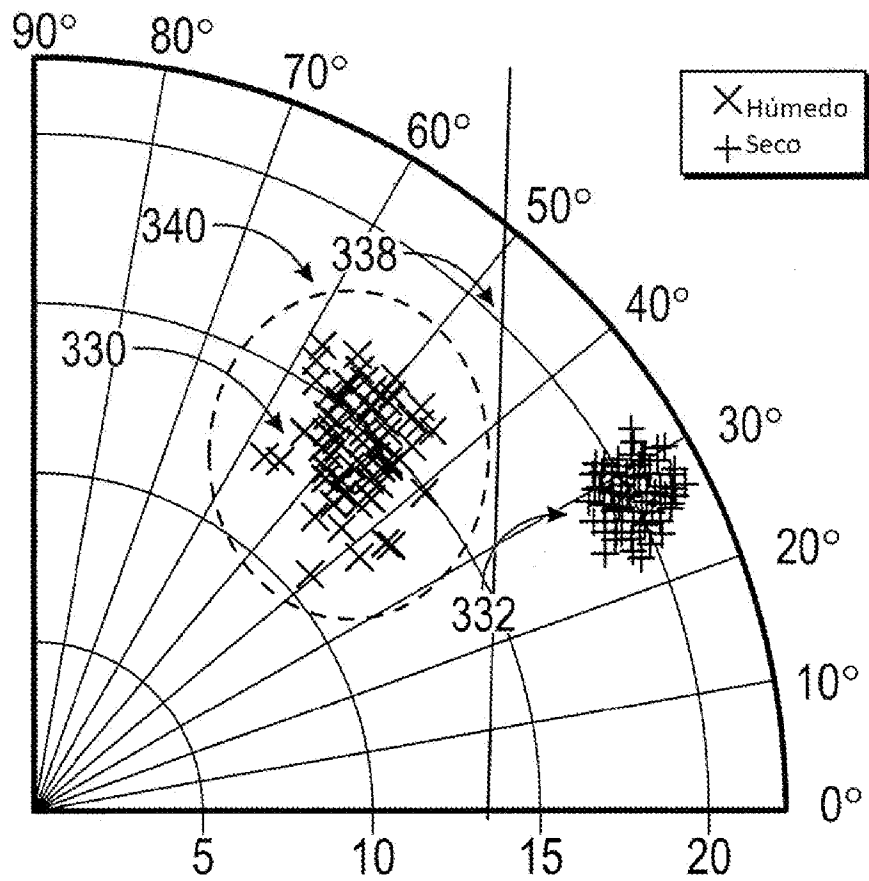


FIG. 3H

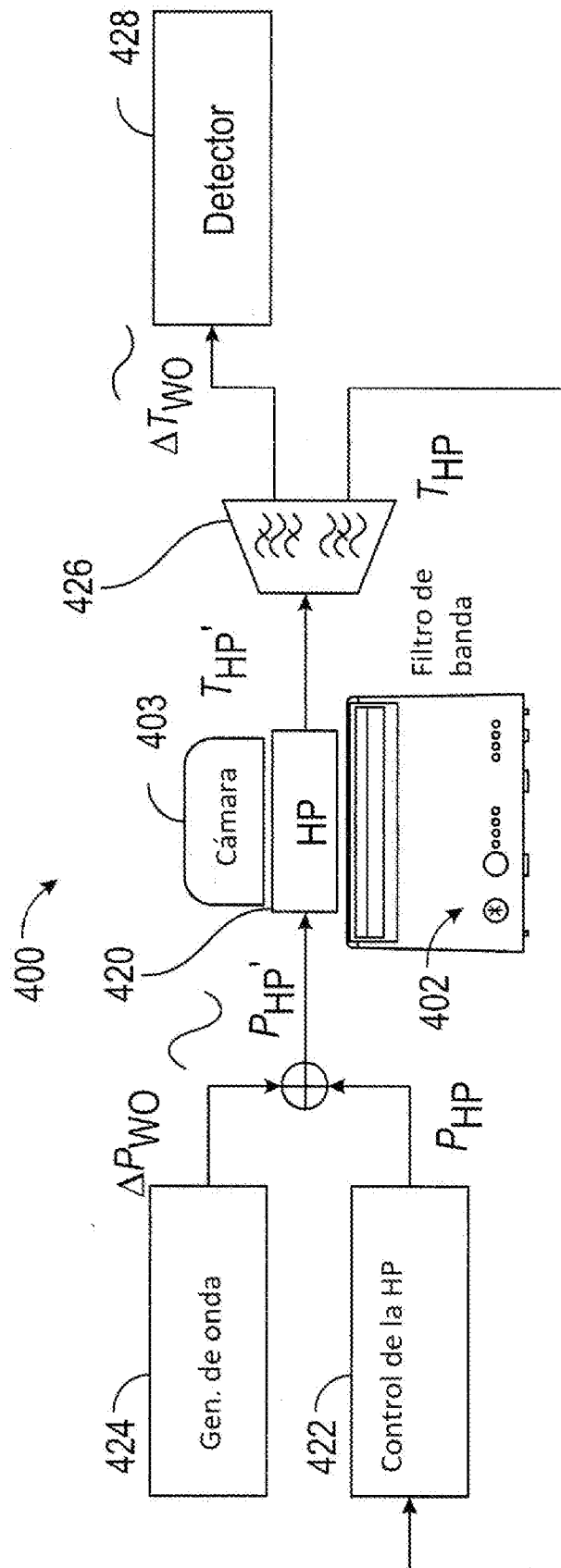


FIG. 4A

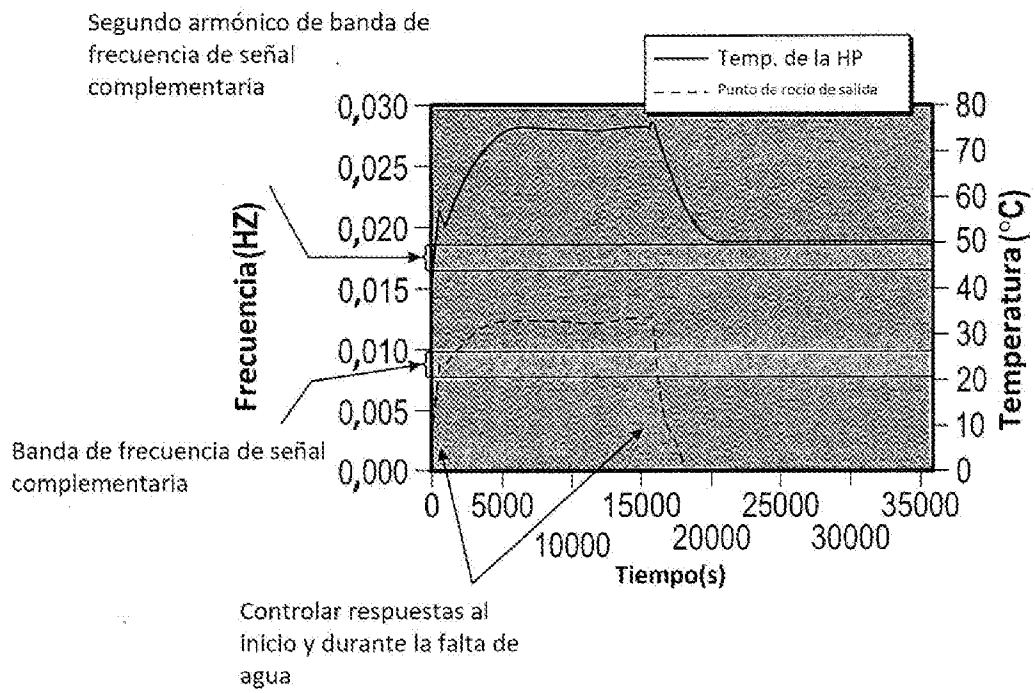


FIG. 4B

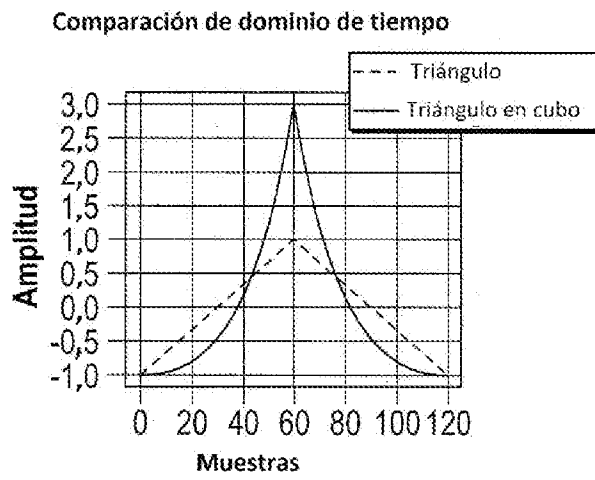


FIG. 4C

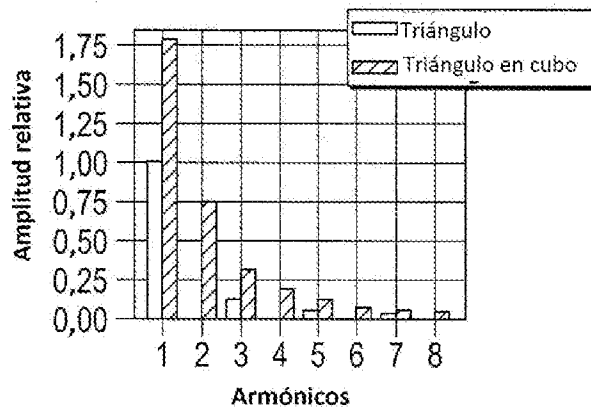


FIG. 4D

820 Función de transferencia de temperatura de la HP

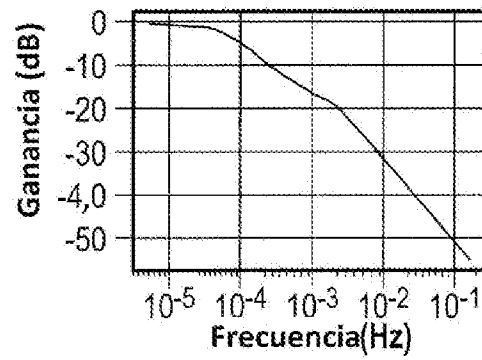


FIG. 4E

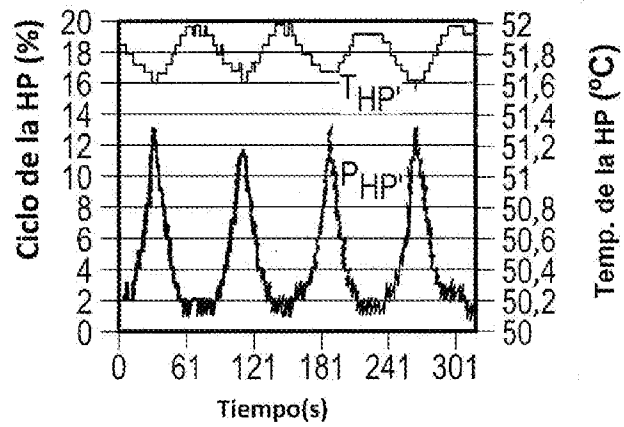


FIG. 4F

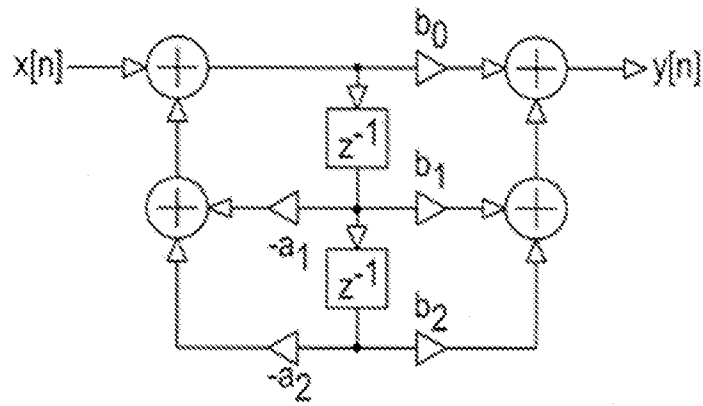


FIG. 4G

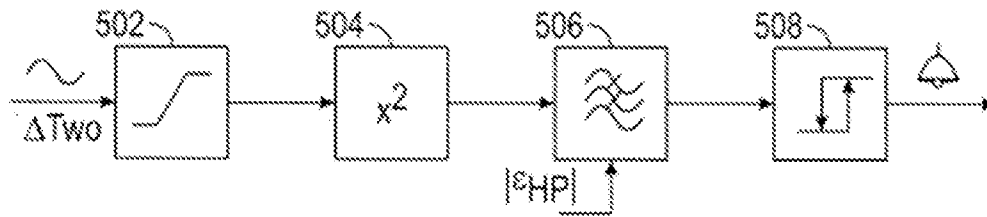


FIG. 5A

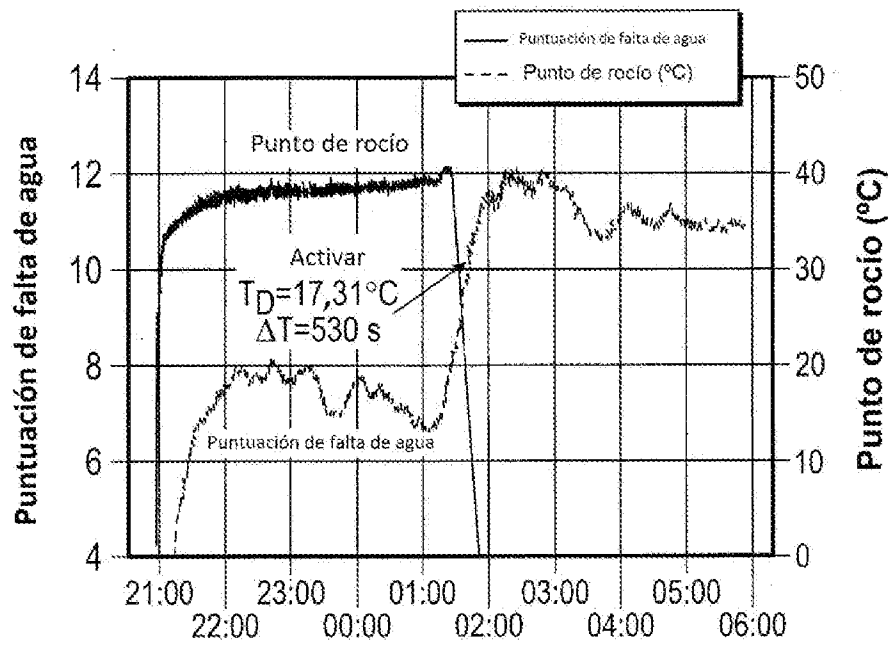


FIG. 5B

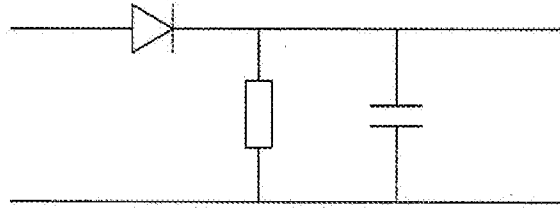


FIG. 6

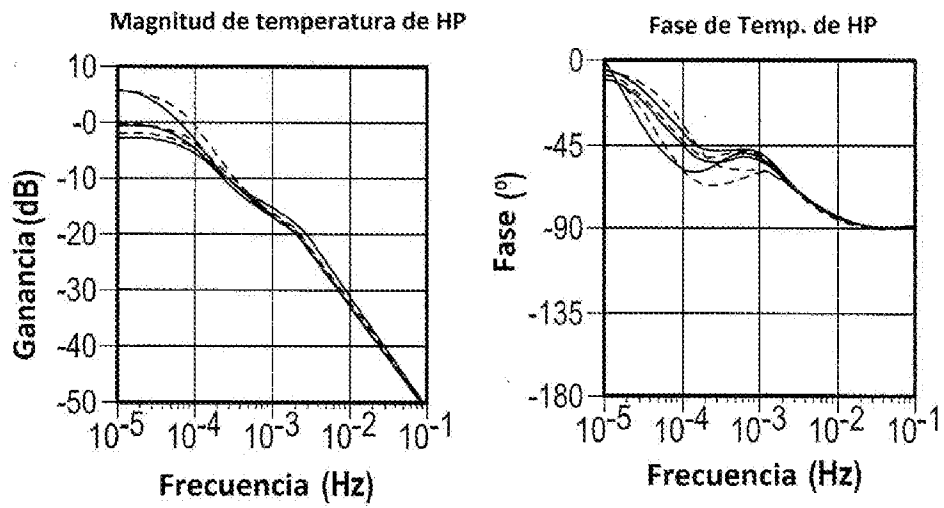


FIG. 7

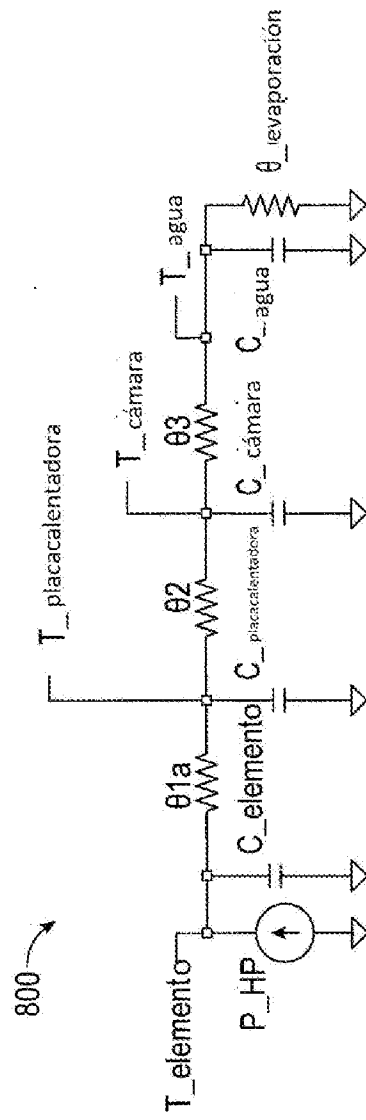


FIG. 8A

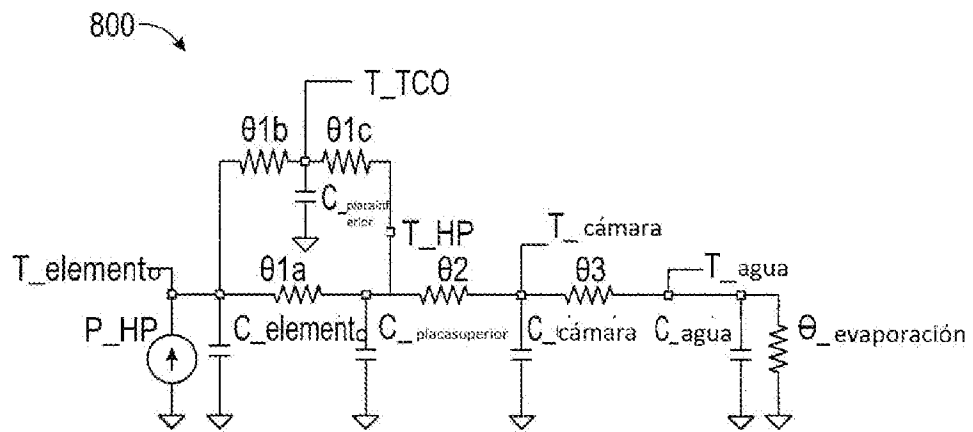


FIG. 8B

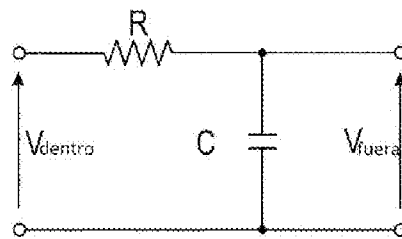


FIG. 8C

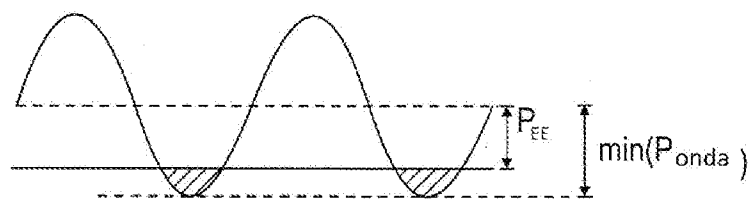


FIG. 8D

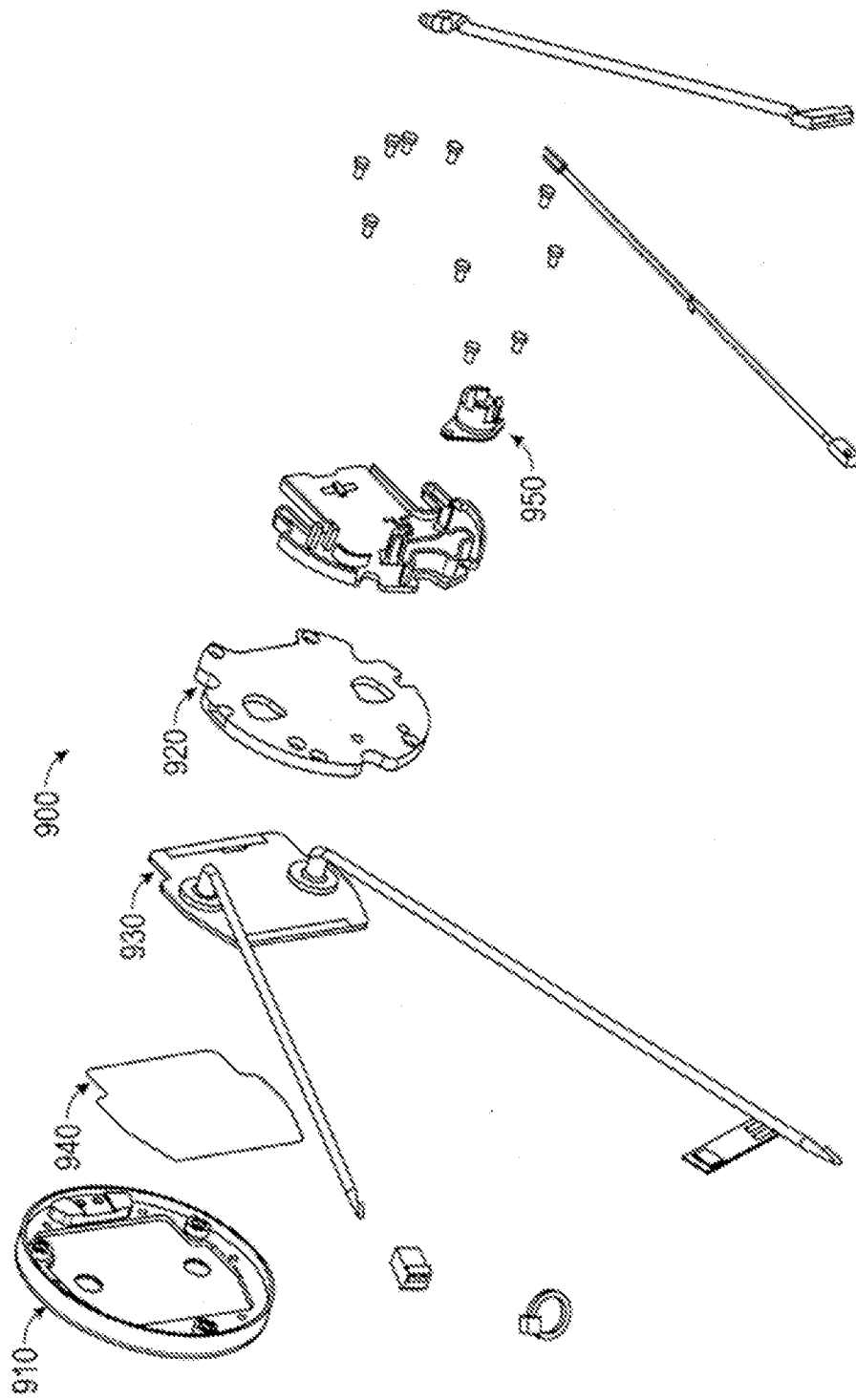


FIG. 9

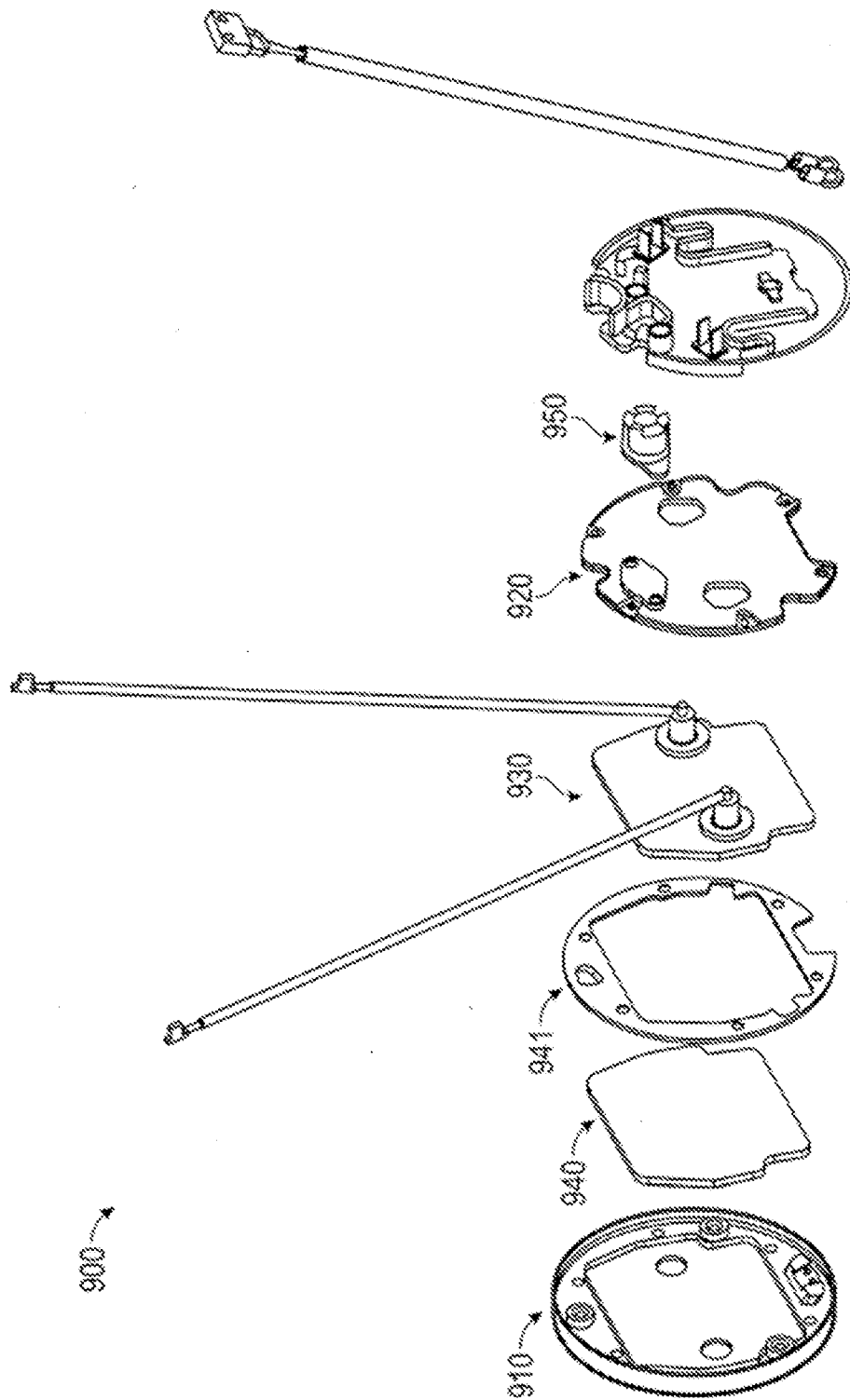


FIG. 9A

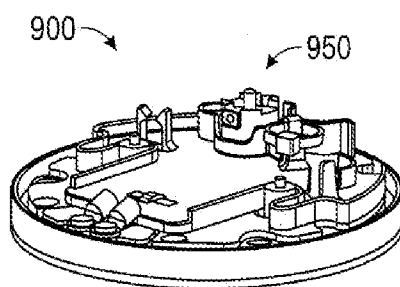


FIG. 9B

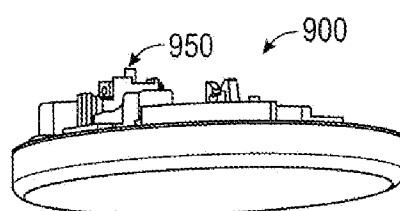


FIG. 9C

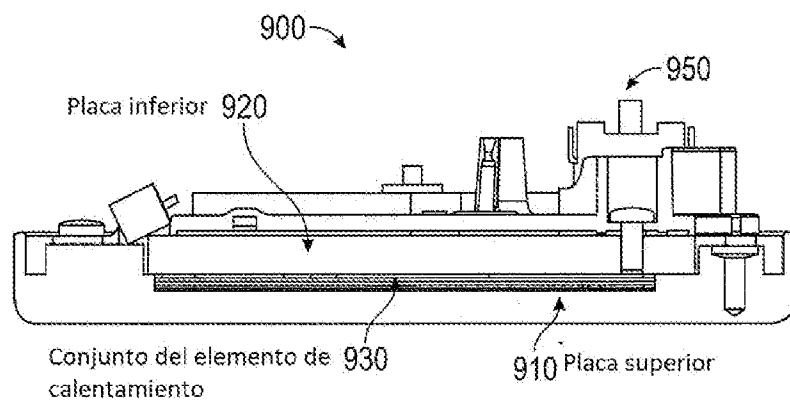


FIG. 9D

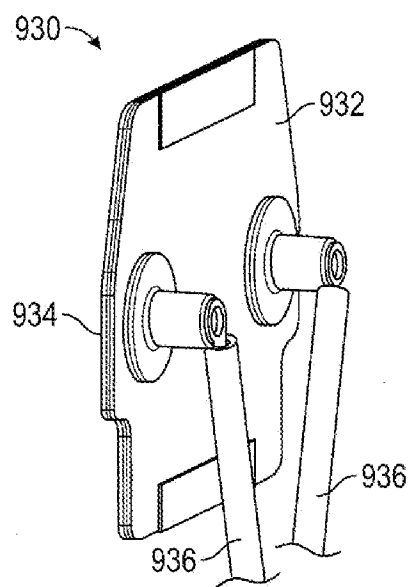


FIG. 9E

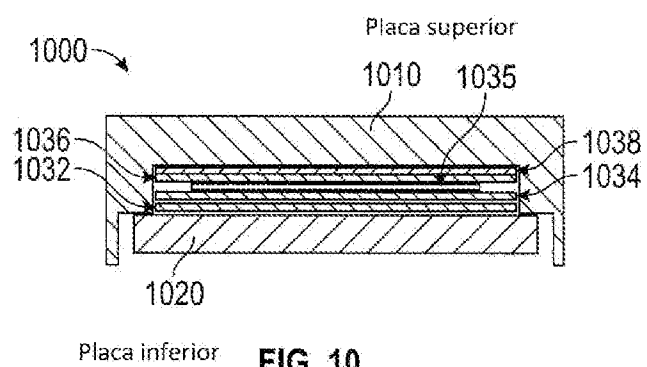


FIG. 10

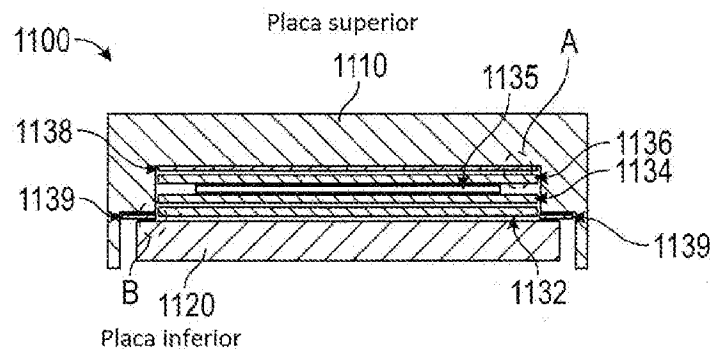


FIG. 11

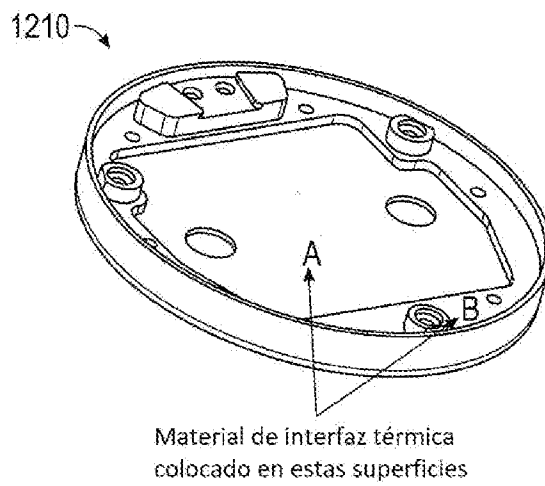
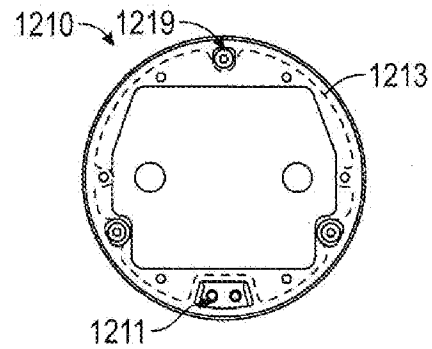


FIG. 12A



PARTE INFERIOR DE LA PLACA SUPERIOR
(ELEMENTO DE CONTACTO Y PLACA DE RESPALDO)

FIG. 12B

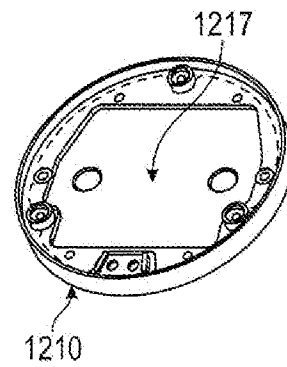
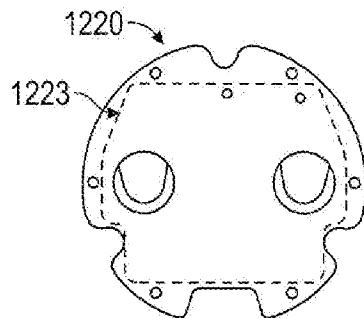


FIG. 12C



PARTE INFERIOR DE LA PLACA DE RESPALDO
(ELEMENTO DE CONTACTO Y PLACA SUPERIOR)

FIG. 12D

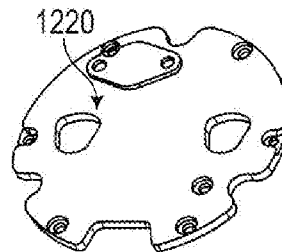


FIG. 12E

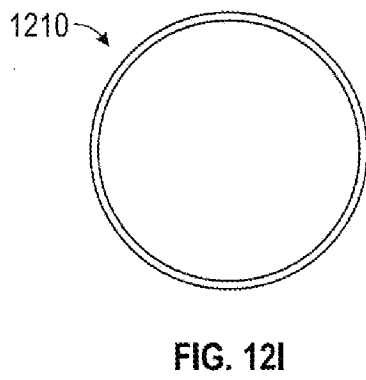
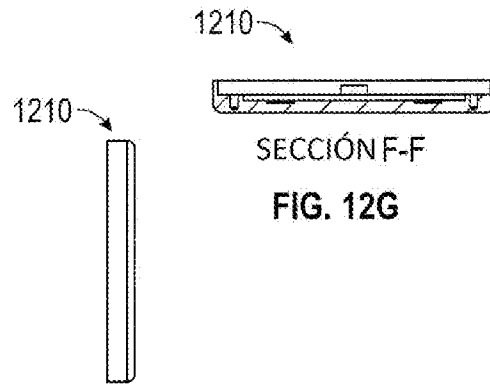
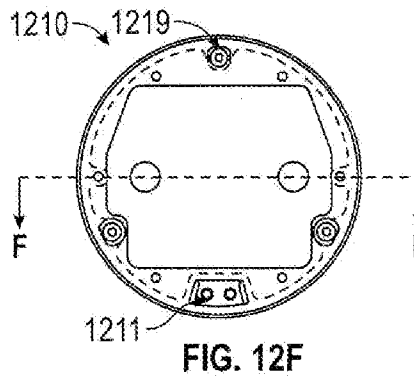
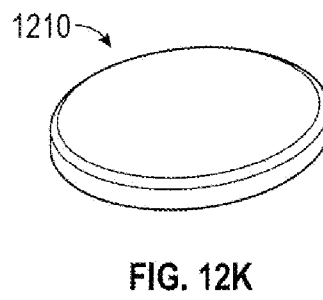
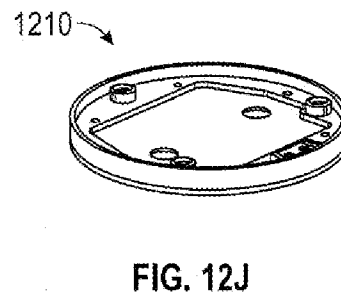
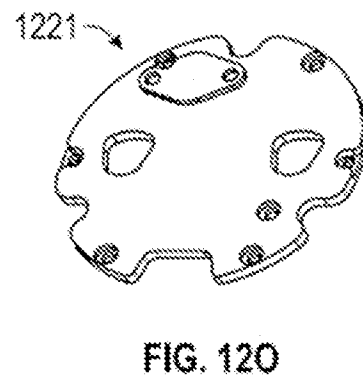
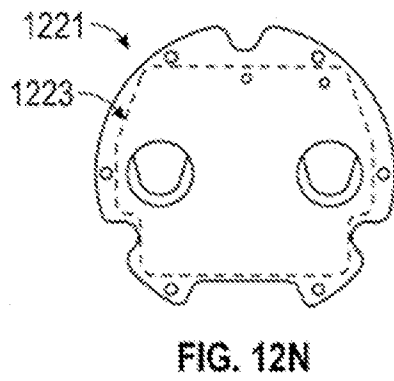
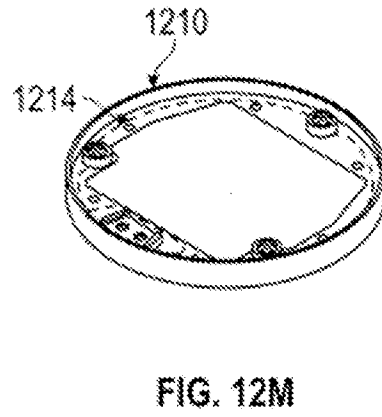
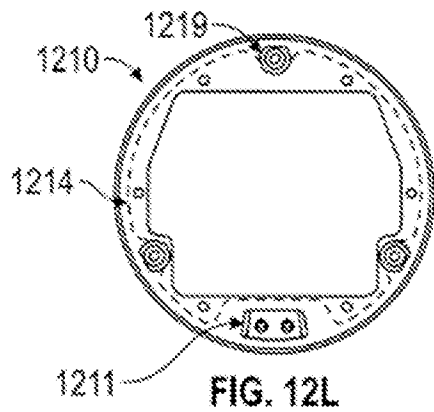


FIG. 12H





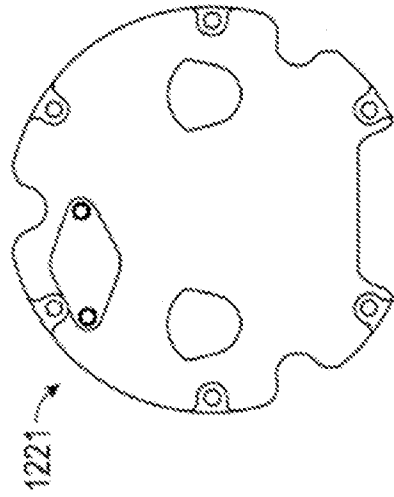


FIG. 12P

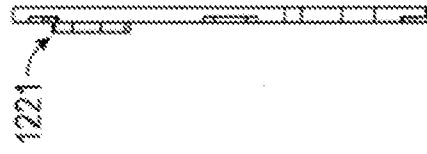


FIG. 12Q

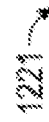
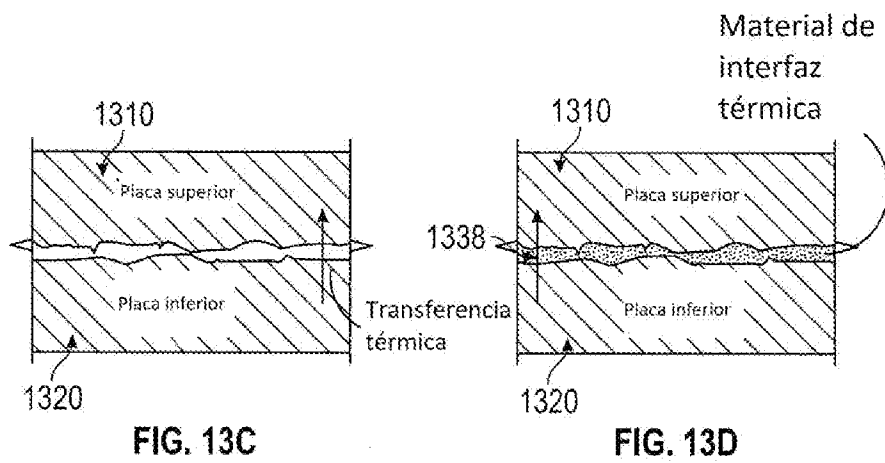
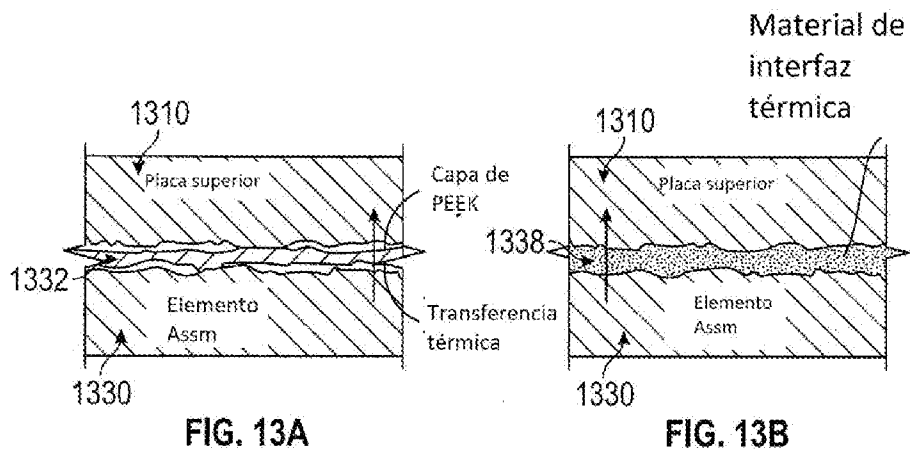


FIG. 12R



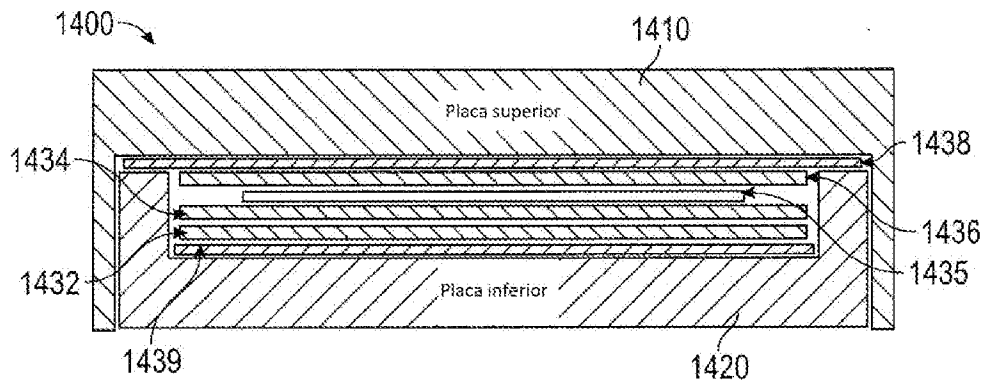


FIG. 14

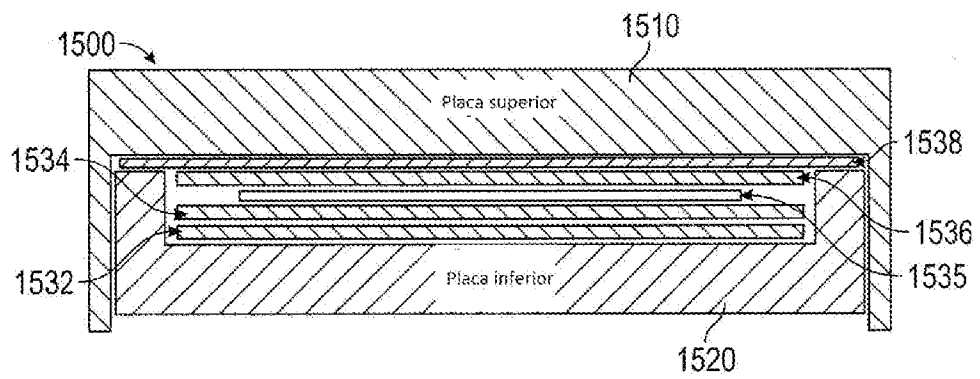


FIG. 15

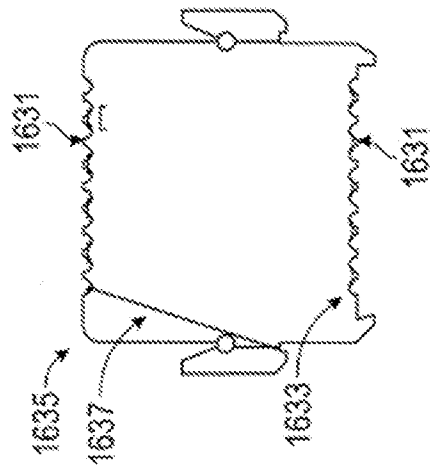


FIG. 16B

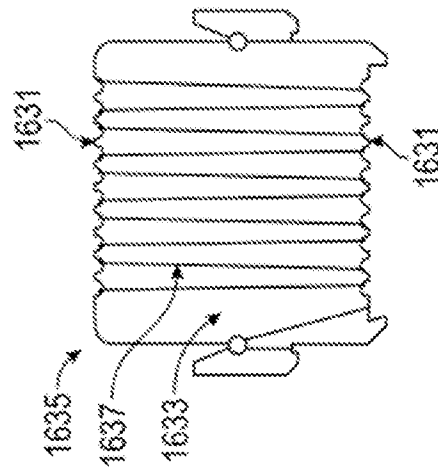


FIG. 16A

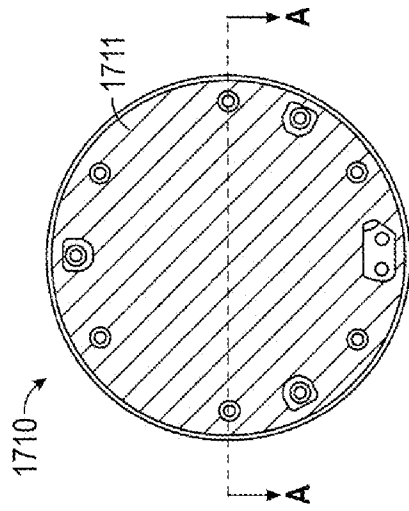


FIG. 17A



FIG. 17B

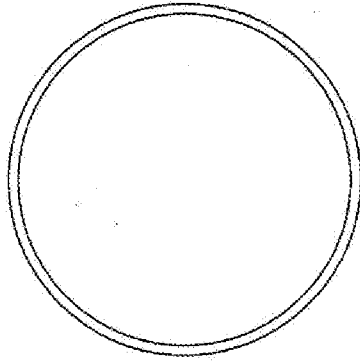


FIG. 17C

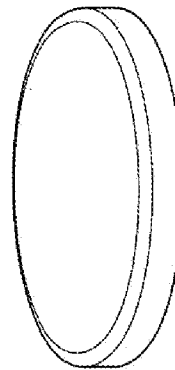


FIG. 17D



SECCIÓN A-A

FIG. 17E

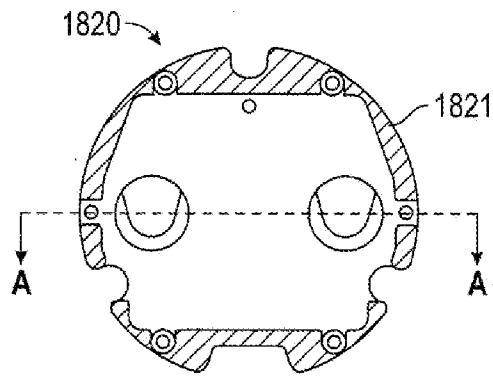


FIG. 18A

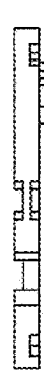


FIG. 18B

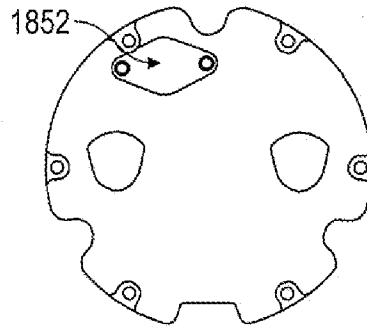


FIG. 18C

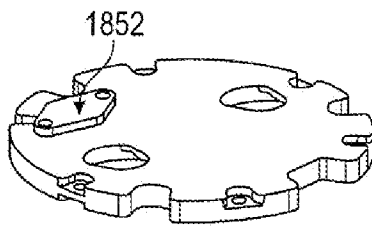


FIG. 18D

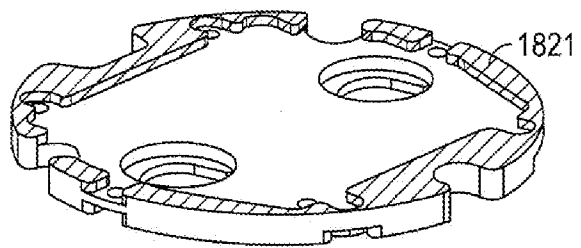


FIG. 18E



SECCIÓN A-A

FIG. 18F

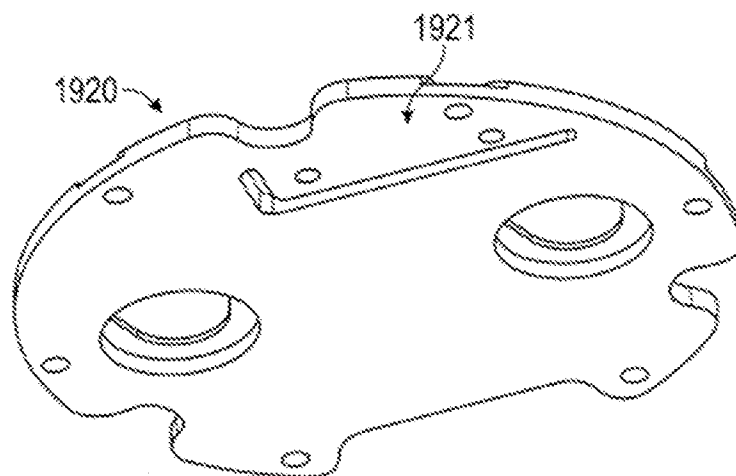


FIG. 19A

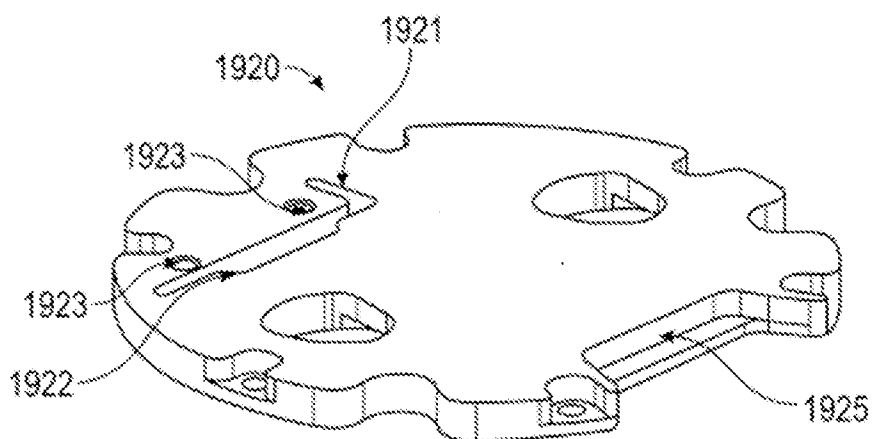


FIG. 19B

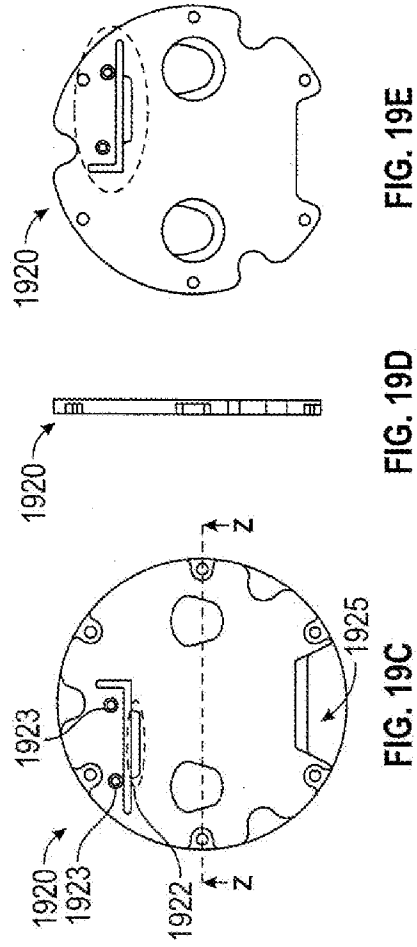


FIG. 19D

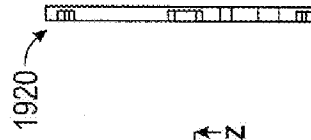
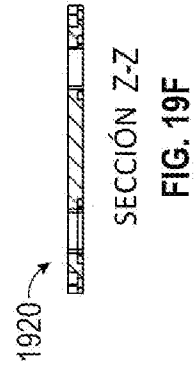
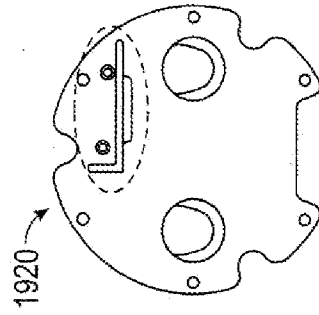


FIG. 19E



SECCIÓN Z-Z

FIG. 19F

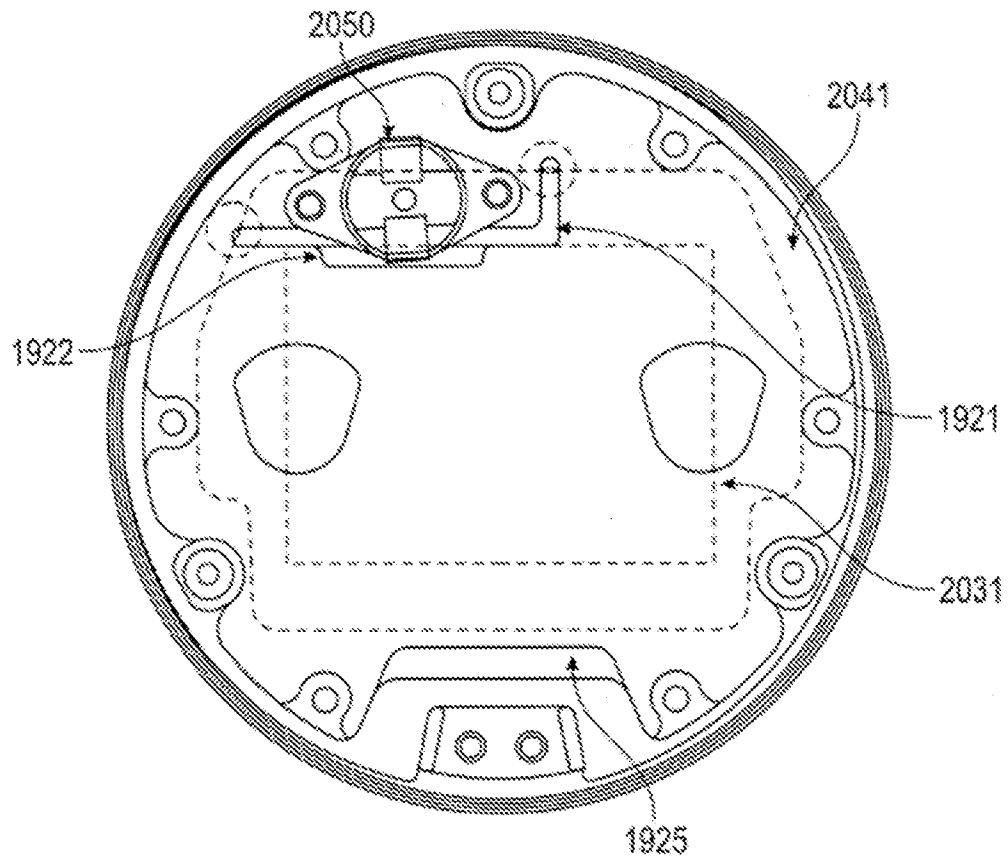


FIG. 20A

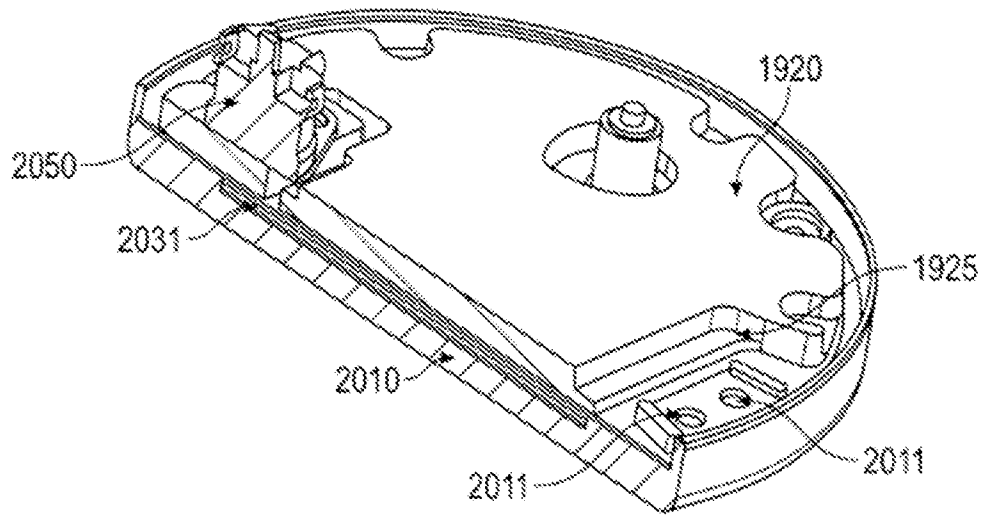


FIG. 20B

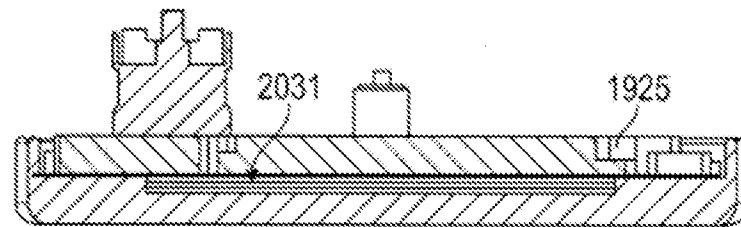


FIG. 20C

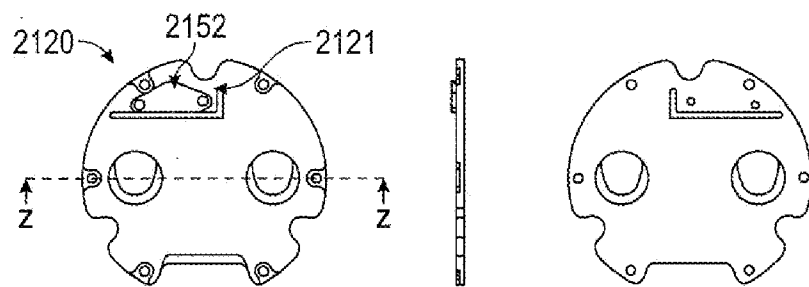
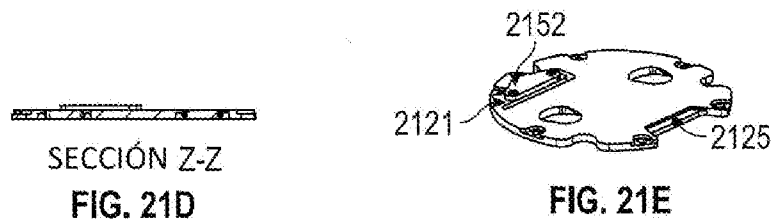


FIG. 21A

FIG. 21B

FIG. 21C



SECCIÓN Z-Z
FIG. 21D

FIG. 21E

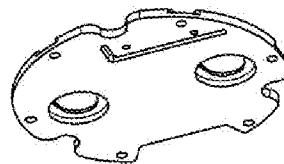


FIG. 21F

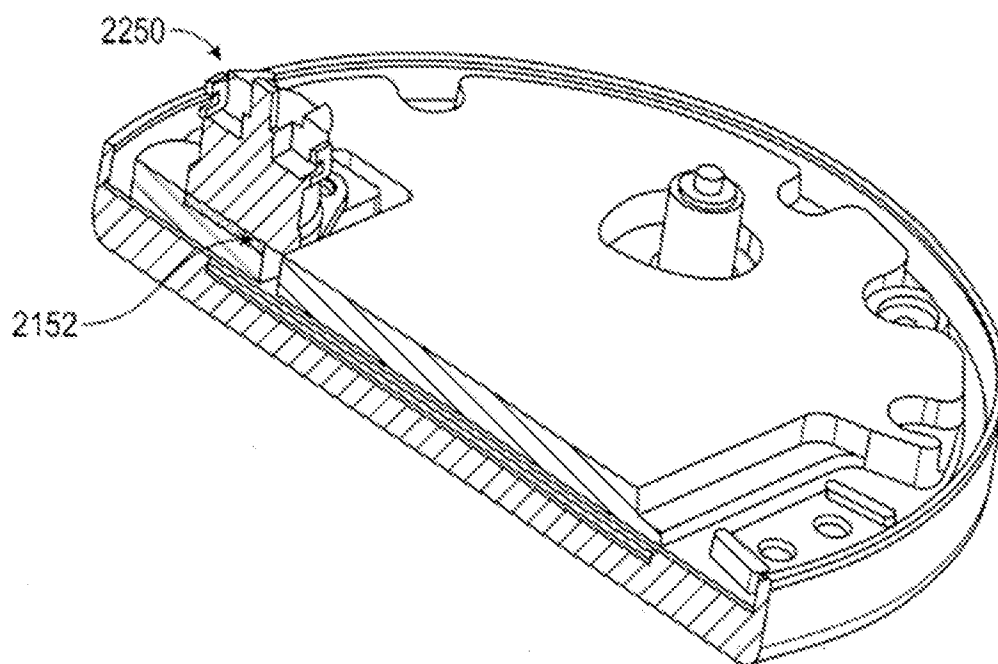


FIG. 22A

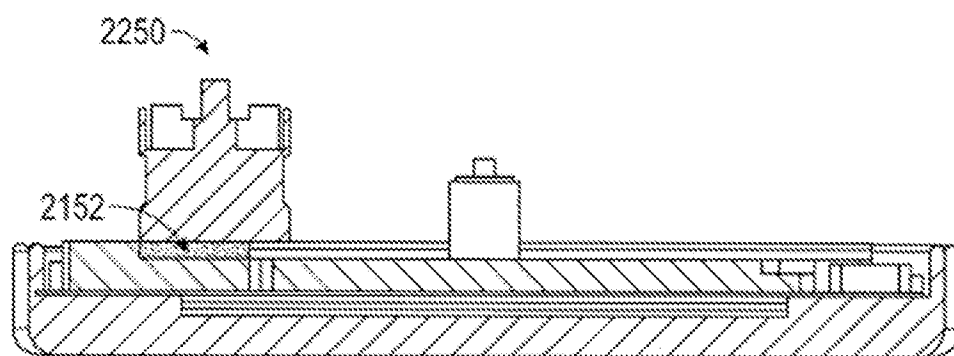


FIG. 22B