

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 989 994**

51 Int. Cl.:

A61M 16/00 (2006.01)

A61M 16/08 (2006.01)

A61G 11/00 (2006.01)

A61M 16/10 (2006.01)

A61M 16/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.11.2013 E 22162764 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.07.2024 EP 4035716**

54 Título: **Calentamiento de zona para circuitos respiratorios**

30 Prioridad:

14.11.2012 US 201261726532 P

14.03.2013 US 201361786141 P

13.09.2013 US 201361877736 P

13.09.2013 US 201361877784 P

13.09.2013 US 201361877622 P

13.09.2013 US 201361877566 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
28.11.2024

73 Titular/es:

FISHER & PAYKEL HEALTHCARE LIMITED
(100.0%)

15 Maurice Paykel Place, East Tamaki
Auckland 2013, NZ

72 Inventor/es:

TONKIN, PAUL JAMES;
BUSWELL, MATTHEW LIAM;
CUDDY, HELEN;
EDWARDS, THOMAS JAMES;
MILLAR, GAVIN WALSH;
OOSTHUYSEN, HELGARD;
VAN SCHALKWYK, ANDRE;
KWAN, IAN LEE WAI;
SI, PING;
ALNASHI, SINAA;
ORCHARD, KIERAN MICHAEL;
AL-TIAY, IBRAHIM;
STOKS, ELMO BENSON;
NORTH, CHARLES CHRISTOPHER y
WILSON, MATTHEW ROBERT

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 989 994 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

Calentamiento de zona para circuitos respiratorios

Antecedentes

Campo

- 5 La presente descripción se refiere, en general, a sistemas de humidificación para proveer gases humidificados a los usuarios y, más particularmente, a gases de calentamiento en circuitos respiratorios usados con sistemas de humidificación.

Descripción de la técnica relacionada

- 10 Muchos sistemas de humidificación de gas suministran gases calentados y humidificados para diversos procedimientos médicos, incluidos tratamiento respiratorio, laparoscopia, y similares. Estos sistemas pueden configurarse para controlar la temperatura, la humedad y los caudales usando la retroalimentación de los sensores. Para mantener propiedades deseables tras la administración a un usuario, un circuito de respiración puede tener calentadores asociados a conductos de gas donde los calentadores proveen calor al gas a medida que este fluye hacia y/o desde el usuario. Los calentadores de conducto pueden controlarse para proveer calor al gas de modo que
- 15 el gas llegue al usuario con propiedades deseables como, por ejemplo, temperatura y/o humedad. Un sistema de humidificación puede incluir un sensor de temperatura para proveer retroalimentación a un controlador de humidificación que puede ajustar y/o modificar la potencia suministrada a los calentadores de conducto para lograr una temperatura objetivo en una ubicación a lo largo de un conducto asociado.

El documento de patente US2009/110379A1 se reconoce de este modo.

20 Compendio

La invención se define por las reivindicaciones anexas.

Los sistemas, métodos y dispositivos descritos en la presente memoria tienen aspectos innovadores, ninguno de los cuales es indispensable o únicamente responsable de sus atributos deseables. Sin limitar el alcance de las reivindicaciones, se resumirán ahora algunas de las características ventajosas.

- 25 Algunas realizaciones proveen una rama inspiratoria para un circuito de respiración. La rama inspiratoria descrita en la presente memoria es particularmente útil en situaciones donde los gases calentados y humidificados deben pasar a través de dos entornos distintos. Esto puede ser un problema, por ejemplo, en incubadoras infantiles donde la temperatura es significativamente mayor que el entorno circundante o donde una porción del conducto que suministra los gases al paciente está bajo una manta. Las realizaciones descritas en la presente memoria, sin embargo, pueden
- 30 usarse en cualquier entorno donde se suministre gas calentado y/o humidificado a un paciente y no se limitan a usos donde la rama inspiratoria pasa a través de dos entornos distintos.

- La rama inspiratoria puede incluir un primer segmento de la rama inspiratoria que comprende una primera estructura que forma un conducto, el conducto configurado para transportar un gas humidificado, y en donde el primer segmento de la rama inspiratoria incluye un primer circuito de alambre de calentador. La rama inspiratoria puede incluir un
- 35 segundo segmento de la rama inspiratoria que comprende una segunda estructura que forma un conducto configurado para transportar el gas humidificado, en donde la segunda estructura está configurada para acoplarse mecánicamente a la primera estructura del primer segmento para formar un conducto extendido para el gas humidificado y en donde el segundo segmento de la rama inspiratoria incluye un segundo circuito de alambre de calentador. La rama inspiratoria puede incluir un conector intermedio que incluye un circuito de conexión que acopla eléctricamente el primer circuito
- 40 de alambre de calentador al segundo circuito de alambre de calentador, en donde el conector intermedio puede acoplarse a un extremo de paciente del primer segmento de la rama inspiratoria y un extremo de cámara del segundo segmento de la rama inspiratoria para formar un único conducto para los gases humidificados. El conector intermedio puede estar cubierto por una porción del primer segmento de la rama inspiratoria, una porción del segundo segmento de la rama inspiratoria, o una porción de ambos segmentos primero y segundo de la rama inspiratoria de manera que
- 45 el conector intermedio sea interno a la rama inspiratoria.

- La rama inspiratoria puede configurarse para funcionar en dos modos de calentamiento. En un primer modo de calentamiento, la energía eléctrica pasa a través del conector intermedio para proveer energía al primer circuito de alambre de calentador sin proveer energía al segundo circuito de alambre de calentador. En un segundo modo de calentamiento, la energía eléctrica pasa a través del conector intermedio para proveer energía tanto al primer circuito
- 50 de alambre de calentador como al segundo circuito de alambre de calentador. Por ejemplo, el conector intermedio puede incluir componentes eléctricos configurados para dirigir energía eléctrica a lo largo de diferentes trayectorias basándose al menos en parte en una dirección de flujo de corriente y/o una polaridad de tensión. El conector intermedio puede incluir pistas conductoras que pueden proveer un cortocircuito (p. ej., una conexión eléctrica directa sin componentes eléctricos intermedios) entre uno o más alambres en el primer circuito de alambre de calentador y uno
- 55 o más alambres en el segundo circuito de alambre de calentador. El conector intermedio puede incluir pistas

conductoras que acoplan eléctricamente uno o más alambres en el primer circuito de alambre de calentador a uno o más alambres en el segundo circuito de alambre de calentador, donde las pistas conductoras incluyen componentes eléctricos como, por ejemplo, y sin limitación, diodos, transistores, condensadores, resistencias, puertas lógicas, circuitos integrados o similares. En ciertas realizaciones, el conector intermedio incluye un diodo acoplado eléctricamente tanto al primer circuito de alambre de calentador como al segundo circuito de alambre de calentador. En ciertas realizaciones, la rama inspiratoria puede comprender además un primer circuito de sensor que tiene un primer sensor colocado en el conector intermedio. En ciertas realizaciones, la rama inspiratoria comprende además un segundo circuito de sensor que tiene un segundo sensor posicionado en un conector del extremo de paciente, estando posicionado el conector del extremo de paciente en un extremo de paciente del segundo segmento de la rama inspiratoria. La rama inspiratoria puede configurarse para funcionar en dos modos de detección. En un primer modo de detección, las señales del primer sensor se reciben sin recibir señales del segundo sensor. En un segundo modo de detección, las señales del segundo sensor se reciben sin recibir señales del primer sensor. En algunas realizaciones, la detección incluye recibir señales de los sensores primero y segundo en paralelo. En tales realizaciones, un algoritmo puede determinar un parámetro medido por el primer sensor basándose, al menos en parte, en las señales recibidas en paralelo del primer y segundo sensores. En ciertas realizaciones, el conector intermedio incluye un diodo acoplado eléctricamente tanto al primer circuito de sensor como al segundo circuito de sensor. El conector del extremo de paciente puede configurarse para proveer conexiones eléctricas para el segundo circuito de sensor. De manera similar, el conector del extremo de paciente puede configurarse para proveer conexiones eléctricas para el segundo circuito de alambre de calentador. Los sensores pueden ser sensores de temperatura, sensores de humedad, sensores de flujo o similares. El primer y segundo sensores pueden ser sensores configurados para medir uno o más parámetros como, por ejemplo, temperatura, humedad, caudal, porcentaje de oxígeno o similares. En algunas realizaciones, el primer y segundo sensores están configurados para medir al menos un parámetro similar (p. ej., temperatura, humedad, caudal, etc.). En algunas realizaciones, se pueden incluir más de dos sensores y se pueden colocar en el conector intermedio y/o en el conector del extremo de paciente.

Algunas realizaciones proveen un sistema de humidificación respiratoria con una rama inspiratoria y un controlador. La rama inspiratoria puede incluir un primer segmento que tiene un primer circuito de alambre de calentador, un segundo segmento que tiene un segundo circuito de alambre de calentador, un conector intermedio que tiene un circuito de conector configurado para acoplar eléctricamente el primer circuito de alambre de calentador al segundo circuito de alambre de calentador, un primer sensor colocado en un extremo de paciente del primer segmento y un segundo sensor colocado en un extremo de paciente del segundo segmento. El controlador puede estar adaptado para conmutar selectivamente entre un primer modo y un segundo modo, en donde en el primer modo el controlador provee energía eléctrica al primer circuito de alambre de calentador a través del circuito de conector y en un segundo modo el controlador provee energía eléctrica al primer y segundo circuitos de alambre de calentador. En ciertas realizaciones, el sistema de humidificación respiratoria conmuta entre modos basándose al menos en parte en la entrada de uno o ambos sensores. En ciertas realizaciones, la conmutación se realiza basándose, al menos en parte, en parámetros que incluyen uno o más de temperatura, flujo, humedad, potencia o cualquier combinación de estos. Los parámetros pueden derivarse u obtenerse directamente del primer sensor, el segundo sensor o una combinación de ambos sensores. En ciertas realizaciones, el primer y segundo modos se definen por una dirección de flujo de corriente o una polaridad de tensión provista por una fuente de alimentación. En algunas realizaciones, el sistema de humidificación respiratoria puede incluir más de dos sensores que proveen una entrada usada para controlar el calentamiento de la rama inspiratoria.

Algunas realizaciones proveen un circuito de doble rama que puede incluir una rama inspiratoria. Tal rama inspiratoria puede incluir un primer segmento que tiene un primer circuito de alambre de calentador, un segundo segmento de la rama inspiratoria que tiene un segundo circuito de alambre de calentador, un conector intermedio que tiene un circuito de conector configurado para acoplar eléctricamente el primer circuito de alambre de calentador al segundo circuito de alambre de calentador, un primer sensor colocado en un extremo de paciente del primer segmento y un segundo sensor colocado en un extremo de paciente del segundo segmento. El circuito de rama doble también puede incluir una rama espiratoria con un circuito de alambre de calentador espiratorio. El sistema de doble rama puede incluir además una interfaz conectada a la rama inspiratoria y a la rama espiratoria. El sistema de doble rama puede incluir además un controlador adaptado para conmutar selectivamente entre un primer modo y un segundo modo en donde en el primer modo el controlador provee energía eléctrica al primer circuito de alambre de calentador a través del circuito de conector y en un segundo modo el controlador provee energía eléctrica al primer y segundo circuitos de alambre de calentador. En ciertas realizaciones, el calentamiento de la rama espiratoria se lleva a cabo usando el circuito de alambre de calentador espiratorio independiente del calentamiento de la rama inspiratoria usando el primer y segundo circuitos de alambre de calentador. En ciertas realizaciones, la rama espiratoria se alimenta en paralelo con el primer circuito de alambre de calentador en el primer segmento de la rama inspiratoria y/o en paralelo con el primer y segundo circuitos de alambre de calentador. En ciertas realizaciones, la rama espiratoria puede estar diseñada para ser alimentada solo en el primer modo, solo en el segundo modo, o tanto en el primer modo como en el segundo modo. En ciertas realizaciones, la interfaz está conectada a través de una pieza en estrella. Se puede incorporar cualquier interfaz de paciente adecuada. La interfaz de paciente es un término amplio y se le debe dar su significado ordinario y habitual para una persona con experiencia ordinaria en la técnica (es decir, no se debe limitar a un significado especial o personalizado) e incluye, sin limitación, máscaras (como, por ejemplo, máscara traqueal, máscaras faciales y máscaras nasales), cánulas y almohadillas nasales.

En algunas realizaciones, se provee una rama inspiratoria segmentada, en donde la estructura de los segmentos comprende un tubo alargado. Los tubos alargados pueden incluir un primer miembro alargado que comprende un cuerpo hueco enrollado en espiral para formar al menos en parte un conducto que tiene un eje longitudinal, un lumen que se extiende a lo largo del eje longitudinal, y una pared hueca que rodea el lumen. Los tubos alargados pueden incluir un segundo miembro alargado enrollado en espiral y unido entre vueltas adyacentes del primer miembro alargado, formando el segundo miembro alargado al menos una porción del lumen del tubo alargado. En ciertas implementaciones, el primer miembro alargado forma en sección transversal longitudinal múltiples burbujas con una superficie aplanada en el lumen. En ciertas implementaciones, las burbujas adyacentes están separadas por un espacio por encima del segundo miembro alargado. En ciertas implementaciones, las burbujas adyacentes no están directamente conectadas entre sí. En ciertas implementaciones, las múltiples burbujas tienen perforaciones.

Breve descripción de los dibujos

A lo largo de los dibujos, los números de referencia pueden reutilizarse para indicar la correspondencia general entre elementos de referencia. Los dibujos se proveen para ilustrar realizaciones a modo de ejemplo descritas en la presente memoria y no pretenden limitar el alcance de la descripción.

La Figura 1 ilustra un sistema de humidificación respiratoria a modo de ejemplo para suministrar gas humidificado a un usuario, teniendo el sistema de humidificación respiratoria un circuito de respiración que incluye una rama inspiratoria segmentada con sensores en cada segmento.

La Figura 2 ilustra una rama inspiratoria segmentada para su uso con un sistema de humidificación, teniendo la rama inspiratoria segmentada un conector intermedio configurado para acoplar alambres de calentadores y sensores en los dos segmentos.

Las Figuras 3A y 3B ilustran diagramas de circuito a modo de ejemplo que incluyen una fuente de alimentación rectificada activa para proveer energía a los alambres de calentadores en una rama inspiratoria segmentada de un circuito de respiración, en donde el circuito está configurado para alimentar los alambres de calentadores en un primer segmento de la rama inspiratoria en un primer modo y para alimentar los alambres de calentadores en ambos segmentos en un segundo modo.

Las Figuras 4A-4D ilustran sistemas de humidificación a modo de ejemplo que tienen una rama inspiratoria y una rama espiratoria, en donde los sistemas de humidificación están configurados para controlar los alambres de calentadores en ambas ramas.

La Figura 5 ilustra un diagrama de bloques de un sistema a modo de ejemplo configurado para detectar la presencia de una extensión de una rama inspiratoria y para proveer energía a los alambres de calentadores en la rama inspiratoria, la extensión de la rama inspiratoria y una rama espiratoria.

Las Figuras 6A y 6B ilustran diagramas de circuito a modo de ejemplo en un sistema de humidificación, en donde los circuitos están configurados para leer datos de dos sensores.

La Figura 7 ilustra un diagrama de circuito a modo de ejemplo en un sistema de humidificación, en donde el circuito está configurado para leer datos de temperatura usando dos transistores.

Las Figuras 8A y 8B ilustran diagramas a modo de ejemplo de configuraciones de hardware para un circuito de respiración con una rama inspiratoria y una rama espiratoria, teniendo la rama inspiratoria un primer y un segundo segmentos.

La Figura 9 ilustra una realización a modo de ejemplo de un sistema de humidificación que utiliza un microcontrolador en un conector intermedio para medir datos para controlar el calentamiento y para leer valores de sensor en una rama inspiratoria.

La Figura 10 ilustra un diagrama de bloques de un conector intermedio a modo de ejemplo para una rama inspiratoria, en donde el conector intermedio usa un microcontrolador.

La Figura 11 ilustra un diagrama de circuito para un módulo de potencia y convertidor de línea de datos a modo de ejemplo incluido en el conector intermedio ilustrado en la Figura 10.

La Figura 12 ilustra un diagrama de circuito de un circuito optoacoplador doble a modo de ejemplo usado en conjunto con el conector intermedio ilustrado en la Figura 10 para proveer comunicación de datos bidireccional entre un lado de control y un lado de CA en una placa de alimentación.

La Figura 13 ilustra un diagrama de circuito de un sistema de humidificación a modo de ejemplo que incorpora sensores de temperatura digitales para su uso con un circuito de respiración que tiene una rama inspiratoria con al menos dos segmentos.

Las Figuras 14A y 14B ilustran una placa de circuito impreso ("PCB", por sus siglas en inglés) a modo de ejemplo de un conector intermedio.

Las Figuras 14C y 14D ilustran realizaciones a modo de ejemplo de conectores intermedios.

La Figura 15A ilustra una PCB a modo de ejemplo para un conector de extremo de paciente.

Las Figuras 15B-15E ilustran realizaciones a modo de ejemplo de conectores de extremo de paciente.

5 Las Figuras 16A-16E ilustran realizaciones a modo de ejemplo de limitadores de colocación para una rama inspiratoria segmentada.

La Figura 17A muestra una vista en planta lateral de una sección de un tubo compuesto a modo de ejemplo.

La Figura 17B muestra una sección transversal longitudinal de una porción superior de un tubo similar al tubo compuesto a modo de ejemplo de la Figura 17A.

10 La Figura 17C muestra otra sección transversal longitudinal que ilustra un primer miembro alargado en el tubo compuesto.

La Figura 17D muestra otra sección transversal longitudinal de una porción superior de un tubo.

La Figura 17E muestra otra sección transversal longitudinal de una porción superior de un tubo.

La Figura 18A muestra una sección transversal de un segundo miembro alargado en el tubo compuesto.

La Figura 18B muestra otra sección transversal de un segundo miembro alargado.

15 La Figura 18C muestra otro segundo miembro alargado a modo de ejemplo.

La Figura 18D muestra otro segundo miembro alargado a modo de ejemplo.

La Figura 18E muestra otro segundo miembro alargado a modo de ejemplo.

La Figura 18F muestra otro segundo miembro alargado a modo de ejemplo.

La Figura 18G muestra otro segundo miembro alargado a modo de ejemplo.

20 Las Figuras 19A-C muestran ejemplos de formas de primer miembro alargado configuradas para mejorar la eficiencia térmica.

Las Figuras 19D-F muestran ejemplos de disposiciones de filamento configuradas para mejorar la eficiencia térmica.

Las Figuras 20A-C muestran ejemplos de apilamiento de un primer miembro alargado.

Descripción detallada

25 En la presente memoria se describen ciertas realizaciones y ejemplos de ramas inspiratorias segmentadas y calentamiento de múltiples zonas. Las personas con experiencia en la técnica apreciarán que la descripción se extiende más allá de las realizaciones y/o usos descritos específicamente y modificaciones obvias y equivalentes de los mismos. Por lo tanto, se pretende que el alcance de la descripción descrita en la presente memoria no esté limitado por ninguna realización particular descrita en la presente memoria.

30 En la presente memoria se describen sistemas y métodos para proveer calor a una rama inspiratoria segmentada en un circuito de respiración de un sistema de humidificación respiratoria. Se entenderá que aunque gran parte de la descripción en la presente memoria está en el contexto de ramas inspiratorias segmentadas en circuitos de respiración, una o más características de la presente descripción también pueden implementarse en otros escenarios donde es deseable proveer calentamiento diferencial en conductos de suministro de gas segmentados como, por
35 ejemplo, en aplicaciones respiratorias, quirúrgicas u otras aplicaciones.

La descripción hace referencia a alambres de calentador, elementos de calentamiento y/o calentadores en el contexto de proveer calor a un conducto. El alambre de calentador, por ejemplo, es un término amplio y se le debe dar su significado ordinario y habitual para una persona con experiencia ordinaria en la técnica (es decir, no se debe limitar a un significado especial o personalizado) e incluye, sin limitación, tiras calentadoras y/o elementos conductores que
40 producen calor cuando se provee energía eléctrica. Ejemplos de tales elementos de calentamiento incluyen alambres hechos de un metal conductor (p. ej., cobre), polímeros conductores, tintas conductoras impresas en una superficie de un conducto, materiales conductores utilizados para crear una pista en un conducto, y similares. Además, la descripción hace referencia a conductos, ramas y tubos médicos en el contexto del suministro de gas. Tubo, por
45 ejemplo, es un término amplio y se le ha de dar su significado ordinario y habitual para una persona con experiencia ordinaria en la técnica e incluye, sin limitación, pasos que tienen una variedad de secciones transversales como, por ejemplo, pasos cilíndricos y no cilíndricos. Ciertas realizaciones pueden incorporar un tubo compuesto, que puede definirse generalmente como un tubo que comprende dos o más porciones, o, específicamente, en algunas realizaciones, dos o más componentes, como se describe con mayor detalle a continuación. Las ramas segmentadas

que comprenden los tubos médicos descritos también se pueden usar en circuitos de respiración como, por ejemplo, un sistema de presión positiva en las vías respiratorias (PAP, por sus siglas en inglés) continua, variable o de dos niveles u otra forma de terapia respiratoria. Los términos conducto y rama deben interpretarse de una manera que sea similar al tubo.

5 Cuando se usa un tubo de respiración humidificado calentado para una incubadora (o cualquier región donde haya un cambio de temperatura como, por ejemplo, alrededor de calentadores radiantes usados para víctimas de quemaduras, o bajo una manta usada por un paciente), el tubo de respiración pasará a través de al menos dos zonas distintas: una zona de temperatura más baja (como, por ejemplo, el exterior de la incubadora) y una zona de temperatura más alta (como, por ejemplo, el interior de la incubadora). Si el tubo se calienta a lo largo de toda su longitud, una de las zonas
10 tenderá a estar a una temperatura indeseable, inadecuada o no óptima, dependiendo de qué zona se detecte (p. ej., zona que contiene un sensor de temperatura). Si el alambre de calentador se controla para un sensor dentro de la incubadora (como, por ejemplo, para un sensor de temperatura de extremo de paciente), la sección fuera de la incubadora tenderá a estar demasiado fría, lo cual puede conducir a la condensación. Por el contrario, si el alambre de calentador se controla para un sensor fuera de la incubadora, la sección dentro de la incubadora tenderá a estar demasiado caliente, lo cual puede conducir a que se provea gas sobrecalentado al paciente. Por consiguiente, la presente descripción describe sistemas y métodos que proveen control sobre el calor en un tubo de respiración segmentado en donde cada segmento tiene un sensor asociado que provee retroalimentación a un módulo de control. Aunque en la presente memoria se describen varias realizaciones con respecto a dos zonas, dicho sistema también puede extenderse para aplicarse a usos con zonas, segmentos o regiones adicionales. Por ejemplo, en una realización que comprende tres zonas de temperatura, los segmentos del tubo de respiración pueden calentarse basándose al menos en parte en tres sensores de temperatura diferentes en las zonas. Además, las realizaciones descritas en la presente memoria pueden controlar el calor suministrado a un tubo de respiración basándose en un parámetro en el extremo de paciente, evitando o ignorando uno o más de los sensores en puntos intermedios a lo largo del tubo. Además, las realizaciones descritas en la presente memoria pueden controlar el calor suministrado a un tubo de respiración usando parámetros provistos por sensores que incluyen, por ejemplo y sin limitación, sensores de temperatura, sensores de humedad, sensores de flujo, sensores de oxígeno y similares.

Un módulo de control puede monitorizar y controlar las temperaturas de calentamiento en múltiples zonas o secciones. El módulo de control puede configurarse para proveer calor a una primera sección del tubo de respiración en un primer modo y a todo el tubo de respiración en un segundo modo usando realizaciones de conjuntos de conector descritos
30 en la presente memoria. Las realizaciones descritas en la presente memoria pueden usarse sin cables aéreos, conectores expuestos y/o conexiones eléctricas del extremo de paciente. Los cables aéreos como se usan en la presente memoria incluyen conexiones eléctricas que se extienden externamente a los tubos de respiración, internamente a través de los tubos de respiración, e incorporados, moldeados o formados o incluidos de otro modo como parte de los tubos de respiración. El módulo de control puede estar situado dentro del humidificador o externamente al mismo. En algunas realizaciones, el controlador está ubicado dentro del humidificador para controlar los alambres de calentador asociados a un primer segmento de una rama inspiratoria, un segundo segmento de una rama inspiratoria y una rama espiratoria, así como leer parámetros de sensores asociados al primer y segundo segmentos de la rama inspiratoria y/o la rama espiratoria.

El módulo de control también puede cambiar adaptativamente la temperatura para los segmentos. Por ejemplo, el
40 módulo de control puede monitorizar sensores de temperatura asociados a uno o más segmentos. La monitorización puede ser continua, basándose en intervalos, u otros esquemas como, por ejemplo, la monitorización basada en interrupciones o eventos. Por ejemplo, la monitorización de sensores de temperatura puede basarse en la lectura de valores de un convertidor analógico a digital, la determinación de una tensión o corriente, la detección de una condición lógica, la lectura de dispositivos termostáticos, la medición de valores de termistor, la medición de detectores de temperatura de resistencia, la medición de la tensión de un termopar u otros métodos para detectar temperatura, incluidos, pero sin limitarse a, el uso de sensor de unión de semiconductor, sensores de radiación infrarroja o térmica, termómetros, indicadores o similares. En algunas realizaciones, los sensores de temperatura son termistores.

En algunas realizaciones, la relación de la potencia suministrada al primer segmento de la rama inspiratoria y al segundo segmento de la rama inspiratoria puede cambiar durante el uso basándose, al menos en parte, en la retroalimentación de los sensores asociados a cada segmento. Por ejemplo, la relación de potencia puede cambiarse de manera que cada segmento se caliente hasta una temperatura para reducir o eliminar la condensación. Como ejemplo adicional, la relación de potencia puede cambiarse de modo que no se provea gas sobrecalentado al paciente. En algunas realizaciones, la relación de potencia puede cambiarse continuamente basándose en la retroalimentación de los sensores (p. ej., sensores de temperatura, sensores de humedad, sensores de oxígeno, sensores de flujo, etc.).
55 La relación de potencia puede cambiarse de diferentes maneras. Por ejemplo, la relación de potencia puede cambiarse alterando la amplitud de una señal de potencia (incluidas, sin limitación, la tensión y/o corriente), la duración de la señal de potencia, el ciclo de trabajo de la señal de potencia u otros cambios adecuados en la señal de potencia. En una realización, la relación de potencia se cambia alterando la magnitud de la corriente provista.

Algunas realizaciones proveen una rama inspiratoria que comprende alambres de calentador que no están dentro de la trayectoria de gas, pero están contenidos dentro de un material que los separa de la trayectoria de gas y que también los aísla de un entorno externo. En algunas realizaciones, el circuito usado para proveer energía a los alambres de calentador en los segmentos y para leer los sensores es interno a la rama inspiratoria de manera que no esté expuesto

al entorno externo. En algunas realizaciones, el alambre de calentador está moldeado en el tubo inspiratorio o espiratorio de manera que los extremos de los alambres de calentador en segmentos complementarios del tubo entran en contacto con un conector intermedio de manera que los alambres de calentador se acoplan eléctricamente al conector intermedio, en donde el conector intermedio puede configurarse para proveer circuitos para el control del alambre de calentador y/o lecturas del sensor. En algunas realizaciones, un ciclo de trabajo de una fuente de alimentación aplicada a un alambre de calentador puede modificarse o variarse para alterar una cantidad de calor suministrado a un gas a medida que fluye a lo largo del segmento asociado.

Algunas realizaciones descritas en la presente memoria proveen un sistema de humidificación respiratoria que está configurado para suministrar gas humidificado caliente a un paciente u otro usuario. El gas se hace pasar a través de una cámara de líquido que está llena de un líquido (p. ej. agua) que se calienta usando una placa calentadora. El líquido se evapora en la cámara y se combina con el gas que fluye sobre ella, calentando y/o humidificando de este modo el gas. El gas humidificado puede dirigirse a una rama inspiratoria que tiene uno o más alambres de calentador asociados a la misma. Los alambres de calentador pueden ser alimentados selectivamente para proveer una cantidad definida, deseada, apropiada o seleccionada de calor al gas humidificado. En algunas realizaciones, el sistema de humidificación respiratoria puede usarse junto con una incubadora o calentador radiante. La rama inspiratoria puede segmentarse de manera que un primer segmento esté fuera de la incubadora y un segundo segmento esté dentro de la incubadora. Además, un primer conjunto de alambres de calentador puede estar asociado al primer segmento y un segundo conjunto de alambres de calentador puede estar asociado al segundo segmento. El sistema de humidificación puede configurarse para proveer energía al primer conjunto de alambres de calentador en un primer modo y al primer conjunto y al segundo conjunto de alambres de calentador en un segundo modo. En algunas realizaciones, el sistema de humidificación puede configurarse para proveer energía al primer conjunto de alambres de calentador en un primer modo y al segundo conjunto de alambres de calentador en un segundo modo. La rama inspiratoria puede incluir sensores en el extremo de cada segmento para proveer retroalimentación al sistema de humidificación para su uso en la selección de una potencia para suministrar a los conjuntos de alambres de calentador en los segmentos. En algunas realizaciones, el sistema de humidificación puede incluir una rama espiratoria que tiene alambres de calentadores asociados que también son controlados selectivamente por el sistema de humidificación. En esta solicitud, la rama segmentada se describe con referencia a una rama inspiratoria. Sin embargo, las características descritas también se pueden aplicar a una rama espiratoria.

Sistemas de humidificación respiratoria

La Figura 1 ilustra un sistema 100 de humidificación respiratoria a modo de ejemplo para suministrar gas humidificado a un usuario, teniendo el sistema 100 de humidificación respiratoria un circuito 200 de respiración que incluye una rama 202 inspiratoria segmentada con sensores 204a, 204b en cada segmento. La rama 202 inspiratoria segmentada puede usarse junto con una incubadora 208, como se ilustra, o con otro sistema donde hay diferentes temperaturas a lo largo de diferentes segmentos de la rama 202 inspiratoria como, por ejemplo, junto con un calentador radiante. La rama 202 inspiratoria segmentada puede usarse para proveer diferentes niveles de calor a diferentes segmentos de la rama 202a, 202b inspiratoria para reducir o prevenir la condensación y/o para controlar una temperatura del gas suministrado a un usuario.

El sistema 100 de humidificación respiratoria ilustrado comprende una fuente 102 de gas presurizado. En algunas implementaciones, la fuente 102 de gas presurizado comprende un ventilador, soplador o similar. En algunas implementaciones, la fuente 102 de gas presurizado comprende un ventilador u otro dispositivo generador de presión positiva. La fuente 102 de gas presurizado comprende una entrada 104 y una salida 106.

La fuente 102 de gas presurizado provee un flujo de fluido (p. ej., oxígeno, gases anestésicos, aire o similares) a una unidad 108 de humidificación. El flujo de fluido pasa de la salida 106 de la fuente 102 de gas presurizado a una entrada 110 de la unidad 108 de humidificación. En la configuración ilustrada, la unidad 108 de humidificación se muestra separada de la fuente 102 de gas presurizado con la entrada 110 de la unidad 108 de humidificación conectada a la salida 106 de la fuente 102 de gas presurizado con un conducto 112. En algunas implementaciones, la fuente 102 de gas presurizado y la unidad 108 de humidificación pueden integrarse en una única carcasa.

Aunque pueden usarse otros tipos de unidades de humidificación con ciertas características, aspectos y ventajas descritos en la presente descripción, la unidad 108 de humidificación ilustrada es un humidificador de paso superficial que comprende una cámara 114 de humidificación y una entrada 110 a la cámara 114 de humidificación. En algunas implementaciones, la cámara 114 de humidificación comprende un cuerpo 116 que tiene una base 118 unida al mismo. Se puede definir un compartimento dentro de la cámara 116 de humidificación que está adaptado para contener un volumen de líquido que se puede calentar por calor conducido o provisto a través de la base 118. En algunas implementaciones, la base 118 está adaptada para contactar una placa 120 calentadora. La placa 120 calentadora puede controlarse a través de un controlador 122 u otro componente adecuado de manera que el calor transferido al líquido puede variarse y controlarse.

El controlador 122 de la unidad 108 de humidificación puede controlar el funcionamiento de varios componentes del sistema 100 de humidificación respiratoria. Aunque el sistema ilustrado se ilustra como uno que usa un único controlador 122, se pueden usar múltiples controladores en otras configuraciones. Los múltiples controladores pueden comunicarse o pueden proveer funciones separadas y, por lo tanto, los controladores no necesitan comunicarse. En

algunas implementaciones, el controlador 122 puede comprender un microprocesador, un procesador o circuitos lógicos con memoria o almacenamiento asociado que contiene código de software para un programa informático. En tales implementaciones, el controlador 122 puede controlar el funcionamiento del sistema 100 de humidificación respiratoria según instrucciones como, por ejemplo, las contenidas dentro del programa informático, y también en respuesta a entradas internas o externas. El controlador 122, o al menos uno de los múltiples controladores, puede estar ubicado con el circuito de respiración, ya sea unido al circuito de respiración o integrado como parte del circuito de respiración.

El cuerpo 116 de la cámara 114 de humidificación comprende un puerto 124 que define la entrada 110, y un puerto 126 que define una salida 128 de la cámara 114 de humidificación. A medida que se calienta el líquido contenido dentro de la cámara 114 de humidificación, el vapor líquido se mezcla con los gases introducidos en la cámara 114 de humidificación a través del puerto 124 de entrada. La mezcla de gases y vapor sale de la cámara 114 de humidificación a través del puerto 126 de salida.

El sistema 100 de humidificación respiratoria incluye un circuito 200 de respiración que comprende la rama 202 inspiratoria conectada a la salida 128 que define el puerto 126 de salida de la unidad 108 de humidificación. La rama 202 inspiratoria transporta hacia un usuario la mezcla de gases y vapor de agua que sale de la cámara 114 de humidificación. La rama 202 inspiratoria puede incluir un elemento 206 de calentamiento colocado a lo largo de la rama 202 inspiratoria, en donde el elemento 206 de calentamiento está configurado para reducir la condensación a lo largo de la rama 202 inspiratoria, para controlar una temperatura del gas que llega al usuario, para mantener la humedad del gas, o cualquier combinación de estos. El elemento 206 de calentamiento puede elevar o mantener la temperatura de la mezcla de gases y vapor de agua que se transporta por la rama 202 inspiratoria. En algunas implementaciones, el elemento 206 de calentamiento puede ser un alambre que define un calentador de resistencia. Mediante el aumento o mantenimiento de la temperatura de la mezcla de gases y vapor de agua que sale de la cámara 114 de humidificación, es menos probable que el vapor de agua se condense de la mezcla.

El sistema 100 de humidificación respiratoria puede usarse junto con una incubadora 208. La incubadora 208 puede configurarse para mantener un entorno deseado para un usuario dentro de la incubadora 208 como, por ejemplo, una temperatura seleccionada, definida o deseada. Dentro de la incubadora 208, por lo tanto, una temperatura ambiente interior puede ser diferente de una temperatura fuera de la incubadora 208. Por lo tanto, la incubadora 208 provoca, define, crea o mantiene diferentes zonas de temperatura a lo largo de la rama 202 inspiratoria, donde la temperatura interior es típicamente más caliente que la temperatura exterior. El tener al menos dos zonas de temperatura diferentes a lo largo de la rama 202 inspiratoria puede crear problemas durante el suministro de gas a un usuario como, por ejemplo, la condensación a lo largo de la rama 202 inspiratoria, el suministro de un gas que tiene una temperatura que es demasiado alta, o ambos.

El sistema 100 de humidificación respiratoria puede incluir una rama 210 espiratoria con el elemento 212 de calentamiento asociado. En algunas realizaciones, la rama 210 espiratoria y la rama 202 inspiratoria pueden conectarse usando un accesorio adecuado (p. ej., una pieza en estrella). En algunas realizaciones, el sistema 100 de humidificación respiratoria puede usarse junto con un calentador radiante, bajo una manta, o en otros sistemas o situaciones que crean dos o más zonas de temperatura. Los sistemas y métodos descritos en la presente memoria pueden usarse con tales sistemas y no se limitan a implementaciones que incorporan incubadoras.

La rama 202 inspiratoria puede dividirse en segmentos 202a y 202b, donde un primer segmento 202a puede ser una porción de la rama 202 inspiratoria que está fuera de la incubadora 208 y un segundo segmento 202b (p. ej., una extensión de incubadora), puede ser una porción de la rama 202 inspiratoria que está dentro de la incubadora 208. El primer y segundo segmentos 202a, 202b pueden ser de longitudes diferentes o de la misma longitud. En algunas realizaciones, el segundo segmento 202b puede ser más corto que el primer segmento 202a y, en ciertas implementaciones, el segundo segmento 202b puede ser aproximadamente la mitad de largo que el primer segmento 202a. El primer segmento 202a, por ejemplo, puede tener una longitud que es al menos aproximadamente de 0,5 m y/o menor que o igual a aproximadamente 2 m, al menos aproximadamente de 0,7 m y/o menor que o igual a aproximadamente 1,8 m, al menos aproximadamente de 0,9 m y/o menor que o igual a aproximadamente 1,5 m, o al menos aproximadamente de 1 m y/o menor que o igual a aproximadamente 1,2 m. El segundo segmento 202b, por ejemplo, puede tener una longitud que es al menos aproximadamente de 0,2 m y/o menor que o igual a aproximadamente 1,5 m, al menos aproximadamente de 0,3 m y/o menor que o igual a aproximadamente 1 m, al menos aproximadamente de 0,4 m y/o menor que o igual a aproximadamente 0,8 m, o al menos aproximadamente de 0,5 m y/o menor que o igual a aproximadamente 0,7 m.

Los segmentos de la rama 202a, 202b inspiratoria pueden acoplarse entre sí para formar un único conducto para el suministro de gas. En algunas realizaciones, el primer segmento 202a puede incluir uno o más primeros alambres 206a de calentado y uno o más primeros sensores 204a y puede usarse sin el segundo segmento 202b. El controlador 122 puede configurarse para controlar los primeros alambres 206a de calentador y leer el primer sensor 204a sin que el segundo segmento 202b esté acoplado al primer segmento 202a. Además, cuando el segundo segmento 202b está acoplado al primer segmento 202a, el controlador 122 puede configurarse para controlar el primer y segundo alambres 206a, 206b de calentador y leer el primer y segundo sensores 204a, 204b en sus respectivos segmentos. En algunas realizaciones, el controlador 122 puede configurarse para controlar los respectivos primer y segundo alambres 206a, 206b de calentador y para leer los respectivos primer y segundo sensores 204a, 204b cuando el segundo segmento

202b está unido; y para controlar los primeros alambres 206a de calentador y para leer el primer sensor 204a cuando el segundo segmento 202b no está unido, sin modificación del controlador 122 o de la unidad 108 de humidificación. Por tanto, el mismo controlador 122 y/o unidad 108 de humidificación pueden usarse tanto si la rama 202 inspiratoria incluye tanto el primer como el segundo segmentos 202a, 202b o solo el primer segmento 202a. En algunas realizaciones, el controlador 122 puede estar configurado además para controlar los alambres 212 de calentador en la rama 210 espiratoria sin modificación del controlador 122 o de la unidad 108 de humidificación. Por consiguiente, el sistema 100 de humidificación respiratoria puede funcionar con o sin el segundo segmento 202b unido y/o con o sin la rama 210 espiratoria unida.

En algunas realizaciones, el primer y segundo segmentos 202a, 202b están unidos permanentemente entre sí para formar un único conducto para el suministro de gas. Como se usa aquí, unido permanentemente puede significar que los segmentos 202a, 202b se unen entre sí de una manera que hace difícil separar los segmentos como, por ejemplo, mediante el uso de adhesivos, ajustes por fricción, sobremoldeo, conectores mecánicos y similares. En algunas realizaciones, el primer y segundo segmentos 202a, 202b están configurados para acoplarse de manera liberable. Por ejemplo, el primer segmento 202a puede usarse para el suministro de gas sin el segundo segmento 202b, o el primer y segundo segmentos 202a, 202b pueden acoplarse entre sí para formar un único conducto para el suministro de gas. En algunas realizaciones, el primer y segundo segmentos 202a, 202b pueden configurarse de manera que puedan acoplarse entre sí en una sola configuración. Por ejemplo, el primer segmento 202a puede tener un extremo de cámara definido (p. ej., un extremo más cercano a la cámara 114 o unidad 108 de humidificación a lo largo de una dirección del flujo del gas humidificado al paciente) y un extremo de paciente definido (p. ej., un extremo más cercano al paciente a lo largo de una dirección del flujo del gas humidificado al paciente) en donde el extremo de cámara está configurado para acoplarse a componentes en la cámara 114 y/o la unidad 108 de humidificación. El segundo segmento 202b puede tener un extremo de cámara definido y un extremo de paciente definido en donde el extremo de cámara está configurado para acoplarse solo al extremo de paciente del primer segmento 202a. El extremo de cámara del primer segmento 202a puede configurarse para no acoplarse a ningún extremo del segundo segmento 202b. De manera similar, el extremo de paciente del primer segmento 202a puede configurarse para no acoplarse al extremo de paciente del segundo segmento 202b. De manera similar, el extremo de paciente del segundo segmento 202b puede configurarse para no acoplarse a ningún extremo del primer segmento 202a. Por consiguiente, el primer y segundo segmentos 202a, 202b pueden configurarse para acoplarse de una sola manera para formar un único conducto para el suministro de gas. En algunas realizaciones, el primer y segundo segmentos 202a, 202b pueden configurarse para acoplarse en una variedad de configuraciones. Por ejemplo, el primer y segundo segmentos 202a, 202b pueden configurarse para no incluir un extremo de paciente definido y/o un extremo de cámara definido. Como otro ejemplo, el primer y segundo segmentos 202a, 202b pueden configurarse de manera que el extremo de paciente y/o el extremo de la cámara del primer segmento 202a puedan acoplarse al extremo de la cámara o al extremo de paciente del segundo segmento 202b. De manera similar, el primer y segundo segmentos 202a, 202b pueden configurarse de manera que el extremo de cámara y/o el extremo de paciente del segundo segmento 202a puedan acoplarse al extremo de cámara o al extremo de paciente del segundo segmento 202b.

El sistema 100 de humidificación respiratoria puede incluir un conector 214 intermedio que puede configurarse para acoplar eléctricamente elementos del primer y segundo segmentos 202a, 202b de la rama 202 inspiratoria. El conector 214 intermedio puede configurarse para acoplar eléctricamente los alambres 206a de calentador en el primer segmento 202a a los alambres 206b de calentador en el segundo segmento 202b para permitir el control de los alambres 206a, 206b de calentador usando el controlador 122. El conector 214 intermedio puede configurarse para acoplar eléctricamente el segundo sensor 204b en el segundo segmento 202b al primer sensor 204a en el primer segmento para permitir que el controlador 122 adquiera sus salidas respectivas. El conector 214 intermedio puede incluir componentes eléctricos que permiten el control selectivo de los alambres 206a, 206b de calentador y/o la lectura selectiva de los sensores 204a, 204b. Por ejemplo, el conector 214 intermedio puede incluir componentes eléctricos que dirigen la energía a través de los primeros alambres 206a de calentador en un primer modo y a través de los primeros y segundos alambres 206a, 206b de calentador en un segundo modo. Los componentes eléctricos incluidos en el conector 214 intermedio pueden incluir, por ejemplo y sin limitación, resistencias, diodos, transistores, relés, rectificadores, conmutadores, condensadores, inductores, circuitos integrados, microcontroladores, microprocesadores, chips RFID, sensores de comunicación inalámbrica y similares. En algunas realizaciones, el conector 214 intermedio puede configurarse para ser interno a la rama 202 inspiratoria de manera que esté sustancialmente protegido de elementos externos (p. ej., menos del 1 % del agua, partículas, contaminantes, etc., de un entorno externo a la rama 202 inspiratoria entra en contacto con el conector 214 intermedio). En algunas realizaciones, algunos de los componentes eléctricos en el conector 214 intermedio pueden configurarse para aislarse físicamente del gas humidificado dentro de la rama 202 inspiratoria para reducir o evitar daños que pueden resultar de la exposición a la humedad. En algunas realizaciones, el conector 214 intermedio puede incluir componentes eléctricos pasivos relativamente económicos para reducir el coste y/o aumentar la fiabilidad.

La rama 202 inspiratoria puede incluir sensores 204a, 204b en segmentos respectivos de la rama 202a, 202b inspiratoria. El primer sensor 204a puede colocarse cerca de un extremo del primer segmento 202a, cerca de la incubadora 208 de modo que el parámetro derivado del primer sensor 204a corresponda a un parámetro del gas humidificado que entra en el segundo segmento 202b. El segundo sensor 204b puede colocarse cerca de un extremo del segundo segmento 202b de modo que el parámetro derivado del segundo sensor 204b corresponda a un parámetro del gas humidificado suministrado al paciente o usuario. La salida de los sensores 204a, 204b puede enviarse al

controlador 122 como retroalimentación para su uso en el control de la potencia suministrada a los elementos 206a, 206b de calentamiento de los segmentos de la rama 202a, 202b inspiratoria. En algunas realizaciones, uno o ambos sensores 204a, 204b pueden ser sensores de temperatura, sensores de humedad, sensores de oxígeno, sensores de flujo o similares. Un sensor de temperatura puede ser cualquier tipo adecuado de sensor de temperatura incluidos, por ejemplo y sin limitación, un termistor, termopar, sensor de temperatura digital, transistor y similares. Los parámetros provistos por o derivados de los sensores pueden incluir, por ejemplo y sin limitación, temperatura, humedad, contenido de oxígeno, caudal o cualquier combinación de estos o similares.

El controlador 122 puede configurarse para controlar los alambres 206a y 206b de calentador, para recibir retroalimentación de los sensores 204a y 204b, para proveer lógica para controlar la energía a los alambres 206a y 206b de calentador, para ajustar el control de los alambres 206a y 206b de calentador en respuesta a lecturas de los sensores 204a y 204b, para detectar la presencia de un segundo segmento 202b de la rama 202 inspiratoria, para derivar parámetros de las lecturas de los sensores 204a y 204b, y similares. En algunas realizaciones, el controlador 122 incluye una fuente de alimentación configurada para suministrar energía eléctrica a los alambres de calentador. La fuente de alimentación puede ser una fuente de corriente alterna o corriente continua. En algunas realizaciones, el controlador 122 puede recibir una entrada de un sensor 130 de placa calentadora. El sensor 130 de placa calentadora puede proveer al controlador 122 información con respecto a un uso de temperatura y/o potencia de la placa 120 calentadora. En algunas realizaciones, el controlador 122 puede recibir una entrada de un sensor 132 de flujo. Puede usarse cualquier sensor 132 de flujo adecuado y el sensor 132 de flujo puede colocarse entre el aire ambiente y la cámara 114 de humidificación o entre la fuente 102 de gas presurizado y la cámara 114 de humidificación. En el sistema ilustrado, el sensor 132 de flujo está colocado en el puerto 124 de entrada de la cámara 114 de humidificación.

Ramas inspiratorias segmentadas

La Figura 2 ilustra una porción de una rama 202 inspiratoria segmentada para su uso con un sistema 100 de humidificación respiratoria, comprendiendo la rama 202 inspiratoria segmentada un primer segmento 202a y un segundo segmento 202b y teniendo un conector 214 intermedio configurado para acoplar los primeros alambres 206a de calentador a los segundos alambres 206b de calentador y un primer sensor 204a a un segundo sensor 204b en los respectivos segmentos 202a y 202b. El acoplamiento de los dos segmentos 202a y 202b puede comprender acoplar mecánicamente los segmentos para formar un único conducto a través del cual se pueden suministrar gases humidificados a un usuario en donde acoplar mecánicamente los segmentos 202a y 202b puede dar como resultado acoplar eléctricamente los respectivos alambres 206a, 206b de calentador y los respectivos sensores 204a, 204b a través del conector 214 intermedio.

La rama 202 inspiratoria segmentada puede comprender una estructura 216 que forma un lumen a través del cual pueden pasar gases humidificados. La estructura 216 puede incluir trayectorias formadas dentro de las paredes de la estructura 216 configuradas para alojar los alambres 206a o 206b de calentador de manera que los alambres 206a o 206b de calentador estén protegidos de los gases humidificados que viajan a través del lumen y/o están cubiertas por una superficie externa de la estructura 216 de manera que no estén expuestas. Por ejemplo, la estructura 216 puede ser un tubo de burbujas en espiral en donde las trayectorias de los alambres de calentador son bobinas moldeadas en el tubo. La estructura 216 puede comprender cualquier tipo de material adecuado y puede incluir material aislante y/o material flexible. En algunas realizaciones, la estructura 216 y el conector 214 intermedio pueden configurarse de manera que, cuando el primer y segundo segmentos 202a y 202b están acoplados mecánicamente, los alambres 206a y 206b de calentador se enrollan sobre el conector 214 intermedio de manera que se acoplan eléctricamente al conector 214 intermedio. En algunas realizaciones, el primer segmento 202a y/o el conector 214 intermedio pueden excluir cualquier conductor aéreo para conectarse al segundo segmento 202b, facilitando así la conexión del segundo segmento 202b al primer segmento 202a.

La estructura 216 en extremos complementarios del primer y segundo segmentos 202a y 202b puede configurarse para alojar el conector 214 intermedio. Por lo tanto, el conector 214 intermedio puede ser interno a la rama 202 inspiratoria. En algunas realizaciones, los extremos complementarios del primer y segundo segmentos 202a y 202b pueden configurarse para proteger el conector 214 intermedio de gases humidificados que viajan a través de la rama 202 inspiratoria. En algunas realizaciones, el conector 214 intermedio es tanto interno a la rama 202 inspiratoria como protegido de gases humidificados en el conducto, reduciendo o eliminando de este modo la exposición de conexiones eléctricas en el conector 214 intermedio.

En algunas realizaciones, los primeros alambres 206a de calentador pueden comprender dos alambres 218 y 220 y los segundos alambres 206b de calentador pueden comprender dos alambres 222 y 224. Los dos alambres 218 y 220 en el primer segmento 202a pueden acoplarse eléctricamente entre sí a través de componentes 228 eléctricos en donde el acoplamiento eléctrico crea una trayectoria eléctrica a través del alambre 218, al menos una porción de los componentes 228 eléctricos y el alambre 220. De manera similar, los dos alambres 222 y 224 en el segundo segmento 202b pueden estar acoplados eléctricamente entre sí a través de componentes 228 eléctricos y/o cortocircuitados eléctricamente entre sí en un extremo del segmento 202b opuesto al conector 214 intermedio como, por ejemplo, a través de un conector de extremo de paciente (no se muestra) como se describe con mayor detalle en la presente memoria con referencia a las Figuras 3A, 3B, 8A, 8B, 9 y 13. Al acoplar los alambres 222 y 224 del segundo segmento 202b en el conector 214 intermedio, se reducen o eliminan las conexiones eléctricas en el extremo de paciente de la rama 202 inspiratoria, lo cual puede reducir el coste, la complejidad del sistema y/o el riesgo para el paciente.

El conector 214 intermedio puede configurarse para permitir que un único controlador controle la energía a los alambres 206a, 206b de calentador, en donde el controlador puede ser el controlador 122 de humidificador como se describe en la presente memoria con referencia a la Figura 1. En algunas realizaciones, el controlador 122 de humidificador controla los alambres de calentador sin ninguna funcionalidad de control adicional ubicada en el conector 214 intermedio. Por ejemplo, el conector 214 intermedio puede incluir componentes pasivos sin ningún circuito lógico en donde los componentes pasivos dirigen potencia a los alambres 206a y/o 206b de calentador según se selecciona por el controlador 122. Esto puede permitir que el conector 214 intermedio se diseñe usando componentes relativamente económicos y puede reducir la complejidad del diseño.

En algunas realizaciones, el calentamiento de los dos segmentos 202a y 202b puede lograrse usando un máximo de cuatro alambres en cada segmento 202a, 202b. Por ejemplo, en el primer segmento 202a, los cuatro alambres pueden incluir un primer alambre 218 de calentador, un segundo alambre 220 de calentador, un alambre 228 de sensor de señal y un alambre 230 de sensor de retorno. En el segundo segmento 202b, los cuatro alambres pueden incluir un primer alambre 222 de calentador, un segundo alambre 224 de calentador, un alambre 232 de sensor de señal y un alambre 234 de sensor de retorno. Mediante el acoplamiento de los segundos alambres 222, 224 de calentador a los primeros alambres 218, 220 de calentador en los puntos 226 de conexión, y mediante el acoplamiento de los segundos alambres 232, 234 de sensor a los primeros alambres 228, 230 de sensor en los puntos 226 de conexión, se puede configurar un controlador para proveer energía independientemente a los primeros alambres 206a de calentador y a los segundos alambres 206b de calentador y para leer los datos de sensor independientemente de los sensores 204a y 204b sin incluir más de cuatro alambres en cualquiera de los segmentos 202a o 202b. En algunas realizaciones, el control de los alambres 206a y 206b de calentador y la lectura de los sensores 204a y 204b se pueden lograr usando menos de cuatro alambres en cada segmento (p. ej., usando 3 alambres o 2 alambres) o usando más de cuatro alambres en cada segmento (p. ej., usando 5 alambres, usando 6 alambres, usando 7 alambres, usando 8 alambres, o usando más de 8 alambres).

El conector 214 intermedio puede incluir componentes 228 eléctricos configurados para permitir que un controlador 122 controle selectivamente los alambres 206a, 206b de calentador. El controlador 122 puede configurarse para controlar el calentamiento de la rama 202 inspiratoria usando dos modos en donde un primer modo de control comprende proveer energía a los alambres 206a de calentador en el primer segmento, y un segundo modo de control comprende proveer energía a los alambres 206a y 206b de calentador en el primer y segundo segmentos 202a y 202b. Por lo tanto, el controlador 122 puede configurarse para controlar independientemente las secciones de alambre del calentador. Esta capacidad permite que el controlador 122 controle el calentamiento de la rama 202 inspiratoria cuando el segundo segmento 202b no está presente controlando únicamente el calentamiento de la rama inspiratoria según el primer modo de control, permitiendo de este modo que el sistema 100 de humidificación respiratoria se use en una variedad de circunstancias sin modificar el controlador 122 o la unidad 108 de humidificación. En algunas realizaciones, los modos de control pueden incluir un modo donde la energía se suministra solo a los alambres 206b de calentador en el segundo segmento 202b. En algunas realizaciones, el controlador 122 incluye una fuente de alimentación eléctrica que provee corriente eléctrica. El primer y segundo modos de control pueden basarse, al menos en parte, en la tensión suministrada por la fuente de alimentación, en donde una tensión positiva o corriente positiva puede activar el primer modo de control y una tensión negativa o una corriente negativa puede activar el segundo modo de control. En algunas realizaciones, la fuente de alimentación provee alimentación de CA o CC rectificada a los alambres 206a, 206b de calentador y un cambio en la rectificación o polaridad desencadena un cambio en el modo de control. Al conmutar los modos de control, el control del calentamiento en el circuito 200 de respiración puede conseguirse con cualquier fuente de alimentación que pueda conmutar la polaridad de la señal de salida. En algunas realizaciones, la cantidad de potencia provista a los alambres 206a, 206b de calentador puede ajustarse ajustando un ciclo de trabajo de la potencia aplicada a los alambres 206a, 206b de calentador. Por ejemplo, se puede usar modulación por ancho de pulsos (PWM, por sus siglas en inglés) para alimentar los alambres 206a, 206b de calentador y el ciclo de trabajo de la señal PWM se puede ajustar para controlar la potencia suministrada. En otro ejemplo, la cantidad de potencia provista a los alambres 206a, 206b de calentador puede ajustarse controlando la amplitud de la señal de potencia.

El conector 214 intermedio puede incluir componentes 230 eléctricos configurados para permitir que un controlador 122 lea selectivamente los sensores 204a, 204b. La lectura selectiva puede lograrse mediante el uso de una fuente de corriente eléctrica en donde la aplicación de una corriente positiva a lo largo de los alambres 228 a 230 puede dar como resultado que el controlador 122 mida una señal del primer sensor 204a y la aplicación de una corriente negativa a lo largo de los alambres 228 y 230 puede dar como resultado que el controlador 122 mida una señal del segundo sensor 204b o tanto del primer como del segundo sensores 204a, 204b, como se describe en la presente memoria con referencia a las Figuras 6A, 6B y 7. El controlador 122 puede usar las lecturas de los sensores 204a, 204b para ajustar la potencia a los alambres 206a, 206b de calentador, usando, por ejemplo, modulación por ancho de pulsos. El primer sensor 204a puede colocarse cerca de la conexión o intersección del primer y segundo segmentos 202a y 202b para proveer al controlador 122 un parámetro de gases que entran en el segundo segmento 202b, que puede corresponder a entrar en una incubadora u otra región de este tipo que tenga una temperatura ambiente diferente. El segundo sensor 204b puede colocarse en un extremo de paciente del segundo segmento 202b para proveer al controlador 122 un parámetro de gases suministrados al paciente o un parámetro de gases antes de la pieza final antes del paciente como, por ejemplo, una pieza en estrella. El controlador 122 puede usar estas lecturas para ajustar la potencia a los alambres 206a, 206b de calentador para mantener la temperatura del gas en el extremo de paciente

de la rama 202 inspiratoria a una temperatura objetivo o adecuada. La temperatura objetivo o adecuada puede variar dependiendo al menos en parte de la aplicación y el entorno en donde se está usando, y puede ser de aproximadamente 37 °C, aproximadamente 40 °C, al menos aproximadamente 37 °C y/o menor que o igual a aproximadamente 38 °C, al menos aproximadamente 36,5 °C y/o menor que o igual a aproximadamente 38,5 °C, al menos aproximadamente 36 °C y/o menor que o igual a aproximadamente 39 °C, al menos aproximadamente 35 °C y/o menor que o igual a aproximadamente 40 °C, al menos aproximadamente 37 °C y/o menor que o igual a aproximadamente 41 °C, o al menos aproximadamente 39,5 °C y/o menor que o igual a aproximadamente 40,5 °C. En algunas realizaciones, el segundo sensor 204b puede colocarse dentro de la incubadora, pero no unirse al circuito de respiración. Mediante la medición de parámetros dentro de la incubadora, se puede calcular la temperatura del segundo segmento 202b, por ejemplo.

El controlador 122 puede controlar independientemente la cantidad de potencia suministrada en el primer y segundo modos de control, como se describe en la presente memoria. Basándose al menos en parte en la retroalimentación de los sensores 204a y/o 204b, el controlador 122 puede ajustar independientemente la potencia suministrada en el primer y segundo modos de control, dando como resultado de este modo relaciones de potencia de calentador variables entre el primer y segundo segmentos 202a y 202b.

En algunas realizaciones, el primer sensor 204a está colocado dentro del flujo de gas dentro de la rama 202 inspiratoria. En algunas realizaciones, el conector 214 intermedio o el primer segmento 202a puede incluir un componente mecánico que disminuye la turbulencia en el flujo del gas a lo largo del primer sensor 204a de temperatura, lo cual puede aumentar la precisión en las lecturas del sensor 204a. Por ejemplo, el conector mecánico puede tener una sección transversal aerodinámica, ejemplos de la cual se describen para conectores de extremo de paciente con referencia a las Figuras 15B-15E. En algunas realizaciones, el componente mecánico (p. ej., una característica de miembro cruzado dentro del conducto inspiratorio) que disminuye la turbulencia también asegura el sensor 204a dentro del flujo de los gases. En algunas realizaciones, el conector 214 intermedio y el componente mecánico están configurados para aislar térmicamente el sensor 204a de los componentes eléctricos en el conector 214 intermedio, lo cual puede ser ventajoso cuando el sensor 204a es un sensor de temperatura, por ejemplo.

En algunas realizaciones, el conector 214 intermedio incluye puntos de conexión adicionales además de los puntos 26 de conexión ilustrados en la Figura 2. Los puntos de conexión adicionales pueden usarse para incorporar funcionalidad adicional en el circuito de respiración como, por ejemplo, incorporar un dispositivo de memoria (PROM), un microcontrolador, circuitos adicionales y similares.

Circuitos de conector intermedio

La Figura 3A ilustra un diagrama de circuito de un conector 214 intermedio a modo de ejemplo que incluye una fuente de alimentación rectificada activa para proveer energía a los alambres de calentador en una rama inspiratoria segmentada de un circuito de respiración, en donde el circuito está configurado para alimentar los alambres R1 y R2 de calentador en un primer segmento de la rama inspiratoria en un primer modo y para alimentar los alambres R1, R2, R3 y R4 de calentador en ambos segmentos en un segundo modo. Al proveer los diodos D1 y D2 en el conector 214 intermedio y los conmutadores S1 y S2, la energía puede aplicarse alternativamente a través de los alambres R1 y R2 de calentador, donde las resistencias representan los alambres de calentador, o a través de los alambres R1, R2, R3 y R4 de calentador.

La fuente de alimentación se representa en la figura usando VP y VN que corresponden a terminales de una fuente de alimentación. En una realización, el suministro de tensión es una fuente de alimentación de corriente alterna (CA). Alternativamente, la fuente de alimentación puede ser una fuente de alimentación de corriente continua (CC). Aunque en esta realización se describen como diodos, D1 y D2 pueden incluir cualquiera de múltiples tipos diferentes de dispositivos de control de flujo como, por ejemplo, y sin limitación, rectificadores, transistores, relés, conmutadores, triacs, mosfets, tiristores (SCR), termostatos y similares.

Los conmutadores S1 y S2 conmutan entre los terminales VP y VN de la fuente de alimentación. En una realización, los conmutadores S1 y S2 se conmutan cada medio ciclo de un ciclo de potencia de CA de modo que se extrae corriente aproximadamente igual de la fuente de alimentación durante cada medio ciclo. El circuito ilustrado en la Figura 3A puede usarse para controlar los calentadores R1, R2, R3 y R4 en dos modos de control, en donde un primer modo de control corresponde a proveer potencia solo a R1 y R2, y un segundo modo de control corresponde a proveer potencia a R1, R2, R3 y R4. Para proveer potencia solo a los calentadores R1 y R2 en el primer segmento 202a (correspondiente al primer modo de control), el conmutador S1 se conecta a VP y el conmutador S2 se conecta a VN durante un ciclo positivo de la fuente de alimentación, y el conmutador S1 se conecta a VN y el conmutador S2 se conecta a VP durante un ciclo negativo de la fuente de alimentación. En el primer modo de control, la corriente fluye a través de R1, R2 y D1 mientras que D2 evita que la corriente fluya a través de R3 y R4. Para proveer potencia a los calentadores R1, R2, R3 y R4 en el primer y segundo segmentos 202a, 202b (correspondiente al segundo modo de control), el conmutador S1 se conecta a VN y el conmutador S2 se conecta a VP durante un ciclo positivo de la fuente de alimentación, y el conmutador S1 se conecta a VP y el conmutador S2 se conecta a VN durante un ciclo negativo de la fuente de alimentación. En el segundo modo de control, la corriente fluye a través de R1, R2, R3, R4 y D2, mientras que D1 evita que la corriente se cortocircuite a lo largo de los alambres para derivar los calentadores R3 y R4. La conmutación de los conmutadores S1 y S2 puede lograrse a través de hardware o software que añade lógica

al sistema, como se describe en la presente memoria con referencia a la Figura 5. En algunas realizaciones, la conmutación de los conmutadores S1 y S2 se lleva a cabo en el cruce por cero de un ciclo de potencia de CA. En algunas realizaciones, los bordes descendente y ascendente de circuitos de cruce por cero no se retrasan en la misma cantidad y el circuito no está activo cerca del cruce por cero. Por lo tanto, la conmutación de los conmutadores S1 y S2 puede llevarse a cabo con o sin detección y/o lógica de conmutación de cruce por cero.

Los diodos D1 y D2 pueden disipar la potencia en el circuito y, por lo tanto, generar calor. En algunas realizaciones, se pueden usar diodos Schottky cuando es deseable reducir la disipación de energía en entornos de temperatura relativamente alta. Los diodos Schottky pueden funcionar cerca de una temperatura de unión máxima para reducir o minimizar la disipación de energía, lo cual puede ser deseable en ciertas implementaciones del sistema de humidificación respiratoria descrito en la presente memoria. En algunas realizaciones, el calor generado por el diodo puede influir en las lecturas de temperatura del sensor 204a. Para reducir esta influencia, los diodos pueden estar conectados térmicamente a una trayectoria de flujo de aire del circuito. Para reducir esta influencia y para disipar el calor generado por los diodos, se puede incluir un disipador o almohadilla de calor en el conector 214 intermedio que está acoplado térmicamente al entorno ambiental. Para reducir esta influencia, y la influencia de otros componentes en el conector 214 intermedio, el sensor 204a (p. ej., un termistor u otro sensor de temperatura) puede estar aislado térmicamente de los componentes y localizado físicamente relativamente lejos de los otros componentes, como se describe con referencia a las Figuras 14A-B y 15.

La Figura 3B ilustra otro diagrama de circuito de un conector 214 intermedio a modo de ejemplo que incluye una fuente de alimentación rectificada activa para proveer energía a los alambres de calentador en una rama inspiratoria segmentada de un circuito de respiración, en donde el circuito está configurado para alimentar los alambres R1 y R2 de calentador en un primer segmento de la rama inspiratoria en un primer modo y para alimentar los alambres R1, R2, R3 y R4 de calentador en ambos segmentos en un segundo modo. Como se muestra en la Figura 3B, solo se puede proveer el diodo D1 y la trayectoria de la energía a través de los alambres R1 y R2 de calentador o a través de los alambres R1 a R4 de calentador aún se puede controlar, como se describió anteriormente con respecto a la Figura 3A. El diodo D2 que ha sido representado en el circuito de la Figura 3A es suprimido. El circuito mostrado en la Figura 3B, que tiene solamente un diodo D1, puede dar como resultado menos calor generado por el circuito, costes de partes reducidos, y una placa de circuito más pequeña. Las porciones restantes del circuito mostrado en la Figura 3B funcionan de una manera que es similar a la descripción de la Figura 3A. En realizaciones sin D2, como se ilustra en la Figura 3B, la mayor parte de la corriente fluye a través de R1, R2 y D1 con solo corriente residual que fluye a través de R3 y R4. La corriente residual a través de R3 y R4 puede ser insignificante de manera que no afecte al rendimiento del sistema de humidificación.

Además del funcionamiento de CA descrito con respecto a las Figuras 3A y 3B, se pueden hacer funcionar circuitos similares con una alimentación de CC. Los conmutadores S1 y S2 pueden conmutarse basándose, al menos en parte, en, por ejemplo, el tiempo, una corriente de salida del suministro, retroalimentación de sensores u otras entradas de control. En tal realización, los circuitos ilustrados en las Figuras 3A o 3B también pueden usarse para controlar los calentadores R1, R2, R3 y R4 en dos modos de control, en donde un primer modo de control corresponde a proveer potencia solo a R1 y R2, y un segundo modo de control corresponde a proveer potencia a R1 a R4. Para proveer potencia solo a los calentadores R1 y R2 en el primer segmento 202a (correspondiente al primer modo de control), el conmutador S1 se conecta a VP y el conmutador S2 se conecta a VN. En el primer modo de control, la corriente fluye a través de R1, R2 y D1. D2 impide que la corriente fluya a través de R3 y R4 en el circuito mostrado en la Figura 3A. Sin embargo, D2 es un componente opcional como se muestra en la Figura 3B. Para proveer potencia a los calentadores R1, R2, R3 y R4 en el primer y segundo segmentos 202a, 202b (correspondientes al segundo modo de control), el conmutador S1 se conecta a VN y el conmutador S2 se conecta a VP. En el segundo modo de control, la corriente fluye a través de R1, R2, R3, R4, mientras que D1 evita que la corriente se cortocircuite a lo largo de los alambres para derivar los calentadores R3 y R4. Como se ha descrito anteriormente, la conmutación puede lograrse a través de hardware o software que añade lógica al sistema, como se describe en la presente memoria con referencia a la Figura 5.

Control de calentadores de rama inspiratoria y espiratoria

La Figura 1 también ilustra un sistema 100 de humidificación respiratoria a modo de ejemplo que tiene una rama 202 inspiratoria y una rama 210 espiratoria, en donde el sistema 100 de humidificación está configurado para controlar alambres 206, 212 de calentador en ambas ramas. En algunas realizaciones, los alambres 212 de calentador en la rama 210 espiratoria pueden estar acoplados eléctricamente a los alambres 206 de calentador inspiratorios fuera de la unidad 108 de humidificación y el controlador 122 de modo que el control de los alambres 212 de calentador espiratorios puede implementarse sin afectar a otros modos de control y sin transistores de conmutación adicionales. De manera similar, los alambres 212 de calentador espiratorios pueden estar acoplados eléctricamente a los alambres 206 de calentador inspiratorios dentro de la unidad 108 de humidificación. La conexión de los alambres 212 de calentador espiratorios a los alambres 206 del calentador inspiratorios se puede realizar en el sistema 108 de humidificación, en el conector 214 intermedio, en un cartucho de sensor en el sistema 108 de humidificación, o similar. Por lo tanto, el controlador 122 puede controlar los alambres 212 de calentador espiratorios sin conexiones eléctricas adicionales en el extremo de paciente, cuya presencia puede aumentar el riesgo, la complejidad del sistema y el coste. Ejemplos de acoplamiento eléctrico de los alambres 212 de calentador espiratorios y los alambres 206 de calentador inspiratorios dentro de la unidad 108 de humidificación se muestran en las Figuras 4A-4D, 8A y 8B.

Con referencia a la Figura 4A, la unidad 108 de humidificación puede incorporar conmutadores o relés S3 y S4 para seleccionar entre el control independiente y dependiente de los alambres de calentador inspiratorios y los alambres de calentador espiratorios. En algunas realizaciones, los conmutadores o relés se activan cuando un tubo (p. ej., una rama inspiratoria o una rama espiratoria) con una identificación apropiada se conecta a la unidad 108 de humidificación como, por ejemplo, a través de una resistencia de identificación detectada y/o medida por la unidad 108 de humidificación. Por ejemplo, cuando los conmutadores no están activados (p. ej., ambos conmutadores S3, S4 están abiertos), los alambres de calentador en la rama inspiratoria y/o los alambres de calentador en la rama espiratoria pueden controlarse individual y/o independientemente.

Cuando se conecta un tubo apropiado o el sistema determina de otro modo que es apropiado, los conmutadores S3 y S4 pueden cerrarse para controlar simultáneamente la rama inspiratoria y la rama espiratoria. La unidad 108 de humidificación puede incluir una fuente de alimentación inspiratoria INSP y una fuente de alimentación espiratoria EXP, en donde el sistema puede implementar la conmutación en cada fuente de alimentación como se describe en la presente memoria con referencia a las Figuras 3A y 3B. Por ejemplo, con referencia a la Figura 3A, la fuente de alimentación inspiratoria puede tener conmutadores S1 y S2 configurados para dirigir selectivamente ciclos positivos y negativos a los calentadores R1 a R4. De manera similar, con referencia a la Figura 4A, la fuente de alimentación espiratoria EXP puede incluir conmutadores configurados para dirigir selectivamente alimentación a la rama espiratoria que tiene calentadores R5 y R6. En algunas realizaciones, cuando los conmutadores S3 y S4 están cerrados, ambos conmutadores en la fuente de alimentación espiratoria EXP pueden abrirse de manera que la fuente de alimentación inspiratoria INSP provea energía a los alambres de calentador inspiratorios y a los alambres de calentador espiratorios. En algunas realizaciones, la unidad 108 de humidificación no incluye una fuente de energía espiratoria EXP. En tales realizaciones, la fuente de alimentación inspiratoria INSP se usa para proveer energía a los alambres de calentador inspiratorios cuando los conmutadores S3 y S4 están abiertos y para proveer energía tanto a los alambres de calentador inspiratorios como espiratorios cuando los conmutadores S3 y S4 están cerrados. Por lo tanto, los alambres 206 de calentador de la rama inspiratoria pueden controlarse de la misma manera que antes, pero ahora el sistema puede usar los conmutadores S3, S4 para controlar simultáneamente la energía a los alambres 212 de calentador espiratorios y a los alambres 206 de calentador inspiratorios usando un circuito eléctrico unificado y/o un sistema de control. A modo de ejemplo, la unidad 108 de humidificación puede operar en dos modos con relación a la rama 202 inspiratoria (p. ej., siendo el primer modo donde la unidad 108 de humidificación provee energía a los calentadores R1 y R2 y siendo el segundo modo donde provee energía a los calentadores R1 a R4) mientras controla selectivamente la energía a los calentadores R5 y R6 en la rama espiratoria de manera que la unidad 108 de humidificación no puede proveer energía a los calentadores R5 y R6, o proveer energía a los calentadores R5 y R6 mientras opera en el primer modo, en el segundo modo, o en ambos modos. Como se ha descrito anteriormente, una conexión entre la rama 202 inspiratoria y la rama 210 espiratoria puede hacerse interna o externa a la unidad 108 de humidificación. En una realización, la conexión se realiza en un cartucho de sensor, el conector 214 intermedio, o en otra ubicación.

En algunas realizaciones, un circuito espiratorio configurado para conectar los alambres 212 de calentador espiratorios al controlador 122 puede implementarse en el conector 214 intermedio mostrado en la Figura 1. El circuito espiratorio puede estar conectado de una o más de varias maneras. Por ejemplo, el circuito espiratorio puede estar conectado en paralelo con los alambres 206a de calentador en el primer segmento 202a o con los alambres 206b de calentador en el segundo segmento 202b. En algunas realizaciones, el conector 214 intermedio puede incluir un conductor aéreo interno que hace que el circuito espiratorio esté disponible en el conector 214 intermedio. En algunas realizaciones, el conector 214 intermedio puede conectarse a un tercer canal añadido para que no haya conductores aéreos entre los circuitos inspiratorio y espiratorio. Se puede añadir un circuito de control del accionador del alambre de calentador al controlador 122 para alojar tales realizaciones.

La Figura 4B ilustra una realización a modo de ejemplo de un sistema de humidificación que incorpora un suministro 405 de energía para proveer energía tanto a los alambres R1 a R4 de calentador inspiratorios como a los alambres R5 y R6 de calentador espiratorios a través de una combinación de conmutadores o relés S1 a S6 y diodo D1. En la realización ilustrada, el sistema de humidificación está configurado para proveer potencia a los conductores de calentador espiratorios cuando solo los alambres R1, R2 de calentador inspiratorios en el primer segmento de la rama inspiratoria están recibiendo potencia (p. ej., en un primer modo de funcionamiento) o cuando los alambres R1 a R4 de calentador inspiratorios en ambos segmentos están recibiendo potencia (p. ej., en un segundo modo de funcionamiento). El suministro 405 de energía puede ser cualquier suministro de energía adecuado incluidos, por ejemplo, un suministro de energía que provee corriente alterna en una forma sinusoidal, de diente de sierra, de onda cuadrada u otra. En algunas realizaciones, el suministro 405 de energía es un transformador que provee una señal de corriente alterna con una tensión de al menos aproximadamente 22 VAC, de al menos aproximadamente 5 VAC o menor que o igual a aproximadamente 30 VAC, de al menos aproximadamente 10 VAC o menor que o igual a aproximadamente 25 VAC, de al menos aproximadamente 12 VAC o menor que o igual a aproximadamente 22 VAC.

Con referencia continuada a la Figura 4B, el sistema de humidificación puede configurarse para proveer energía a los alambres R5, R6 de calentador espiratorios en el primer modo de funcionamiento mientras el suministro 405 de energía está proporcionando energía en un ciclo negativo. Para ello, los conmutadores S1, S2, S5, S6 se cierran y los conmutadores S3, S4 se abren. La corriente fluye del terminal negativo del suministro 405 de energía a través del conmutador S2 y se ramifica para proveer energía a los alambres de calentador tanto en la rama inspiratoria como en la rama espiratoria. En la rama inspiratoria, la corriente fluye al alambre R2 de calentador inspiratorio, luego a través del diodo D1 al alambre R1 de calentador inspiratorio, y luego vuelve al terminal positivo en el suministro 405 de

energía a través del conmutador S1. En la rama espiratoria, la corriente fluye a través del conmutador S6 al alambre R5 de calentador espiratorio, luego al alambre R6 de calentador espiratorio, y luego regresa al terminal positivo en el suministro 405 de energía a través de los conmutadores S5 y S1.

De manera similar, con referencia continuada a la Figura 4B, el sistema de humidificación puede configurarse para proveer energía a los alambres R5, R6 de calentador espiratorios en el primer modo de funcionamiento mientras el suministro 405 de energía está proporcionando energía en un ciclo positivo. Para ello, se cierran los conmutadores S3, S4, S5, S6 y se abren los conmutadores S1, S2. La corriente fluye del terminal positivo del suministro 405 de energía a través del conmutador S3 y se ramifica para proveer potencia a los alambres de calentador tanto en la rama inspiratoria como en la rama espiratoria. En la rama inspiratoria, la corriente fluye a través del conmutador S6 al alambre R2 de calentador inspiratorio, luego a través del diodo D1 al alambre R1 de calentador inspiratorio, y luego regresa al terminal negativo en el suministro 405 de energía a través de los conmutadores S5 y S4. En la rama espiratoria, la corriente fluye al alambre R5 de calentador espiratorio, luego al alambre R6 de calentador espiratorio, y luego regresa al terminal negativo en el suministro 405 de energía a través del conmutador S4.

Con referencia continuada a la Figura 4B, el sistema de humidificación puede configurarse para proveer energía a los alambres R5, R6 de calentador espiratorios en el segundo modo de funcionamiento mientras el suministro 405 de energía está proporcionando energía en un ciclo positivo. Para ello, los conmutadores S1, S2, S5, S6 se cierran y los conmutadores S3, S4 se abren. La corriente fluye del terminal positivo del suministro 405 de energía a través del conmutador S1 y se ramifica para proveer potencia a los alambres de calentador tanto en la rama inspiratoria como en la rama espiratoria. En la rama inspiratoria, la corriente fluye al alambre R1 de calentador inspiratorio, luego deriva el diodo D1 para fluir al alambre R3 de calentador inspiratorio, luego al alambre R4 de calentador inspiratorio, luego al alambre R2 de calentador inspiratorio, y luego regresa al terminal negativo en el suministro 405 de energía a través del conmutador S2. En la rama espiratoria, la corriente fluye a través del conmutador S5 al alambre R6 de calentador espiratorio, luego al alambre R5 de calentador espiratorio, y luego regresa al terminal negativo en el suministro 405 de energía a través de los conmutadores S6 y S2.

De manera similar, con referencia continuada a la Figura 4B, el sistema de humidificación puede configurarse para proveer energía a los alambres R5, R6 de calentador espiratorios en el segundo modo de funcionamiento mientras el suministro 405 de energía está proporcionando energía en un ciclo negativo. Para ello, se cierran los conmutadores S3, S4, S5, S6 y se abren los conmutadores S1, S2. La corriente fluye del terminal negativo del suministro 405 de energía a través del conmutador S4 y se ramifica para proveer energía a los alambres de calentador tanto en la rama inspiratoria como en la rama espiratoria. En la rama inspiratoria, la corriente fluye a través del conmutador S5 al alambre R1 de calentador inspiratorio, luego deriva el diodo D1 para fluir al alambre R3 de calentador inspiratorio, luego al alambre R4 de calentador inspiratorio, luego al alambre R2 de calentador inspiratorio, y luego regresa al terminal positivo en el suministro 405 de energía a través de los conmutadores S6 y S3. En la rama espiratoria, la corriente fluye al alambre R6 de calentador espiratorio, luego al alambre R5 de calentador espiratorio, y luego regresa al terminal positivo en el suministro 405 de energía a través del conmutador S3.

La Figura 4C ilustra una realización a modo de ejemplo de un sistema de humidificación que incorpora un suministro 405 de energía para proveer energía tanto a los alambres R1 a R4 de calentador inspiratorios como a los alambres R5 y R6 de calentador espiratorios a través de una combinación de conmutadores o relés S1 a S6 y diodos D1, D2. En la realización ilustrada, el sistema de humidificación está configurado para proveer potencia a los alambres de calentador espiratorios solo cuando los alambres R1, R2 de calentador inspiratorios en el primer segmento de la rama inspiratoria están recibiendo energía (p. ej., solo en el primer modo de funcionamiento).

Con referencia continuada a la Figura 4C, el sistema de humidificación puede configurarse para proveer energía a los alambres R5, R6 de calentador espiratorios en el primer modo de funcionamiento mientras el suministro 405 de energía está proporcionando energía en un ciclo negativo. Para ello, los conmutadores S1, S2, S5, S6 se cierran y los conmutadores S3, S4 se abren. La corriente fluye del terminal negativo del suministro 405 de energía a través del conmutador S2 y se ramifica para proveer energía a los alambres de calentador tanto en la rama inspiratoria como en la rama espiratoria. En la rama inspiratoria, la corriente fluye al alambre R2 de calentador inspiratorio, luego a través del diodo D1 al alambre R1 de calentador inspiratorio, y luego regresa al terminal positivo en el suministro 405 de energía a través del conmutador S1. En la rama espiratoria, la corriente fluye a través del conmutador S6 y a través del diodo D2 al alambre R5 de calentador espiratorio, luego al alambre R6 de calentador espiratorio y luego regresa al terminal positivo en el suministro 405 de energía a través de los conmutadores S5 y S1.

De manera similar, con referencia continuada a la Figura 4C, el sistema de humidificación puede configurarse para proveer energía a los alambres R5, R6 de calentador espiratorios en el primer modo de funcionamiento mientras el suministro 405 de energía está proporcionando energía en un ciclo positivo. Para ello, se cierran los conmutadores S3, S4, S5, S6 y se abren los conmutadores S1, S2. La corriente fluye del terminal positivo del suministro 405 de energía a través del conmutador S3 y se ramifica para proveer potencia a los alambres de calentador tanto en la rama inspiratoria como en la rama espiratoria. En la rama inspiratoria, la corriente fluye a través del conmutador S6 al alambre R2 de calentador inspiratorio, luego a través del diodo D1 al alambre R1 de calentador inspiratorio, y luego regresa al terminal negativo en el suministro 405 de energía a través de los conmutadores S5 y S4. En la rama espiratoria, la corriente fluye a través del diodo D2 al alambre R5 de calentador espiratorio, luego al alambre R6 de calentador espiratorio, y luego regresa al terminal negativo en el suministro 405 de energía a través del conmutador

S4.

Con referencia continuada a la Figura 4C, el sistema de humidificación puede configurarse para proveer energía solo a los alambres R1 a R4 de calentador inspiratorios (y no para proveer energía a los alambres R5, R6 de calentador espiratorios) en el segundo modo de funcionamiento mientras el suministro 405 de energía está proporcionando energía en un ciclo positivo. Para ello, los conmutadores S1, S2, S5, S6 se cierran y los conmutadores S3, S4 se abren. La corriente fluye del terminal positivo del suministro 405 de energía a través del conmutador S1 al alambre R1 de calentador inspiratorio, la corriente luego deriva el diodo D1 y fluye al alambre R3 de calentador inspiratorio, al alambre R4 de calentador inspiratorio, al alambre R2 de calentador inspiratorio y de vuelta al terminal negativo en el suministro 405 de energía a través del conmutador S2. La corriente no fluye a través de los alambres de calentador espiratorios debido al diodo D2 que bloquea el flujo de corriente a través de ese circuito en un ciclo positivo con los conmutadores configurados como se describe.

De manera similar, con referencia continuada a la Figura 4C, el sistema de humidificación puede configurarse para proveer energía solo a los alambres R1 a R4 de calentador inspiratorios (y no para proveer energía a los alambres R5, R6 de calentador espiratorios) en el segundo modo de funcionamiento mientras el suministro 405 de energía está proporcionando energía en un ciclo negativo. Para ello, se cierran los conmutadores S3, S4, S5, S6 y se abren los conmutadores S1, S2. La corriente fluye del terminal positivo del suministro 405 de energía a través de los conmutadores S4 y S5 al alambre R1 de calentador inspiratorio, la corriente luego deriva el diodo D1 y fluye al alambre R3 de calentador inspiratorio, al alambre R4 de calentador inspiratorio, al alambre R2 de calentador inspiratorio y de vuelta al terminal negativo en el suministro 405 de energía a través de los conmutadores S6 y S3. La corriente no fluye a través de los alambres de calentador espiratorios debido al diodo D2 que bloquea el flujo de corriente a través de ese circuito en un ciclo negativo con los conmutadores configurados como se describe.

La Figura 4D ilustra una realización a modo de ejemplo de un sistema de humidificación que incorpora un suministro 405 de energía para proveer energía tanto a los alambres R1 a R4 de calentador inspiratorios como a los alambres R5 y R6 de calentador espiratorios a través de una combinación de conmutadores o relés S1 a S6 y diodo D1 con los alambres R5, R6 de calentador espiratorios acoplados eléctricamente a los alambres R1 a R4 de calentador inspiratorios en un lado del paciente de los alambres de calentador en el primer segmento de la rama inspiratoria, lo cual puede ocurrir con un conector intermedio como, por ejemplo, cualquiera de los conectores intermedios descritos en la presente memoria. Como se describe con referencia a la Figura 4D, los alambres R5, R6 de calentador espiratorios están acoplados a los alambres R1 a R4 de calentador inspiratorios en el conector intermedio, pero cualquier ubicación adecuada después de los alambres de calentador inspiratorios en el primer segmento puede usarse para acoplar los alambres de calentador en las ramas inspiratoria y espiratoria. En la realización ilustrada, el sistema de humidificación está configurado para proveer energía a los alambres de calentador espiratorios solo cuando los alambres R1 a R4 de calentador inspiratorios en ambos segmentos de la rama inspiratoria están recibiendo energía (p. ej., solo en el segundo modo de funcionamiento).

Con referencia continuada a la Figura 4D, el sistema de humidificación puede configurarse para proveer energía a los alambres R1 a R4 de calentador inspiratorios y a los alambres R5, R6 de calentador espiratorios en el segundo modo de funcionamiento mientras que el suministro 405 de energía está proporcionando energía en un ciclo positivo. Para ello, los conmutadores S1, S2, S5, S6 se cierran y los conmutadores S3, S4 se abren. La corriente fluye del terminal positivo del suministro 405 de energía a través del conmutador S1 al alambre R1 de calentador inspiratorio, luego deriva el diodo D1 y se ramifica para proveer energía a los alambres de calentador tanto en el segundo segmento de la rama inspiratoria como en la rama espiratoria. En el segundo segmento de la rama inspiratoria, la corriente fluye al alambre R3 de calentador inspiratorio, luego al alambre R4 de calentador inspiratorio, y regresa al conector intermedio. En la rama espiratoria, la corriente fluye a R5 y luego a R6, y regresa al conector intermedio. La corriente fluye entonces a través del alambre R2 de calentador inspiratorio y luego regresa al terminal negativo en el suministro 405 de energía a través del conmutador S2.

De manera similar, con referencia continuada a la Figura 4D, el sistema de humidificación puede configurarse para proveer energía a los alambres R5, R6 de calentador espiratorios en el segundo modo de funcionamiento mientras el suministro 405 de energía está proporcionando energía en un ciclo negativo. Para ello, se cierran los conmutadores S3, S4, S5, S6 y se abren los conmutadores S1, S2. La corriente fluye del terminal negativo del suministro 405 de energía a través de los conmutadores S4 y S5 al alambre R1 de calentador inspiratorio, luego deriva el diodo D1 y se ramifica para proveer energía a los alambres de calentador tanto en el segundo segmento de la rama inspiratoria como en la rama espiratoria. En el segundo segmento de la rama inspiratoria, la corriente fluye al alambre R3 de calentador inspiratorio, luego al alambre R4 de calentador inspiratorio, y regresa al conector intermedio. En la rama espiratoria, la corriente fluye a R5 y luego a R6, y regresa al conector intermedio. La corriente fluye entonces a través del alambre R2 de calentador inspiratorio y luego regresa al terminal positivo en el suministro 405 de energía a través de los conmutadores S6 y S3.

Con referencia continuada a la Figura 4D, el sistema de humidificación puede configurarse para proveer potencia solo a los alambres R1 y R2 de calentador inspiratorios en el primer segmento de la rama inspiratoria (y no para proveer energía a los alambres R5, R6 de calentador espiratorios) en el primer modo de funcionamiento mientras el suministro 405 de energía está proporcionando energía en un ciclo negativo. Para ello, los conmutadores S1, S2, S5, S6 se cierran y los conmutadores S3, S4 se abren. La corriente fluye del terminal negativo del suministro 405 de energía a

través del conmutador S2 al alambre R2 de calentador inspiratorio, la corriente fluye entonces a través del diodo D1 al alambre R1 de calentador inspiratorio, y luego regresa al terminal positivo en el suministro 405 de energía a través del conmutador S1.

De manera similar, con referencia continuada a la Figura 4D, el sistema de humidificación puede configurarse para proveer energía solo a los alambres R1 y R2 de calentador inspiratorios en el primer segmento de la rama inspiratoria (y no para proveer energía a los alambres R5, R6 de calentador espiratorios) en el primer modo de funcionamiento mientras el suministro 405 de energía está proporcionando energía en un ciclo positivo. Para ello, se cierran los conmutadores S3, S4, S5, S6 y se abren los conmutadores S1, S2. La corriente fluye del terminal positivo del suministro 405 de energía a través de los conmutadores S3 y S6 al alambre R2 de calentador inspiratorio, la corriente fluye entonces a través del diodo D1 al alambre R1 de calentador inspiratorio, y regresa al terminal negativo en el suministro 405 de energía a través de los conmutadores S5 y S4.

Detección de una extensión conectada de una rama inspiratoria

La Figura 5 ilustra un diagrama de bloques de un sistema 500 a modo de ejemplo configurado para detectar la presencia de una extensión de una rama inspiratoria usando el módulo 502 de detección de extensión y para proveer energía a los alambres de calentador en la rama inspiratoria (p. ej., un primer segmento de la rama inspiratoria), la extensión de la rama inspiratoria (p. ej., un segundo segmento de la rama inspiratoria) y/o una rama espiratoria. El módulo 504 lógico, que puede comprender hardware, software o alguna combinación de ambos, puede configurarse para proveer la lógica que permite la conmutación descrita para los diferentes modos de control, como se describe con referencia a, por ejemplo, las Figuras 3A, 3B, 4, 8A y 8B. El módulo 504 lógico puede recibir señales de un circuito 506 integrado que es parte del sistema 100 de humidificación respiratoria. En algunas realizaciones, el módulo 504 lógico es software incorporado total o parcialmente en el circuito 506 integrado que convierte señales del circuito 506 integrado. La combinación del módulo 504 lógico y el circuito 506 integrado puede configurarse para detectar un cruce de nivel cero, o donde la tensión o corriente pasa de positiva a negativa o viceversa, y para cambiar los estados de los conmutadores según un modo de control. El módulo 504 lógico puede emitir señales 508a, 508b de PWM según una salida de potencia deseada, seleccionada o definida donde la señal de PWM se suministra a los alambres de calentadores inspiratorios (INSP HW, por sus siglas en inglés), los alambres de calentadores espiratorios (EXP HW, por sus siglas en inglés), o ambos.

En algunas realizaciones, el sistema 500 puede incluir un módulo 502 de detección de extensión configurado para detectar si el segundo segmento 202b está conectado al circuito 200 de respiración. El módulo 502 de detección de extensión puede producir una "señal de habilitación" si el segundo segmento 202b está conectado. El módulo 504 lógico puede recibir la "señal de habilitación" y ajustar la conmutación en consecuencia. En algunas realizaciones, la "señal de habilitación" indica al módulo 504 lógico que el sistema 500 no controlará los circuitos inspiratorio y espiratorio de manera independiente y simultánea.

En algunas realizaciones, el módulo 502 de detección de extensión puede estar configurado para detectar la presencia del segundo segmento 202b conectando tanto los circuitos inspiratorios como espiratorios y detectando si se detecta un evento de sobrecorriente de hardware. Si el evento de sobrecorriente no se detecta cuando cualquiera de los dos se enciende individualmente, pero se detecta con ambos encendidos juntos, el módulo 502 de detección de extensión puede producir una "señal de habilitación" que indica que el segundo segmento 202b está conectado. En algunas realizaciones, el módulo 502 de detección de extensión puede detectar la presencia del segundo segmento 202b detectando una resistencia de una resistencia de identificación o de alambres de calentadores en cada sección usando mediciones de corriente. Basándose al menos en parte en las mediciones de corriente de las diversas secciones, el módulo 502 de detección de extensión puede producir una "señal de habilitación" si las mediciones de corriente para diferentes ciclos difieren cuando se implementan diferentes modos de control como se describió más arriba con referencia a las Figuras 3A, 3B, 4, 8A y 8B.

Circuitos de sensores

Las Figuras 6A y 6B ilustran diagramas de circuito a modo de ejemplo en un sistema 100 de humidificación respiratoria, en donde el circuito 600 está configurado para leer datos de dos sensores R1 y R2. Con referencia a las Figuras 6A y 6B, los sensores R1 y R2 se representan como unos que usan resistencias, pero puede usarse cualquier tipo adecuado de sensor como, por ejemplo y sin limitación, sensores de temperatura, sensores de humedad, sensores de flujo, sensores de oxígeno y similares. En algunas realizaciones, los sensores pueden ser sensores de temperatura como, por ejemplo, termistores. En tales realizaciones, los sensores R1 y R2 representan respectivamente un primer termistor en el conector 214 intermedio y un segundo termistor en un extremo de paciente del circuito 200 de respiración (p. ej., en un conector de extremo de paciente). Los dos termistores R1 y R2 pueden medirse usando dos alambres en el circuito 200 de respiración usando el circuito 600 junto con una fuente de corriente o tensión y conmutadores en el controlador 122 de humidificador. Aunque la descripción con referencia a las Figuras 6A y 6B implica termistores, es aplicable a otros sensores adecuados que afectan a tensiones y/o corrientes provistas a los circuitos a los que están asociados.

Para leer selectivamente los sensores R1 y R2, se suministra corriente en cualquier polaridad a través de las líneas 602 y 604. Para medir el sensor R2 del extremo de paciente, el controlador 122 de humidificador establece el conmutador para conectar el suministro de corriente superior a tierra. La corriente fluye entonces del suministro de corriente inferior a través de R2 y a tierra a través del conmutador. La corriente es bloqueada para no pasar a través de R1 por el diodo D1. El controlador 122 de humidificador puede estar configurado para medir la caída de tensión del suministro de corriente inferior a tierra, y para derivar la resistencia del sensor R2 basándose al menos en parte en la corriente suministrada y la tensión medida. Para medir el sensor R1 colocado en el conector 214 intermedio, el controlador 122 de humidificador puede leer el sensor R2 de extremo de paciente y registrar el resultado. El controlador 122 de humidificador puede entonces establecer el conmutador para conectar el suministro de corriente inferior a tierra. La corriente fluye entonces del suministro de corriente superior a través de R1 y R2 a tierra a través del conmutador. El controlador 122 de humidificador puede estar configurado para medir la caída de tensión del suministro de corriente superior a tierra, y para derivar la resistencia del sensor R1 basándose al menos en parte en la corriente suministrada, la tensión medida y el resultado registrado de la medición de la resistencia de R2. En algunas realizaciones, una caída de tensión a lo largo de D1 se representa en la derivación de la resistencia de R1. En la realización ilustrada en la Figura 6A, al colocar D1 cerca de R1, puede calcularse la temperatura del diodo D1 que puede usarse en el cálculo de la caída de tensión a lo largo de D1. Una ventaja potencial de la configuración ilustrada en la Figura 6A es que las mediciones del sensor R2 en el extremo de paciente pueden ser más precisas porque las mediciones se realizan sin pasar a través de un diodo, como se ilustra en la realización de la Figura 6B, que puede introducir incertidumbres o errores.

En algunas realizaciones, como se ilustra en la Figura 6B, se puede añadir un diodo D2 adicional al conector 214 intermedio. En tales realizaciones, el controlador 122 de humidificador puede estar configurado para medir los sensores R1 y R2 de una manera similar a la realización ilustrada en la Figura 6A y descrita más arriba. Una diferencia es que cuando se mide el sensor R1, la corriente fluye a través de R1 y D1 y no a través de R2 porque el diodo D2 bloquea el flujo de corriente a través de R2. De esta manera, la medición del sensor R1 puede aislarse o separarse sustancialmente de la medición del sensor R2. De manera similar a la derivación de la resistencia del sensor R1, la caída de tensión a lo largo del diodo D2 puede representarse en la derivación de la resistencia del sensor R2. Al colocar D1 y D2 cerca de R1, se puede calcular la temperatura de los diodos que se puede usar en el cálculo de las caídas de tensión a lo largo de D1 y D2, respectivamente.

En ciertas realizaciones, la medición de los sensores R1, R2 se lleva a cabo en software que se ejecuta en un controlador conectado a los circuitos de las Figuras 6A o 6B. La dirección y cantidad de corriente suministrada al circuito puede controlarse mediante dicho software. Una medición precisa de la resistencia de los sensores R1, R2 puede obtenerse midiendo las tensiones usando, por ejemplo, un convertidor analógico-digital. Para minimizar o eliminar los efectos de las variaciones causadas por los diodos D1 y/o D2, el software puede suministrar dos corrientes diferentes (I1 e I2) en la misma dirección. Esto dará como resultado dos lecturas de tensión diferentes (V1 y V2) correspondientes a las dos corrientes diferentes (I1 e I2). Con estas dos tensiones y corrientes, el software puede solucionar la caída de tensión de los diodos D1, D2 y las resistencias de los sensores R1, R2. Para el sensor R1, por ejemplo, la caída de tensión puede resolverse con la siguiente ecuación: $V_{caída} = ((V1 \cdot I2 - V2 \cdot I1) / ((V1 - V2) / R2 + I2 - I1))$. La resistencia del sensor R1 se puede calcular usando la siguiente ecuación: $R1 = (V2 - V_{caída}) / (I2 - V2 / R2)$. En una realización, la $V_{caída}$ calculada tiene un error constante de una $V_{caída}$ medida que se corrige en el software. En una realización, la $V_{caída}$ se aumenta en aproximadamente un 15 % como compensación de errores.

La Figura 7 ilustra un diagrama de circuito a modo de ejemplo en el sistema 100 de humidificación respiratoria, en donde el circuito 700 está configurado para leer datos de temperatura usando dos transistores Q1 y Q2 que actúan como sensores de temperatura. La medición de temperatura puede basarse, al menos en parte, en un efecto de temperatura de la unión pn de los terminales de base y emisor de los transistores. La conmutación de la corriente en el controlador 122 de humidificador puede ser la misma que para el circuito descrito con referencia a las Figuras 6A y 6B o puede ser una configuración alternativa, como se representa. Por ejemplo, la configuración de conmutación ilustrada usa dos conmutadores con dos fuentes de alimentación y dos conexiones a tierra para proveer selectivamente energía eléctrica a los alambres. En una primera configuración, el conmutador superior conecta eléctricamente una fuente de alimentación superior al alambre 702 y el conmutador inferior conecta eléctricamente la conexión a tierra al alambre 704. En una segunda configuración, el conmutador superior conecta eléctricamente la conexión a tierra al alambre 702 y el conmutador inferior conecta eléctricamente la fuente de alimentación inferior al alambre 704. Mediante el uso de los transistores Q1 y Q2 como sensores de temperatura, los diodos pueden eliminarse ya que los transistores proveen la funcionalidad de los sensores de temperatura y los diodos.

Configuraciones de hardware de circuito de respiración

La Figura 8A ilustra un diagrama a modo de ejemplo de una configuración 800 de hardware para un circuito 200 de respiración que tiene un primer segmento de una rama 202a inspiratoria, un segundo segmento de la rama 202b inspiratoria y una rama 210 espiratoria. La configuración 800 de hardware puede incluir un humidificador 108 configurado para acoplar el cableado de los alambres HW1 y HW2 de calentador a través de conmutadores o relés S3 y S4, y el cableado para los sensores 204a, 204b. En algunas realizaciones, el cartucho 802 de sensor puede configurarse para acoplar el cableado de los alambres HW1, HW2 de calentador y el cableado para los sensores 204a, 204b. Los conmutadores S3, S4 pueden usarse para controlar selectivamente la energía a los alambres HW2 de calentador de la rama 210 espiratoria, como se describe con referencia a la Figura 4A con funcionalidad similar descrita

con referencia a las Figuras 4B-4D. En algunas realizaciones, los conmutadores S3 y S4 están ambos por defecto en una posición abierta, y se cierran cuando un tubo apropiado se conecta al humidificador 108 (p. ej., una rama inspiratoria o una rama espiratoria con una resistencia de identificación apropiada). De esta manera, la configuración 800 de hardware puede usarse para proveer energía a los alambres HW1 de calentador y/o a los alambres HW2 de calentador. Independientemente de si los alambres HW2 de calentador están recibiendo energía eléctrica, los alambres HW1 de calentador pueden controlarse en dos modos. En un primer modo, los primeros alambres 206a de calentador reciben energía eléctrica mientras que los segundos alambres 206b de calentador no la reciben. En un segundo modo, el primer y segundo alambres 206a, 206b de calentadores reciben energía eléctrica. En la realización ilustrada, los alambres HW2 de calentador pueden ser alimentados cuando los alambres HW1 de calentador están siendo controlados en cualquiera de los modos primero o segundo. Debe entenderse que los alambres HW2 de calentador de la rama espiratoria pueden controlarse selectivamente mientras que los alambres HW1 de calentador de la rama inspiratoria permanecen en un único modo. Por ejemplo, cuando los alambres HW1 de calentador de la rama inspiratoria están siendo controlados en un primer modo (o un segundo modo), los alambres HW2 de calentador de la rama espiratoria pueden recibir o no alternativamente energía en base al menos en parte al funcionamiento de los conmutadores S3 y S4 sin ningún cambio en el modo de control de los alambres HW1 de calentador. De manera similar, los alambres HW2 de calentador de la rama espiratoria pueden permanecer recibiendo energía mientras que los alambres HW1 de calentador de la rama inspiratoria cambian entre el primer y el segundo modos.

La configuración 800 de hardware puede incluir una placa 214 de circuito impreso (PCB) intermedia que incluye dos diodos, siendo un diodo un diodo D1 de potencia y siendo otro diodo un diodo D3 de señal. La PCB 214 intermedia puede incluir almohadillas térmicas para disipar el calor generado por los diodos D1, D3 para reducir los efectos sobre el sensor 204a. La configuración 800 de hardware puede incluir una PCB 804 de extremo de paciente que tiene dos alambres de calentador y un sensor 204b, en donde los alambres 206b de calentador están directamente acoplados eléctricamente. En el primer modo de funcionamiento, se puede proveer energía eléctrica a HW1 de manera que la corriente fluya a través de los alambres 206a de calentador y a través del diodo D1 mientras que sustancialmente no fluye corriente a través de los alambres 206b de calentador (p. ej., menos del 1 % de la corriente a través de los alambres 206a de calentador fluye a través de los alambres 206b de calentador). En el segundo modo de funcionamiento, puede proveerse energía eléctrica a HW1 de manera que la corriente fluya a través de los alambres 206a y 206b de calentador. El primer y segundo modos de funcionamiento pueden controlarse al menos en parte mediante la dirección del flujo de corriente a través de los alambres HW1 de calentador.

En ciertas realizaciones, los diodos D2 y D4 pueden añadirse a la configuración 800 de hardware, como se muestra en la Figura 8B. En tal realización, el software para el circuito de detección puede alterarse para representar el aumento de calor. En algunas realizaciones, los diodos D3, D4 de señal están colocados cerca uno del otro de modo que experimentan las mismas o similares condiciones ambientales para reducir los efectos diferenciales causados por diferentes temperaturas ambientales. El circuito 200 funciona por lo demás de manera similar al circuito representado en la Figura 8A.

En algunas realizaciones, al comparar la Figura 8A con la Figura 8B, la eliminación del diodo D4 mejora la fiabilidad de la detección del extremo de paciente. Por ejemplo, los diodos pueden fallar en una posición abierta. Si el diodo D4 falla en la posición abierta, la lectura de la temperatura de extremo de paciente puede no ser posible. En el circuito mostrado en la Figura 8A, si falla el diodo D3, el sensor 204b de extremo de paciente todavía puede leerse. La eliminación del diodo D2 puede tener ventajas similares.

En algunas realizaciones, el cartucho 802 de sensor puede estar situado dentro del sistema 100 de humidificación o fuera del sistema.

Rama inspiratoria segmentada a modo de ejemplo con un conector que tiene un microcontrolador

La Figura 9 ilustra una realización a modo de ejemplo de un sistema 100 de humidificación respiratoria que utiliza un microcontrolador en un conector 214 intermedio para medir datos para controlar el calentamiento y para leer valores de sensor en una rama 202 inspiratoria. En algunas realizaciones, uno o más microcontroladores pueden incorporarse en un cartucho de sensor, en el humidificador, en el conector 214 intermedio, o en cualquier combinación de estos. El microcontrolador provee una funcionalidad similar a la descrita en la presente memoria cuando se incorpora en el cartucho de sensor, por ejemplo. La realización a modo de ejemplo ilustrada usa un alambre de calentador como referencia común, el alambre conectado a VN, y conecta los dos alambres HW1, HW2 de calentador y los alambres de sensores 204a, 204b en una señal digital en el conector 214 intermedio para enviarla al controlador 122 de humidificador. Esto puede reducir o eliminar problemas de aislamiento referenciando los sensores 204a, 204b a un punto de referencia común y enviando una lectura de parámetros digitales que puede pasar a través de un optoacoplador en el controlador 122 que aislará la señal, como se describe en la presente memoria con referencia a la Figura 12. El uso de esta realización a modo de ejemplo puede permitir que dos canales independientes de control calienten solo la primera sección 202a o la primera y segunda secciones de la rama 202a, 202b inspiratoria para proveer un control de calentamiento deseado, seleccionado o definido.

La Figura 10 ilustra un diagrama de bloques de un conector 214 intermedio para una rama 202 inspiratoria, en donde el conector 214 intermedio usa un microcontrolador. El microcontrolador puede usarse para medir una señal analógica de los termistores 204a y 204b y convertir la señal analógica en una señal digital usando convertidores analógico a digital (ADC, por sus siglas en inglés). La señal digital convertida puede enviarse al controlador 122 de humidificador en una única línea de datos. La línea de datos puede usarse para permitir la comunicación entre el microcontrolador y el controlador 122 de humidificador para proveer datos de temperatura. La línea de datos puede usarse para proveer energía al microcontrolador tirando de la línea de datos alta en el controlador 122 de humidificador cuando no se envían datos. El módulo de potencia y el convertidor de línea de datos pueden incluir un condensador y un diodo de modo que el condensador se cargue cuando la línea de datos sea alta. El condensador cargado puede usarse para alimentar el microcontrolador cuando la línea de datos se está usando para la comunicación. El diagrama de circuito para un módulo de potencia y convertidor de línea de datos a modo de ejemplo se ilustra en la Figura 11.

La detección de temperatura usando esta configuración puede conseguirse usando una fuente de corriente o una fuente de tensión en el conector 214 intermedio para accionar los termistores de modo que puedan leerse por el microcontrolador. Esto puede hacerse usando, por ejemplo, transistores o un amplificador operacional. La comunicación de línea de datos puede lograrse utilizando un enfoque basado en intervalos de tiempo donde cada nivel lógico puede enviarse y leerse en un intervalo de tiempo predefinido. De esta manera, se puede usar un alambre para permitir la comunicación bidireccional entre el controlador 122 de humidificador y el microcontrolador.

El controlador 122 de humidificador puede incluir un suministro de energía de CC que está referenciado a VN. Puede incluirse un condensador que puede cargarse cuando los alambres de calentador están encendidos y puede proveer energía al microcontrolador mientras los alambres de calentador están apagados. El controlador 122 de humidificador puede incluir un circuito 1200 de optoacoplador doble, como se ilustra en la Figura 12. El circuito optoacoplador doble puede usarse para aislar señales y para la comunicación de datos bidireccional entre el controlador 122 y un suministro de energía.

En algunas realizaciones, los datos de calibración pueden almacenarse en el microcontrolador que puede leerse cuando se conecta un circuito de respiración. En algunas realizaciones, los números de identificación de partes o números de serie pueden almacenarse para determinar el origen de un circuito conectado.

Ramas inspiratorias segmentadas con sensores de temperatura digitales

La Figura 13 ilustra un diagrama de circuito de un sistema 100 de humidificación respiratoria a modo de ejemplo que incorpora sensores 204a, 204b de temperatura digitales para su uso con un circuito 200 de respiración que tiene un primer segmento 202a y un conector 214 intermedio que acopla un segundo segmento 202b para formar la rama 202 inspiratoria. Los sensores 204a, 204b de temperatura digitales pueden utilizar una única línea para la comunicación y alimentación, simplificando el diseño del circuito y reduciendo la cantidad de alambres usados en el sistema 100, similar al diseño descrito con referencia a la Figura 9. El diseño ilustrado en la Figura 13 puede implementar los sensores de temperatura y la comunicación de datos como un único chip en lugar de una combinación de elementos de circuito que puede ser deseable.

Placa de conector intermedia

Las Figuras 14A y 14B ilustran una PCB 250 intermedia a modo de ejemplo del conector 214 intermedio, ilustrando las figuras respectivas dos lados de la PCB 250 intermedia. La PCB 250 intermedia incluye almohadillas 252, 254 de conexión para los alambres de calentador y conexiones de sensor. Las almohadillas 252, 254 de conexión están configuradas para estar en lados opuestos de la PCB 250 intermedia para facilitar las conexiones con alambres de calentador enrollados en espiral alrededor de una rama inspiratoria.

La PCB 250 intermedia incluye almohadillas 256 de conexión de sensor para el sensor como, por ejemplo, un termistor u otro componente de medición de temperatura, o sensor de humedad, o un sensor de flujo, o similares. El sensor puede estar acoplado a un diodo (p. ej., el diodo D3 descrito con referencia a la Figura 8B) a través de almohadillas 258 de conexión de señal en la PCB 250 intermedia. Como se ilustra, la PCB 250 intermedia incluye un espacio 262 configurado para aislar térmicamente el sensor de los otros componentes eléctricos y pistas. En algunas realizaciones, el espacio 262 puede llenarse con un material aislante para aislar térmicamente además el sensor conectado a las almohadillas 256 de conexión de sensor. Además, la PCB 250 intermedia puede configurarse para colocar el sensor separado de los otros componentes eléctricos activos y/o pasivos como, por ejemplo, con la característica 257 sobresaliente.

La PCB 250 intermedia incluye una almohadilla 260 de conexión de energía para un diodo acoplado eléctricamente a los alambres de calentador a través de pistas eléctricas en la PCB 250 intermedia. El diodo puede ser el diodo D1 descrito con referencia a las Figuras 3B, 6B u 8B. La placa 260 de conexión de energía puede estar acoplada eléctrica y térmicamente al disipador 264 de calor para ayudar a disipar el calor, para reducir o minimizar los efectos sobre la precisión de la lectura de parámetros del sensor acoplado a las almohadillas 256 de conexión de sensor.

Las Figuras 14C y 14D ilustran realizaciones a modo de ejemplo de conectores 214 intermedios que comprenden una PCB 250 intermedia y un elemento 263 de conexión intermedio. El elemento 263 de conexión intermedio puede configurarse para dirigir una porción del gas humidificado que fluye a través de una rama inspiratoria a través de un conducto formado por el elemento 263 de conexión intermedio. Un sensor en la PCB 250 intermedia puede proveer entonces una señal correspondiente a un parámetro del gas que fluye a través del elemento 263 de conexión intermedio, siendo el parámetro representativo de al menos una propiedad (p. ej., temperatura, humedad, caudal, porcentaje de oxígeno, etc.) del gas humidificado en ese punto en la rama inspiratoria. En algunas realizaciones, el elemento 263 de conexión intermedio está configurado para proveer soporte mecánico para la PCB 250 intermedia, para colocarla dentro de la rama inspiratoria. En algunas realizaciones, el elemento 263 de conexión intermedio está configurado para proveer soporte mecánico para unir dos segmentos de una rama inspiratoria entre sí en o cerca del conector 214 intermedio.

El conector 214 intermedio incluye primeras almohadillas 252 de conexión en un primer lado de la PCB 250 intermedia y segundas almohadillas 254 de conexión en un segundo lado de la PCB 250 intermedia, estando el segundo lado en un lado opuesto de la PCB 250 intermedia. La primera y segunda almohadillas 252, 254 de conexión pueden configurarse para proveer contactos eléctricos para alambres de calentador en el primer y segundo segmentos respectivos de una rama inspiratoria segmentada, como se describe en la presente memoria. En algunas realizaciones, los alambres de calentador en un segmento de una rama inspiratoria están enrollados en espiral. La PCB 250 intermedia está configurada para acoplar eléctricamente alambres de calentador enrollados en espiral y/o alambres de señal (p. ej., alambres de sensores de temperatura) en un primer segmento a alambres de calentador enrollados en espiral y/o alambres de señal en un segundo segmento.

En algunas realizaciones, la PCB 250 intermedia incluye una primera porción que se extiende a lo largo de un lumen formado por el elemento 263 de conexión intermedio a lo largo de un diámetro o línea de cuerda, de manera que una porción de la PCB 250 intermedia generalmente biseca al menos parte de la trayectoria de flujo del gas. La primera porción de la PCB 250 intermedia puede sobremoldearse mediante una composición de sobremoldeo. La PCB 250 intermedia puede incluir una segunda porción 251 adyacente a la primera porción que sobresale hacia fuera desde un exterior del elemento 263 de conexión intermedio en una dirección alejada del lumen. La segunda porción 251 de la PCB 250 intermedia incluye una o más almohadillas 252 de conexión configuradas para recibir uno o más alambres de un primer segmento de la rama inspiratoria. La PCB 250 intermedia puede incluir una tercera porción 253 adyacente a la primera porción que sobresale hacia fuera desde el exterior del elemento 263 de conexión intermedio en una dirección alejada del lumen y en una dirección opuesta a la segunda porción 251. La tercera parte 253 puede incluir una o más almohadillas 254 de conexión en la PCB 250 intermedia configuradas para recibir uno o más alambres de un segundo segmento de la rama inspiratoria. La PCB 250 intermedia puede incluir una o más pistas conductoras configuradas para acoplar eléctricamente la una o más almohadillas 252 de conexión de la segunda porción 251 a la una o más almohadillas 254 de conexión de la tercera porción 253 y configuradas para proveer una conexión eléctrica entre los alambres en el primer segmento y los alambres en el segundo segmento de la rama inspiratoria.

Placa de conector de extremo de paciente

La Figura 15A ilustra una PCB 270 de extremo de paciente a modo de ejemplo del conector 804 de extremo de paciente. La PCB 270 de extremo de paciente incluye almohadillas 272 de conexión para los alambres de calentador y conexiones de sensor. Las almohadillas 272 de conexión están configuradas para estar en solo un lado de la PCB 270 de extremo de paciente para conectarse al calentador enrollado en espiral y a los alambres de señal de la rama inspiratoria. Dos de las almohadillas 272 de conexión pueden estar acopladas eléctricamente directamente entre sí como un paso eléctrico. Los alambres de calentador pueden acoplarse a las almohadillas 272 de conexión que están acopladas eléctricamente de manera directa. Las dos almohadillas 272 de conexión restantes pueden estar eléctricamente acopladas a las almohadillas 274 de conexión de sensor. Las pistas 278 eléctricas hacia y desde las almohadillas 274 de conexión de sensor pueden configurarse para reducir o minimizar el ancho de la pista y aumentar o maximizar la longitud de la pista para aislar térmicamente el sensor conectado a las almohadillas 274 de conexión de sensor. La PCB 270 de extremo de paciente puede incluir una característica 276 sobresaliente similar como se describió con referencia a la PCB 250 ilustrada en las Figuras 14A y 14B. La característica 276 sobresaliente puede configurarse para aislar térmicamente aún más el sensor de los efectos de la corriente eléctrica y los componentes en la PCB 270 de extremo de paciente.

Las Figuras 15B-15E ilustran realizaciones a modo de ejemplo de los conectores 804 de extremo de paciente. Las Figuras 15B y 15D ilustran realizaciones a modo de ejemplo de la PCB 270 de extremo de paciente sobremoldeada como parte de la rama 202 inspiratoria. La sección transversal de la PCB 270 de extremo de paciente, ilustrada respectivamente en las Figuras 15C y 15E, puede configurarse para ser aerodinámica para reducir o minimizar la turbulencia en los gases que se suministran al paciente.

Limitadores de la colocación de la rama inspiratoria segmentada

Las Figuras 16A-16E ilustran realizaciones a modo de ejemplo de limitadores 280 de colocación para una rama 202 inspiratoria segmentada. La Figura 16A ilustra un limitador 280 de colocación a modo de ejemplo configurado con un extremo 282 de cámara más grande (p. ej., un extremo más cercano a un suministro de gas), un extremo 284 de paciente más pequeño y esquinas 286 afiladas con una ranura 288 en la cual puede colocarse un ojal 294. El limitador

280 de colocación puede configurarse para evitar o reducir la probabilidad de que el conector intermedio o el punto de conexión de segmento de la rama 202 inspiratoria (p. ej., donde se encuentra la PCB 250 intermedia), entra en la incubadora 290 a través de la abertura 292. El extremo 284 más pequeño puede configurarse para entrar en la incubadora 290, mientras que el extremo 282 más grande puede configurarse para evitar o resistir la entrada a través de la abertura 292 de incubadora a través del contacto con el ojal 294. En algunas realizaciones, el limitador 280 de colocación está configurado para asegurar sustancialmente la ubicación de la PCB 250 intermedia dentro de una distancia objetivo o deseada de la incubadora u otro punto similar que defina un entorno de temperatura diferente. La distancia objetivo o deseada puede ser menor que o igual a aproximadamente 20 cm, menor que o igual a aproximadamente 10 cm, menor que o igual a aproximadamente 5 cm o aproximadamente de 0 cm. La Figura 16B muestra el limitador 280 de colocación a modo de ejemplo usado con un tubo 202 de burbuja donde el limitador de colocación está ubicado a una distancia d1 de la entrada 292 a la incubadora 290.

La Figura 16C ilustra una realización a modo de ejemplo de un limitador 280 de colocación configurado para grapar o asegurarse a un objeto como, por ejemplo, ropa, una manta u otro objeto que esté separado del paciente. El limitador 280 de colocación está asegurado a una rama 202 inspiratoria y está configurado para poder moverse a lo largo de la rama 202 inspiratoria para ajustar la colocación de la rama 202 inspiratoria. La Figura 16D ilustra la rama 202 inspiratoria con el limitador 280 de colocación en uso con una incubadora 290 para resistir o evitar la entrada del conector 250 de PCB intermedio en la incubadora 290. La Figura 16E ilustra la rama 202 inspiratoria con el limitador 280 de colocación en uso con un paciente donde el limitador 280 de colocación está asegurado a una manta del paciente para resistir o evitar el movimiento de la rama 202 inspiratoria con respecto al paciente y/o la manta. El limitador 280 de colocación también puede usarse con una rama espiratoria u otro tubo médico usado junto con sistemas de administración de gas.

Tubo médico segmentado para uso con sistemas de humidificación respiratoria

La Figura 17A muestra una vista en planta lateral de una sección del tubo 1201 compuesto a modo de ejemplo que puede usarse junto con el sistema 100 de humidificación respiratoria descrito con referencia a la Figura 1. El tubo 1201 compuesto puede usarse como la rama 202 inspiratoria y puede configurarse, como se describe en la presente memoria, para proveer propiedades térmicamente beneficiosas que ayudan en la prevención de la condensación de gases a lo largo del tubo. El tubo 1201 compuesto incluye múltiples miembros alargados envueltos y unidos para formar un paso, donde los múltiples miembros alargados pueden incluir uno o más de los alambres de calentador descritos en la presente memoria. Basándose al menos en parte en los alambres de calentador que están integrados en las paredes del tubo 1201 compuesto, el uso del tubo 1201 compuesto como la rama 202 inspiratoria puede reducir la condensación y la precipitación y mantener un perfil de temperatura más deseable o dirigido a lo largo de la longitud de la rama 202 inspiratoria. Las paredes del tubo compuesto pueden proveer una mayor masa térmica que resiste los cambios de temperatura y aumenta los efectos aislantes de las paredes en relación con la temperatura ambiente fuera de la rama 202. Como resultado, la temperatura a lo largo de la longitud de la rama 202, incluso a través de cualquier número de entornos de temperatura diferentes, puede controlarse con más precisión y puede gastarse menos energía o potencia para controlar la temperatura de los gases administrados al paciente. En algunas realizaciones, el tubo 1201 compuesto puede usarse como la rama 210 espiratoria.

En general, el tubo 1201 compuesto comprende un primer miembro 1203 alargado y un segundo miembro 1205 alargado. Miembro es un término amplio y se le debe dar su significado ordinario y habitual para una persona con experiencia ordinaria en la técnica (es decir, no se debe limitar a un significado especial o personalizado) e incluye, sin limitación, porciones integrales, componentes integrales y componentes distintos. Por lo tanto, aunque la Figura 17A ilustra una realización hecha de dos componentes distintos, se apreciará que, en otras realizaciones, el primer miembro 1203 alargado y el segundo miembro 1205 alargado también pueden representar regiones en un tubo formado a partir de un único material. Por lo tanto, el primer miembro 1203 alargado puede representar una porción hueca de un tubo, mientras que el segundo miembro 1205 alargado representa una porción de soporte o refuerzo estructural del tubo que añade soporte estructural a la porción hueca. La porción hueca y la porción de soporte estructural pueden tener una configuración en espiral, como se describe en la presente memoria. El tubo 1201 compuesto puede usarse para formar la rama 202 inspiratoria y/o la rama 210 espiratoria como se describe en la presente memoria, un tubo coaxial como se describe a continuación, o cualquier otro tubo como se describe en otra parte de esta descripción.

En este ejemplo, el primer miembro 1203 alargado comprende un cuerpo hueco enrollado en espiral para formar, al menos en parte, un tubo alargado que tiene un eje longitudinal LA-LA y un lumen 1207 que se extiende a lo largo del eje longitudinal LA-LA. En al menos una realización, el primer miembro 1203 alargado es un tubo. Preferiblemente, el primer miembro 1203 alargado es flexible. Además, el primer miembro 1203 alargado es preferiblemente transparente o, al menos, semitransparente o semiopaco. Un grado de transparencia óptica permite a un cuidador o usuario inspeccionar el lumen 1207 para bloqueo o contaminantes o confirmar la presencia de humedad. Una variedad de plásticos, incluidos plásticos de grado médico, son adecuados para el cuerpo del primer miembro 1203 alargado. Ejemplos de materiales adecuados incluyen elastómeros de poliolefina, amidas de bloques de poliéster, elastómeros de copoliéster termoplásticos, mezclas de EPDM-polipropileno y poliuretanos termoplásticos.

La estructura de cuerpo hueco del primer miembro 1203 alargado contribuye a las propiedades aislantes del tubo 1201 compuesto. Es deseable un tubo 1201 aislante porque, como se explica en la presente memoria, evita o reduce la pérdida de calor. Esto puede permitir que el tubo 1201 suministre gas de un calentador-humidificador a un paciente mientras mantiene sustancialmente el estado acondicionado del gas con un consumo de energía reducido o mínimo.

5 En al menos una realización, la porción hueca del primer miembro 1203 alargado se llena con un gas. El gas puede ser aire, lo cual es deseable debido a su baja conductividad térmica ($2,62 \times 10^{-2}$ W/m-K a 300K) y muy bajo coste. También se puede usar ventajosamente un gas que sea más viscoso que el aire, ya que una viscosidad más alta reduce la transferencia de calor por convección. Por lo tanto, gases como, por ejemplo, argón ($17,72 \times 10^{-3}$ W/m-K a 300K), criptón ($9,43 \times 10^{-3}$ W/m-K a 300K), y xenón ($5,65 \times 10^{-3}$ W/m-K a 300K) pueden aumentar el rendimiento de
10 aislamiento. Cada uno de estos gases es no tóxico, químicamente inerte, inhibidor del fuego, y está disponible comercialmente. La porción hueca del primer miembro 1203 alargado puede sellarse en ambos extremos del tubo, lo cual hace que el gas dentro esté sustancialmente estancado. Alternativamente, la porción hueca puede ser una conexión neumática secundaria como, por ejemplo, una línea de muestra de presión para transportar la retroalimentación de presión del extremo de paciente del tubo a un controlador. El primer miembro 1203 alargado
15 puede estar opcionalmente perforado. Por ejemplo, la superficie del primer miembro 1203 alargado puede perforarse en una superficie orientada hacia fuera, opuesta al lumen 1207. En otra realización, la porción hueca del primer miembro 1203 alargado se llena con un líquido. Ejemplos de líquidos pueden incluir agua u otros líquidos biocompatibles con una alta capacidad térmica. Por ejemplo, se pueden usar nanofluidos. Un nanofluido a modo de ejemplo con capacidad térmica adecuada comprende agua y nanopartículas de sustancias como, por ejemplo,
20 aluminio.

El segundo miembro 1205 alargado también está enrollado en espiral y unido al primer miembro 1203 alargado entre vueltas adyacentes del primer miembro 1203 alargado. El segundo miembro 1205 alargado forma al menos una porción del lumen 1207 del tubo alargado. El segundo miembro 1205 alargado actúa como soporte estructural para el primer miembro 1203 alargado.

25 En al menos una realización, el segundo miembro 1205 alargado es más ancho en la base (proximal al lumen 1207) y más estrecho en la parte superior. Por ejemplo, el segundo miembro alargado puede ser de forma generalmente triangular, generalmente en forma de T, o generalmente en forma de Y. Sin embargo, cualquier forma que cumpla con los contornos del primer miembro 1203 alargado correspondiente es adecuada.

Preferiblemente, el segundo miembro 1205 alargado es flexible, para facilitar la flexión del tubo. De manera deseable, el segundo miembro 1205 alargado es menos flexible que el primer miembro 1203 alargado. Esto mejora la capacidad del segundo miembro 1205 alargado para soportar estructuralmente el primer miembro 1203 alargado. Por ejemplo, el módulo del segundo miembro 1205 alargado es preferiblemente de 30 a 50 MPa (o aproximadamente de 30 a 50 MPa). El módulo del primer miembro 1203 alargado es menor que el módulo del segundo miembro 1205 alargado. El
30 segundo miembro 1205 alargado puede ser sólido o en su mayor parte sólido. Además, el segundo miembro 1205 alargado puede encapsular o alojar material conductor como, por ejemplo, filamentos, y específicamente filamentos o sensores de calentamiento (no se muestran). Los filamentos de calentamiento pueden minimizar las superficies frías sobre las que se puede formar el condensado del aire cargado de humedad. Los filamentos de calentamiento también pueden usarse para alterar el perfil de temperatura de los gases en el lumen 1207 del tubo 1201 compuesto. Una variedad de polímeros y plásticos, incluidos plásticos de grado médico, son adecuados para el cuerpo del segundo
35 miembro 1205 alargado. Ejemplos de materiales adecuados incluyen elastómeros de poliolefina, amidas de bloques de poliéter, elastómeros de copoliéster termoplásticos, mezclas de EPDM-polipropileno y poliuretanos termoplásticos. En ciertas realizaciones, el primer miembro 1203 alargado y el segundo miembro 1205 alargado pueden estar hechos del mismo material. El segundo miembro 1205 alargado también puede estar hecho de un material de color diferente del del primer miembro 1203 alargado, y puede ser transparente, translúcido u opaco. Por ejemplo, en una realización, el primer miembro 1203 alargado puede estar hecho de un plástico transparente, y el segundo miembro 1205 alargado
40 puede estar hecho de un plástico azul (u otro color) opaco.

Esta estructura enrollada en espiral que comprende un cuerpo hueco flexible y un soporte integral puede proveer resistencia al aplastamiento, mientras que deja la pared del tubo lo suficientemente flexible como para permitir flexiones de radio corto sin retorcerse, ocluirse o aplastarse. Preferiblemente, el tubo puede doblarse alrededor de un
45 cilindro metálico de 25 mm de diámetro sin retorcerse, ocluirse o colapsarse, como se define en la prueba para aumentar la resistencia al flujo con la flexión según la norma ISO 5367:2000(E). Esta estructura también puede proveer una superficie de lumen suave 1207 (diámetro interno de tubo), que ayuda a mantener el tubo libre de depósitos y mejora el flujo de gas. Se ha encontrado que el cuerpo hueco mejora las propiedades aislantes de un tubo, mientras que permite que el tubo permanezca ligero.

55 Como se ha explicado más arriba, el tubo 1201 compuesto puede usarse como un tubo espiratorio y/o un tubo inspiratorio en un circuito de respiración, o una porción de un circuito de respiración. Preferiblemente, el tubo 1201 compuesto se usa al menos como un tubo inspiratorio.

La Figura 17B muestra una sección transversal longitudinal de una porción superior del tubo 1201 compuesto a modo de ejemplo de la Figura 17A. La Figura 17B tiene la misma orientación que la Figura 17A. Este ejemplo ilustra además la forma de cuerpo hueco del primer miembro 1203 alargado. Como se ve en este ejemplo, el primer miembro 1203
60

alargado forma en sección transversal longitudinal múltiples burbujas huecas. Las porciones 1209 del primer miembro 1203 alargado se solapan con envolturas adyacentes del segundo miembro 1205 alargado. Una parte 1211 del primer miembro 1203 alargado forma la pared del lumen (diámetro interno del tubo).

Se descubrió que tener un espacio 1213 entre vueltas adyacentes del primer miembro 1203 alargado, es decir, entre burbujas adyacentes, mejoraba inesperadamente las propiedades aislantes globales del tubo 1201 compuesto. Por lo tanto, en ciertas realizaciones, las burbujas adyacentes están separadas por un espacio 1213. Además, ciertas realizaciones incluyen la realización de que proveer un espacio 1213 entre burbujas adyacentes aumenta la resistividad de transferencia de calor (el valor R) y, en consecuencia, disminuye la conductividad de transferencia de calor del tubo 1201 compuesto. También se encontró que esta configuración de espacio mejora la flexibilidad del tubo 1201 compuesto permitiendo flexiones de radio más corto. Un segundo miembro 1205 alargado en forma de T, como se muestra en la Figura 17B, puede ayudar a mantener un espacio 1213 entre burbujas adyacentes. Sin embargo, en ciertas realizaciones, las burbujas adyacentes se tocan. Por ejemplo, las burbujas adyacentes pueden unirse entre sí.

Uno o más materiales conductores pueden estar dispuestos en el segundo miembro 1205 alargado para calentar o detectar el flujo de gas. En este ejemplo, dos filamentos 1215 de calentamiento están encapsulados en el segundo miembro 1205 alargado, uno a cada lado de la porción vertical de la "T". Los filamentos 1215 de calentamiento comprenden material conductor como, por ejemplo, aleaciones de aluminio (Al) y/o cobre (Cu), o polímero conductor. Preferiblemente, el material que forma el segundo miembro 1205 alargado se selecciona para que no sea reactivo con el metal en los filamentos 1215 de calentamiento cuando los filamentos 1215 de calentamiento alcanzan su temperatura de funcionamiento. Los filamentos 1215 pueden estar espaciados del lumen 1207 de modo que los filamentos no estén expuestos al lumen 1207. En un extremo del tubo compuesto, se pueden formar pares de filamentos en un bucle de conexión.

En al menos una realización, múltiples filamentos están dispuestos en el segundo miembro 1205 alargado. Los filamentos pueden estar conectados eléctricamente entre sí para compartir un carril común. Por ejemplo, un primer filamento como, por ejemplo, un filamento de calentamiento, puede disponerse en un primer lado del segundo miembro 1205 alargado. Un segundo filamento como, por ejemplo, un filamento de detección, puede estar dispuesto en un segundo lado del segundo miembro 1205 alargado. Un tercer filamento como, por ejemplo, un filamento de conexión a tierra, puede estar dispuesto entre el primer y el segundo filamentos. El primer, segundo y/o tercer filamentos pueden estar conectados entre sí en un extremo del segundo miembro 1205 alargado.

La Figura 17C muestra una sección transversal longitudinal de las burbujas de la Figura 17B. Como se muestra, las porciones 1209 del primer miembro 1203 alargado que se solapan con envolturas adyacentes del segundo miembro 1205 alargado se caracterizan por un grado de región 1217 de unión. Una región de unión más grande mejora la resistencia de los tubos a la delaminación en la interfaz del primer y segundo miembros alargados. De manera adicional o alternativa, la forma de la perla y/o la burbuja se puede adaptar para aumentar la región 1217 de unión. Por ejemplo, la Figura 17D muestra un área de unión relativamente pequeña en el lado izquierdo. La Figura 19B también muestra una región de unión más pequeña. Por el contrario, la Figura 17E tiene una región de unión mucho mayor que la mostrada en la Figura 17D, debido al tamaño y forma de la perla. Las Figuras 19A y 19C también ilustran una región de unión más grande. Cada una de estas figuras se describe con más detalle a continuación. Debe apreciarse que, aunque las configuraciones de las Figuras 17E, 19A y 19C pueden ser preferidas en ciertas realizaciones, otras configuraciones, incluidas las de las Figuras 17D, 19B y otras variaciones, pueden utilizarse en otras realizaciones según se desee.

La Figura 17D muestra una sección transversal longitudinal de una porción superior de otro tubo compuesto. La Figura 17D tiene la misma orientación que la Figura 17B. Este ejemplo ilustra además la forma de cuerpo hueco del primer miembro 1203 alargado y demuestra cómo el primer miembro 1203 alargado forma en sección transversal longitudinal múltiples burbujas huecas. En este ejemplo, las burbujas están completamente separadas entre sí por un espacio 1213. Un segundo miembro 1205 alargado generalmente triangular soporta el primer miembro 1203 alargado.

La Figura 17E muestra una sección transversal longitudinal de una porción superior de otro tubo compuesto. La Figura 17E tiene la misma orientación que la Figura 17B. En el ejemplo de la Figura 17E, los filamentos 1215 de calentamiento están espaciados más lejos entre sí que los filamentos 1215 en la Figura 17B. Se descubrió que aumentar el espacio entre los filamentos de calentamiento puede mejorar la eficiencia de calentamiento, y ciertas realizaciones incluyen esta realización. La eficiencia de calentamiento se refiere a la relación de la cantidad de calor introducido en el tubo con respecto a la cantidad de energía producida o recuperable del tubo. En términos generales, cuanto mayor sea la energía (o calor) que se disipa del tubo, menor será la eficiencia de calentamiento. Para un rendimiento de calentamiento mejorado, los filamentos 1215 de calentamiento pueden estar igualmente (o aproximadamente igualmente) espaciados a lo largo del diámetro interno del tubo. Alternativamente, los filamentos 1215 pueden estar situados en extremos del segundo miembro 1205 alargado, lo cual puede proveer una fabricación más sencilla.

A continuación se hace referencia a las Figuras 18A a 18G que muestran configuraciones a modo de ejemplo para el segundo miembro 1205 alargado. La Figura 18A muestra una sección transversal de un segundo miembro 1205 alargado que tiene una forma similar a la forma de T mostrada en la Figura 17B. En esta realización a modo de ejemplo, el segundo miembro 1205 alargado no tiene filamentos de calentamiento. También se pueden utilizar otras formas para el segundo miembro 1205 alargado, incluidas variaciones de la forma de T como se describe a

continuación y formas triangulares.

La Figura 18B muestra otro segundo miembro 1205 alargado a modo de ejemplo que tiene una sección transversal en forma de T. En este ejemplo, los filamentos 1215 de calentamiento están incorporados en cortes 1301 en el segundo miembro 1205 alargado a cada lado de la porción vertical de la "T". En algunas realizaciones, los cortes 1301 pueden formarse en el segundo miembro 1205 alargado durante la extrusión. Los cortes 1301 pueden formarse alternativamente en el segundo miembro 1205 alargado después de la extrusión. Por ejemplo, una herramienta de corte puede formar los cortes en el segundo miembro 1205 alargado. Preferiblemente, los cortes son formados por los filamentos 1215 de calentamiento a medida que son presionados o empujados (fijados mecánicamente) hacia el segundo miembro 1205 alargado poco después de la extrusión, mientras que el segundo miembro 1205 alargado es relativamente blando. Alternativamente, uno o más filamentos de calentamiento pueden montarse (p. ej., adherirse, unirse o incorporarse parcialmente) en la base del miembro alargado, de manera que el(los) filamento(s) se exponga(n) al lumen del tubo. En tales realizaciones, puede ser deseable contener el(los) filamento(s) en aislamiento para reducir el riesgo de incendio cuando se hace pasar un gas inflamable como, por ejemplo, oxígeno a través del lumen del tubo.

La Figura 18C muestra incluso otro segundo miembro 1205 alargado a modo de ejemplo en sección transversal. El segundo miembro 1205 alargado tiene una forma generalmente triangular. En este ejemplo, los filamentos 1215 de calentamiento están incorporados en lados opuestos del triángulo.

La Figura 18D muestra incluso otro segundo miembro 1205 alargado a modo de ejemplo en sección transversal. El segundo miembro 1205 alargado comprende cuatro ranuras 1303. Las ranuras 1303 son muescas o surcos en el perfil de la sección transversal. En algunas realizaciones, las ranuras 1303 pueden facilitar la formación de cortes (no se muestran) para incorporar filamentos (no se muestran). En algunas realizaciones, las ranuras 1303 facilitan el posicionamiento de filamentos (no se muestran), que se presionan o se tiran hacia, y de ese modo se incorporan en, el segundo miembro 1205 alargado. En este ejemplo, las cuatro ranuras 1303 de iniciación facilitan la colocación de hasta cuatro filamentos, p. ej., cuatro filamentos de calentamiento, cuatro filamentos de detección, dos filamentos de calentamiento y dos filamentos de detección, tres filamentos de calentamiento y un filamento de detección, o un filamento de calentamiento y tres filamentos de detección. En algunas realizaciones, los filamentos de calentamiento pueden estar ubicados en el exterior del segundo miembro 1205 alargado. Los filamentos de detección pueden estar situados en el interior.

La Figura 18E muestra incluso otro segundo miembro 1205 alargado a modo de ejemplo en sección transversal. El segundo miembro 1205 alargado tiene un perfil en forma de T y múltiples ranuras 1303 para colocar filamentos de calentamiento.

La Figura 18F muestra incluso otro segundo miembro 1205 alargado a modo de ejemplo en sección transversal. Cuatro filamentos 1215 están encapsulados en el segundo miembro 1205 alargado, dos a cada lado de la porción vertical de la "T". Como se explica con más detalle a continuación, los filamentos se encapsulan en el segundo miembro 1205 alargado porque el segundo miembro 1205 alargado se extruyó alrededor de los filamentos. No se formaron cortes para incorporar los filamentos 1215 de calentamiento. En este ejemplo, el segundo miembro 1205 alargado también comprende múltiples ranuras 1303. Debido a que los filamentos 1215 de calentamiento están encapsulados en el segundo miembro 1205 alargado, las ranuras 1303 no se usan para facilitar la formación de cortes para incorporar filamentos de calentamiento. En este ejemplo, las ranuras 1303 pueden facilitar la separación de los filamentos de calentamiento incorporados, lo cual hace más fácil la separación de núcleos individuales cuando, por ejemplo, se terminan los filamentos de calentamiento.

La Figura 18G muestra incluso otro segundo miembro 1205 alargado a modo de ejemplo en sección transversal. El segundo miembro 1205 alargado tiene una forma generalmente triangular. En este ejemplo, la forma del segundo miembro 1205 alargado es similar a la de la Figura 18C, pero cuatro filamentos 1215 están encapsulados en el segundo miembro 1205 alargado, todos los cuales son centrales en el tercio inferior del segundo miembro 1205 alargado y están dispuestos a lo largo de un eje generalmente horizontal.

Como se ha explicado más arriba, puede ser deseable aumentar la distancia entre filamentos para mejorar la eficiencia de calentamiento. En algunas realizaciones, sin embargo, cuando se incorporan filamentos 1215 de calentamiento en el tubo 1201 compuesto, los filamentos 1215 pueden colocarse relativamente centrales en el segundo miembro 1205 alargado. Una posición centralizada promueve la robustez del tubo compuesto para su reutilización, debido en parte a la posición que reduce la probabilidad de que el filamento se rompa al repetir la flexión del tubo 1201 compuesto. La centralización de los filamentos 1215 también puede reducir el riesgo de un peligro de ignición porque los filamentos 1215 están recubiertos en capas de aislamiento y retirados de la trayectoria de gas.

Como se ha explicado más arriba, algunos de los ejemplos ilustran colocaciones adecuadas de filamentos 1215 en el segundo miembro 1205 alargado. En los ejemplos anteriores que comprenden más de un filamento 1215, los filamentos 1215 están generalmente alineados a lo largo de un eje horizontal. También son adecuadas configuraciones alternativas. Por ejemplo, dos filamentos pueden estar alineados a lo largo de un eje vertical o a lo largo de un eje diagonal. Cuatro filamentos pueden estar alineados a lo largo de un eje vertical o un eje diagonal. Cuatro filamentos pueden alinearse en una configuración en forma de cruz, con un filamento dispuesto en la parte superior del segundo miembro alargado, un filamento dispuesto en la parte inferior del segundo miembro alargado (cerca del lumen del

tubo), y dos filamentos dispuestos en brazos opuestos de una base "T", "Y" o triangular.

Las Tablas 1A y 1B muestran algunas dimensiones preferidas de los tubos médicos descritos en la presente memoria, así como algunos intervalos preferidos para estas dimensiones. Las dimensiones se refieren a una sección transversal de un tubo. En estas tablas, el diámetro del lumen representa el diámetro interior de un tubo. El paso representa la distancia entre dos puntos de repetición medidos axialmente a lo largo del tubo, a saber, la distancia entre la punta de las porciones verticales de "T" adyacentes del segundo miembro alargado. El ancho de la burbuja representa el ancho (diámetro exterior máximo) de una burbuja. La altura de la burbuja representa la altura de una burbuja desde el lumen del tubo. La altura de la perla representa la altura máxima del segundo miembro alargado desde el lumen del tubo (p. ej., la altura de la porción vertical de la "T"). El ancho de la perla representa el ancho máximo del segundo miembro alargado (p. ej., el ancho de la porción horizontal de la "T"). El espesor de la burbuja representa el espesor de la pared de la burbuja.

Tabla 1A

Característica	Infante		Adulto	
	Dimensión (mm)	Intervalo (\pm)	Dimensión (mm)	Intervalo (\pm)
Diámetro de lumen	11	1	18	5
Paso	4,8	1	7,5	2
Ancho de burbuja	4,2	1	7	1
Ancho de perla	2,15	1	2,4	1
Altura de burbuja	2,8	1	3,5	0,5
Altura de perla	0,9	0,5	1,5	0,5
Espesor de burbuja	0,4	0,35	0,2	0,15

Tabla 1B

Característica	Infante		Adulto	
	Dimensión (mm)	Intervalo (\pm)	Dimensión (mm)	Intervalo (\pm)
Diámetro de lumen	11	1	18	5
Paso	4,8	1	7,5	2
Ancho de burbuja	4,2	1	7	1
Ancho de perla	2,15	1	3,4	1
Altura de burbuja	2,8	1	4,0	0,5
Altura de perla	0,9	0,5	1,7	0,5
Espesor de burbuja	0,4	0,35	0,2	0,15

Las Tablas 2A y 2B proveen relaciones a modo de ejemplo entre las dimensiones de las características de tubo para los tubos descritos en las Tablas 1A y 1B respectivamente.

Tabla 2A

Relaciones	Infante	Adulto
Diámetro de lumen: paso	2,3 : 1	2,4 : 1
Paso: ancho de burbuja	1,1 : 1	1,1 : 1
Paso: ancho de perla	2,2 : 1	3,1 : 1
Ancho de burbuja: ancho de perla	2,0 : 1	2,9 : 1
Diámetro de lumen: altura de la burbuja	3,9 : 1	5,1 : 1
Diámetro de lumen: altura de la perla	12,2 : 1	12,0 : 1
Altura de burbuja: altura de perla	3,1 : 1	2,3 : 1
Diámetro de lumen: espesor de la burbuja	27,5 : 1	90,0 : 1

Tabla 2B

Relaciones	Infante	Adulto
Diámetro de lumen: paso	2,3 : 1	2,4 : 1
Paso: ancho de burbuja	1,1 : 1	1,1 : 1
Paso: ancho de perla	2,2 : 1	2,2 : 1
Ancho de burbuja: ancho de perla	2,0 : 1	2,1 : 1
Diámetro de lumen: altura de la burbuja	3,9 : 1	4,5 : 1
Diámetro de lumen: altura de la perla	12,2 : 1	10,6 : 1
Altura de burbuja: altura de perla	3,1 : 1	2,4 : 1
Diámetro de lumen: espesor de la burbuja	27,5 : 1	90,0 : 1

- 5 Las siguientes tablas muestran algunas propiedades a modo de ejemplo de un tubo compuesto (etiquetado como "A"), descrito en la presente memoria, que tiene un filamento de calentamiento integrado dentro del segundo miembro alargado. Para comparación, también se presentan las propiedades de un tubo corrugado desechable Fisher & Paykel modelo RT100 (etiquetado como "B") que tiene un filamento de calentamiento enrollado helicoidalmente dentro del diámetro interno del tubo.
- 10 La medición de la resistencia al flujo (RTF, por sus siglas en inglés) se llevó a cabo según el Anexo A de la norma ISO 5367:2000(E). Los resultados se resumen en la Tabla 3. Como se ve a continuación, la RTF para el tubo compuesto es menor que la RTF para el tubo modelo RT100.

Tabla 3

	RTF (cm H ₂ O)			
Caudal (L/min)	3	20	40	60
A	0	0,05	0,18	0,38
B	0	0,28	0,93	1,99

El condensado o "precipitación" dentro del tubo se refiere al peso del condensado recogido por día a un caudal de gas de 20 L/min y a la temperatura ambiente de 18 °C. Se hace fluir aire humidificado a través del tubo continuamente desde una cámara. Los pesos de los tubos se registran antes y después de cada día de prueba. Se llevan a cabo tres ensayos consecutivos, secándose el tubo entre cada ensayo. Los resultados se muestran a continuación en la Tabla 4. Los resultados mostraron que la precipitación es significativamente menor en el tubo compuesto que en el tubo modelo RT100.

Tabla 4

Tubo	A (Día 1)	A (Día 2)	A (Día 3)	B (Día 1)	B (Día 2)	B (Día 3)
Peso antes (g)	136,20	136,70	136,70	111,00	111,10	111,10
Peso después de (g)	139,90	140,00	139,20	190,20	178,80	167,10
Peso del condensado (g)	3,7	3,3	2,5	79,20	67,70	56,00

El requisito de energía se refiere a la energía consumida durante la prueba de condensado. En este ensayo, el aire ambiente se mantuvo a 18 °C. Cámaras de humidificación (es preciso ver, p. ej., la cámara 114 de humidificación de la Figura 1) se alimentaron con bases calentadoras MR850. Los filamentos de calentamiento en los tubos se alimentaron independientemente de un suministro de energía de CC. Se establecieron diferentes caudales y se dejó que la cámara se asentara a 37 °C a la salida de la cámara. A continuación, se alteró la tensión de CC a los circuitos para producir una temperatura de 40 °C en la salida del circuito. Se registró la tensión requerida para mantener la temperatura de salida y se calculó la potencia resultante. Los resultados se muestran en la Tabla 5. Los resultados muestran que el tubo compuesto A usa significativamente más potencia que el tubo B. Esto se debe a que el tubo B usa un filamento de calentamiento helicoidal en el diámetro interno del tubo para calentar el gas de 37 °C a 40 °C. El tubo compuesto no tiende a calentar el gas rápidamente porque el filamento de calentamiento está en la pared del tubo (incorporado en el segundo miembro alargado). En su lugar, el tubo compuesto está diseñado para mantener la temperatura del gas y evitar la precipitación manteniendo el diámetro interno del tubo a una temperatura por encima del punto de rocío del gas humidificado.

Tabla 5

Caudal (L/min)	40	30	20
Tubo A, potencia requerida (W)	46,8	38,5	37,8
Tubo B, potencia requerida (W)	28,0	27,5	26,8

La flexibilidad del tubo se probó usando una prueba de flexión de tres puntos. Los tubos se colocaron en una plantilla de ensayo de flexión de tres puntos y se usaron junto con un instrumento Instron 5560 Test System, para medir la carga y la extensión. Cada muestra de tubo se ensayó tres veces; midiendo la extensión del tubo contra la carga aplicada, para obtener las constantes de rigidez respectivas medias. Las constantes de rigidez promedio para el Tubo A y el Tubo B se reproducen en la Tabla 6.

Tabla 6

Tubo	Rigidez (N/mm)
A	0,028
B	0,088

Como se ha descrito más arriba, los alambres 206 de calentamiento pueden colocarse dentro de la rama 202 inspiratoria y/o la rama 210 espiratoria para reducir el riesgo de precipitación en los tubos manteniendo la temperatura de la pared del tubo por encima de la temperatura del punto de rocío.

Propiedades térmicas

En realizaciones de un tubo 1201 compuesto que incorpora un filamento 1215 de calentamiento, se puede perder calor a través de las paredes del primer miembro 1203 alargado, dando como resultado un calentamiento desigual. Como se ha explicado más arriba, una manera de compensar estas pérdidas de calor es aplicar una fuente de calentamiento externa en las paredes del primer miembro 1203 alargado, que ayuda a regular la temperatura y contrarrestar la pérdida de calor. Sin embargo, también se pueden utilizar otros métodos para optimizar las propiedades térmicas.

A continuación, se hace referencia a las Figuras 19A a 19C, que demuestran configuraciones a modo de ejemplo para la altura de burbuja (es decir, la altura en sección transversal del primer miembro 1203 alargado medida desde la superficie orientada hacia el lumen interior hasta la superficie que forma el diámetro exterior máximo) para mejorar las propiedades térmicas.

Las dimensiones de la burbuja pueden seleccionarse para reducir la pérdida de calor del tubo 1201 compuesto. Generalmente, el aumento de la altura de la burbuja aumenta la resistencia térmica efectiva del tubo 1201, porque una altura de burbuja mayor permite que el primer miembro 1203 alargado sostenga más aire aislante. Sin embargo, se descubrió que, a una cierta altura de burbuja, los cambios en la densidad del aire provocan convección dentro del tubo 1201, aumentando de este modo la pérdida de calor. Además, a una cierta altura de burbuja, el área superficial se vuelve tan grande que el calor perdido a través de la superficie supera los beneficios de la altura aumentada de la burbuja. Ciertas realizaciones incluyen estas realizaciones.

El radio de curvatura y la curvatura de la burbuja pueden ser útiles para determinar una altura de burbuja deseable. La curvatura de un objeto se define como la inversa del radio de curvatura de ese objeto. Por lo tanto, cuanto mayor sea el radio de curvatura que tiene un objeto, menos curvado será el objeto. Por ejemplo, una superficie plana tendrá un radio de curvatura infinito, y por lo tanto una curvatura de 0.

La Figura 19A muestra una sección transversal longitudinal de una porción superior de un tubo compuesto. La Figura 19A muestra una realización de un tubo 1201 compuesto donde la burbuja tiene una gran altura. En este ejemplo, la burbuja tiene un radio de curvatura relativamente pequeño y, por lo tanto, una curvatura grande. Asimismo, la burbuja es aproximadamente de tres a cuatro veces mayor en altura que la altura del segundo miembro 1205 alargado.

La Figura 19B muestra una sección transversal longitudinal de una porción superior de otro tubo compuesto. La Figura 19B muestra una realización de un tubo 1201 compuesto donde la burbuja se aplanan en la parte superior. En este ejemplo, la burbuja tiene un radio de curvatura muy grande pero una curvatura pequeña. Asimismo, la burbuja tiene aproximadamente la misma altura que el segundo miembro 1205 alargado.

La Figura 19C muestra una sección transversal longitudinal de una porción superior de otro tubo compuesto. La Figura 19C muestra una realización de un tubo 1201 compuesto donde el ancho de la burbuja es mayor que la altura de la burbuja. En este ejemplo, la burbuja tiene radio de curvatura y la curvatura entre la de la Figura 19A y la Figura 19B, y el centro del radio para la porción superior de la burbuja está fuera de la burbuja (en comparación con la Figura 19A). Los puntos de inflexión en los lados izquierdo y derecho de la burbuja están aproximadamente en el medio (en altura) de la burbuja (en oposición a la porción inferior de la burbuja, como en la Figura 19A). Asimismo, la altura de la burbuja es aproximadamente el doble que la del segundo miembro 1205 alargado, dando como resultado una altura de burbuja entre la de la Figura 19A y la Figura 19B.

La configuración de la Figura 19A dio como resultado la menor pérdida de calor del tubo. La configuración de la Figura 19B dio como resultado la pérdida de calor más alta del tubo. La configuración de la Figura 19C tenía una pérdida de calor intermedia entre las configuraciones de la Figura 19A y 19B. Sin embargo, la gran área superficial externa y la transferencia de calor por convección en la configuración de la Figura 19A condujeron a un calentamiento ineficaz. Por lo tanto, de las tres disposiciones de burbujas de las Figuras 19A-19C, se determinó que la Figura 19C tenía las mejores propiedades térmicas globales. Cuando se introdujo la misma energía térmica en los tres tubos, la configuración de la Figura 19C permitió el mayor aumento de temperatura a lo largo de la longitud del tubo. La burbuja de la Figura 19C es suficientemente grande para aumentar el volumen de aire aislante, pero no lo suficientemente

grande como para provocar una pérdida de calor por convección significativa. Se determinó que la configuración de la Figura 19B tenía las propiedades térmicas más pobres, a saber, que la configuración de la Figura 19B permitió el menor aumento de temperatura a lo largo de la longitud del tubo. La configuración de la Figura 19A tenía propiedades térmicas intermedias y permitía un aumento de temperatura más bajo que la configuración de la Figura 19C.

- 5 Debe apreciarse que aunque la configuración de la Figura 19C puede preferirse en ciertas realizaciones, otras configuraciones, incluidas las de las Figuras 19A, 19B y otras variaciones, pueden utilizarse en otras realizaciones según se desee.

La Tabla 7 muestra la altura de la burbuja, el diámetro exterior del tubo y el radio de curvatura de las configuraciones mostradas en cada una de las Figuras 19A, 19B y 19C.

10

Tabla 7

Tubo (Fig.)	19A	19B	19C
Altura de burbuja (mm)	3,5	5,25	1,75
Diámetro exterior (mm)	21,5	23,25	19,75
Radio de curvatura (mm)	5,4	3,3	24,3

A continuación se hace referencia a las Figuras 19C a 19F que demuestran el posicionamiento a modo de ejemplo del elemento 1215 de calentamiento con formas de burbuja similares para mejorar las propiedades térmicas. La ubicación del elemento 1215 de calentamiento puede cambiar las propiedades térmicas dentro del tubo 1201 compuesto.

- 15 La Figura 19C muestra una sección transversal longitudinal de una porción superior de otro tubo compuesto. La Figura 19C muestra una realización de un tubo 1201 compuesto donde los elementos 1215 de calentamiento están ubicados centralmente en el segundo miembro 1205 alargado. Este ejemplo muestra los elementos 1215 de calentamiento cercanos entre sí y no cercanos a la pared de burbuja.

- 20 La Figura 19D muestra una sección transversal longitudinal de una porción superior de otro tubo compuesto. La Figura 19D muestra una realización de un tubo 1201 compuesto en donde los elementos 1215 de calentamiento están más espaciados, en comparación con la Figura 19C, en el segundo miembro 1205 alargado. Estos elementos de calentamiento están más cerca de la pared de burbuja y proveen una mejor regulación del calor dentro del tubo 1201 compuesto.

- 25 La Figura 19E muestra una sección transversal longitudinal de una porción superior de otro tubo compuesto. La Figura 19E muestra una realización de un tubo 1201 compuesto en donde los elementos 1215 de calentamiento están espaciados uno encima del otro en el eje vertical del segundo miembro 1205 alargado. En este ejemplo, los elementos 1215 de calentamiento están igualmente cerca de cada pared de burbuja.

- 30 La Figura 19F muestra una sección transversal longitudinal de una porción superior de otro tubo compuesto. La Figura 19F muestra una realización de un tubo 201 compuesto donde los elementos 1215 de calentamiento están espaciados en extremos opuestos del segundo miembro 1205 alargado. Los elementos 1215 de calentamiento están cerca de la pared de burbuja, especialmente en comparación con las Figuras 19C-19E.

- 35 De las disposiciones de cuatro filamentos de las Figuras 19C-19F, se determinó que la Figura 19F tenía las mejores propiedades térmicas. Debido a sus formas de burbuja similares, todas las configuraciones experimentaron una pérdida de calor similar del tubo. Sin embargo, cuando se introdujo la misma energía térmica en los tubos, la configuración de filamento de la Figura 19F permitió el mayor aumento de temperatura a lo largo de la longitud del tubo. Se determinó que la configuración de la Figura 19D tenía las mejores propiedades térmicas siguientes y se permitió el aumento de temperatura más grande siguiente a lo largo de la longitud del tubo. La configuración de la Figura 19C se llevó a cabo mejor a continuación. La configuración de la Figura 19E tenía el rendimiento más pobre y permitió el menor aumento de temperatura a lo largo de la longitud del tubo, cuando se introdujo la misma cantidad de calor.

- 40 Debe apreciarse que, aunque la configuración de la Figura 19F puede preferirse en ciertas realizaciones, otras configuraciones, incluidas las de las Figuras 19C, 19D, 19E, y otras variaciones, pueden utilizarse en otras realizaciones según se desee.

- 45 A continuación, se hace referencia a las Figuras 20A a 20C, que muestran configuraciones a modo de ejemplo para apilar el primer miembro 1203 alargado. Se descubrió que la distribución de calor puede mejorarse en ciertas realizaciones apilando múltiples burbujas. Estas realizaciones pueden ser más beneficiosas cuando se usa un

filamento 1215 de calentamiento interno. La Figura 20A muestra una sección transversal longitudinal de una porción superior de otro tubo compuesto. La Figura 20A muestra una sección transversal de un tubo 1201 compuesto sin ningún apilamiento.

La Figura 20B muestra una sección transversal longitudinal de una porción superior de otro tubo compuesto. La Figura 20B muestra otro tubo 1201 compuesto a modo de ejemplo con burbujas apiladas. En este ejemplo, se apilan dos burbujas una encima de la otra para formar el primer miembro 1203 alargado. En comparación con la Figura 20A, se mantiene la altura total de la burbuja, pero el paso de burbuja es la mitad de la Figura 20A. Asimismo, la realización de la Figura 20B tiene solo una ligera reducción en el volumen de aire. El apilamiento de las burbujas reduce la convección natural y la transferencia de calor en el espacio entre las burbujas 1213 y disminuye la resistencia térmica global. La trayectoria del flujo de calor aumenta en las burbujas apiladas permitiendo que el calor se distribuya más fácilmente a través del tubo 1201 compuesto.

La Figura 20C muestra una sección transversal longitudinal de una porción superior de otro tubo compuesto. La Figura 20C muestra otro ejemplo de un tubo 1201 compuesto con burbujas apiladas. En este ejemplo, se apilan tres burbujas una encima de la otra para formar el primer miembro 1203 alargado. En comparación con la Figura 20A, se mantiene la altura total de la burbuja, pero el paso de burbuja es un tercio de la Figura 20A. Asimismo, la realización de la Figura 20B tiene solo una ligera reducción en el volumen de aire. El apilamiento de las burbujas reduce la convección natural y la transferencia de calor en el espacio entre burbujas 1213.

Conclusión

Ejemplos de sistemas de humidificación respiratoria con control de calentamiento de doble zona y componentes y métodos asociados se han descrito con referencia a las figuras. Las figuras muestran diversos sistemas y módulos y conexiones entre ellos. Los diversos módulos y sistemas pueden combinarse 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 principios relacionados con la provisión de control de calentamiento de doble zona, y se han proporcionado detalles con respecto a divisiones de módulos o sistemas para facilitar la descripción en lugar de intentar delinear realizaciones físicas separadas. Los ejemplos y las figuras pretenden ilustrar y no limitar el alcance de las invenciones descritas en la presente memoria. Por ejemplo, los principios en la presente memoria pueden aplicarse a un humidificador respiratorio, así como a otros tipos de sistemas de humidificación, incluidos humidificadores quirúrgicos. Los principios en la presente memoria pueden aplicarse en aplicaciones respiratorias, así como en otros escenarios donde debe controlarse una temperatura de gases a lo largo de múltiples segmentos sujetos a temperaturas ambientales variables.

Como se usa en la presente memoria, el término "procesador" se refiere ampliamente a cualquier dispositivo, bloque lógico, módulo, circuito o combinación de elementos adecuados para ejecutar instrucciones. Por ejemplo, el controlador 122 puede incluir cualquier microprocesador convencional de propósito general de chip único o múltiple como, por ejemplo, un procesador Pentium®, un procesador MIPS®, un procesador Power PC®, procesador AMD®, procesador ARM®, o un procesador ALPHA®. Además, el controlador 122 puede incluir cualquier microprocesador convencional de propósito especial como, por ejemplo, un procesador de señales digitales o un microcontrolador. Los diversos bloques lógicos, módulos y circuitos ilustrativos descritos en relación con las realizaciones descritas en la presente memoria pueden implementarse o llevarse a cabo con un procesador de propósito general, un procesador de señales digitales (DSP, por sus siglas en inglés), un circuito integrado para aplicaciones específicas (ASIC, por sus siglas en inglés), una matriz de puertas programables en campo (FPGA, por sus siglas en inglés) u otro dispositivo de lógica programable, puerta discreta o lógica de transistor, componentes de hardware discretos o cualquier combinación de los mismos diseñada para llevar a cabo las funciones descritas en la presente memoria, 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 122 puede implementarse como una combinación de dispositivos informáticos, p. ej., una combinación de un DSP y un microprocesador, una combinación de un microcontrolador y un microprocesador, múltiples microprocesadores, uno o más microprocesadores junto con un núcleo de DSP, o cualquier otra configuración de este tipo.

El almacenamiento de datos puede referirse a circuitos electrónicos que permiten que los datos sean almacenados y recuperados por un procesador. 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 rápido (chips), por ejemplo, memoria de acceso aleatorio (RAM, por sus siglas en inglés) o diversas formas de memoria de solo lectura (ROM, por sus siglas en inglés), que están conectadas directamente al bus de comunicación o al controlador 122. Otros tipos de almacenamiento de datos incluyen memoria de burbujas y memoria central. El almacenamiento de datos puede ser hardware físico configurado para almacenar datos en un medio no transitorio.

El lenguaje condicional usado en la presente memoria como, por ejemplo, entre otros, "puede", "podría", "p. ej.," y similares, a menos que se indique específicamente lo contrario, o se entienda de otro modo dentro del contexto tal como se usa, generalmente pretende transmitir que determinadas realizaciones incluyen, mientras que otras realizaciones no incluyen, determinadas características, elementos y/o estados. Por lo tanto, dicho lenguaje condicional no pretende, en general, implicar que las características, elementos y/o estados se requieran de cualquier

manera para una o más realizaciones. Tal como se usan en la presente memoria, los términos "comprende", "que comprende", "incluye", "que incluye", "tiene", "que tiene" o cualquier otra variación de los mismos, pretenden cubrir una inclusión no excluyente. Por ejemplo, un proceso, método, artículo o aparato que comprende una lista de elementos no se limita necesariamente a solo esos elementos, sino que puede incluir otros elementos no enumerados expresamente o inherentes a dicho proceso, método, artículo o aparato. Asimismo, 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 en la lista. El lenguaje conjuntivo como, por ejemplo, la expresión "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 tanto, dicho lenguaje conjuntivo no pretende generalmente implicar que determinadas realizaciones requieren que al menos uno de X, al menos uno de Y y al menos uno de Z esté presente. Como se usa en la presente memoria, las palabras "aproximadamente" o "alrededor de" pueden significar que un valor está dentro de $\pm 10\%$, dentro de $\pm 5\%$, o dentro de $\pm 1\%$ del valor establecido.

Los métodos y procesos descritos en la presente memoria pueden realizarse en, y parcial o completamente automatizados a través de, módulos de código de software ejecutados por uno o más ordenadores de propósito general y/o especial. La palabra "módulo" se refiere a lógica incorporada en hardware y/o firmware, o a una colección de instrucciones de software, que posiblemente tienen puntos de entrada y salida, escritos en un lenguaje de programación como, por ejemplo, C o C++. Un módulo de software puede compilarse y vincularse en un programa ejecutable, instalado en una biblioteca vinculada dinámicamente, o puede escribirse en un lenguaje de programación interpretado como, por ejemplo, BASIC, Perl o Python. Se apreciará que los módulos de software pueden ser invocables desde otros módulos o desde sí mismos, y/o pueden invocarse en respuesta a eventos o interrupciones detectadas. Las instrucciones de software pueden estar integradas en firmware como, por ejemplo, una memoria de solo lectura programable borrrable (EPROM, por sus siglas en inglés). Se apreciará además que los módulos de hardware pueden comprender unidades lógicas conectadas como, por ejemplo, puertas y basculadores, y/o pueden comprender unidades programables como, por ejemplo, matrices de puertas programables, circuitos integrados para aplicaciones específicas y/o procesadores. Los módulos descritos en la presente memoria 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 lógicas.

En ciertas realizaciones, los módulos de código pueden implementarse y/o almacenarse 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 usados por el sistema pueden almacenarse en cualquier tipo de repositorio de datos informáticos como, por ejemplo, una base de datos relacional y/o un sistema de archivos planos. Cualquiera de los sistemas, métodos y procesos descritos en la presente memoria puede incluir una interfaz configurada para permitir la interacción con usuarios, operadores, otros sistemas, componentes, programas, etc.

Debe enfatizarse que pueden realizarse muchas variaciones y modificaciones a las realizaciones descritas en la presente memoria, cuyos elementos deben entenderse entre otros ejemplos aceptables.

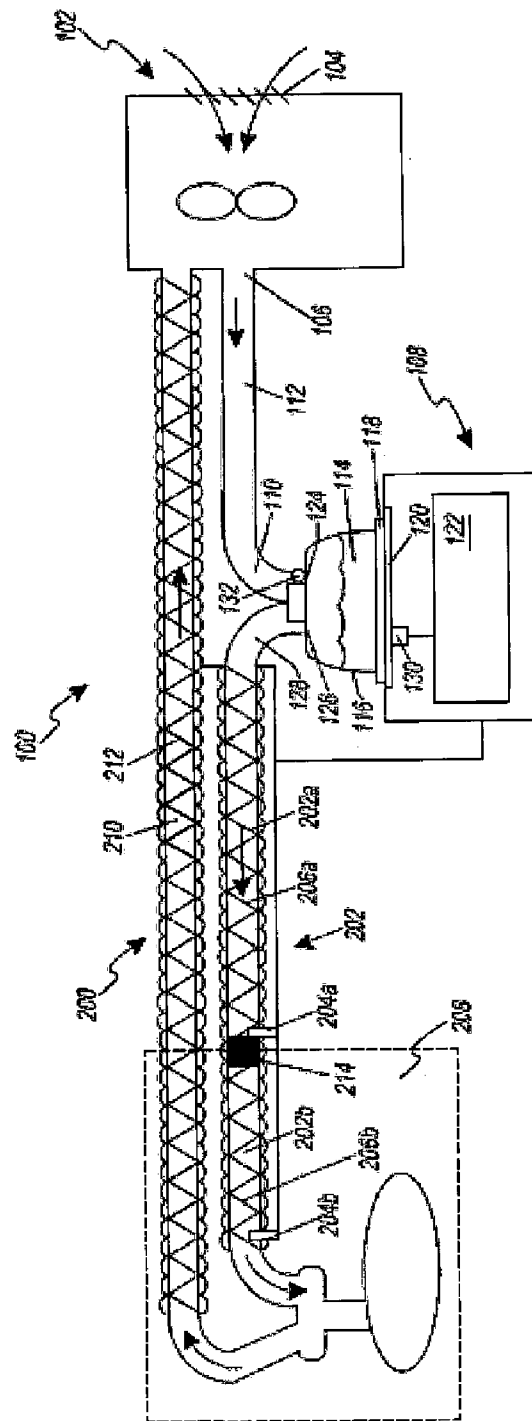
REIVINDICACIONES

1. Un tubo médico que comprende:
un primer segmento (202a) que comprende uno o más alambres (206a) de calentador;
un segundo segmento (202b) que comprende uno o más alambres (206b) de calentador;
5 y,
estando configurados el uno o más alambres de calentador del primer y segundo segmentos para conectarse en uso a al menos un controlador (122) de manera que, en un primer modo, se provee energía al uno o más alambres de calentador del primer segmento y no se provee energía al uno o más alambres de calentador del segundo segmento;
en donde cada uno de los segmentos primero y segundo comprende:
10 un primer miembro (1203) alargado que comprende un cuerpo hueco alargado enrollado en espiral; y,
un segundo miembro alargado (1205) enrollado en espiral entre vueltas adyacentes del primer miembro alargado.
2. El tubo médico de la reivindicación 1, en donde:
el uno o más alambres de calentador del primer segmento están incorporados o encapsulados dentro del segundo miembro alargado del primer segmento; y,
15 el uno o más alambres de calentador del segundo segmento están incorporados o encapsulados dentro del segundo miembro alargado del segundo segmento.
3. El tubo médico de la reivindicación 2, en donde el uno o más alambres de calentador del primer segmento y/o del segundo segmento están espaciados entre sí en el segundo miembro alargado.
4. El tubo médico de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el segundo miembro alargado provee soporte para el primer miembro alargado.
5. El tubo médico de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el primer miembro alargado forma al menos en parte un tubo alargado que tiene un eje longitudinal, un lumen que se extiende a lo largo del eje longitudinal y está configurado para transportar gases, formando el segundo miembro alargado al menos una porción del lumen.
6. El tubo médico de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde uno o más alambres de sensor están incorporados dentro del segundo miembro alargado del primer segmento y/o del segundo miembro alargado del segundo segmento, en donde el uno o más alambres de sensor están configurados para estar conectados a uno de un sensor de temperatura, un sensor de flujo, un sensor de concentración de oxígeno, o un sensor de humedad.
7. El tubo médico de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde una longitud del primer segmento y una longitud del segundo segmento son diferentes.
8. El tubo médico de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además una sección intermedia configurada para acoplar mecánica y eléctricamente el primer segmento y el segundo segmento.
9. El tubo médico de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que está configurado para usarse junto con una incubadora (290), en donde el primer segmento está configurado para ubicarse fuera de la incubadora y el segundo segmento corresponde a una porción del tubo médico configurado para insertarse en la incubadora.
10. El tubo médico de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el cuerpo hueco alargado está lleno de gas y/o está perforado.
11. El tubo médico de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el tubo médico es flexible y/o es una rama inspiratoria configurada para suministrar gases inspiratorios a un paciente en uso.
12. El tubo médico de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde: el segundo miembro alargado está unido entre vueltas adyacentes del primer miembro alargado; y el cuerpo hueco alargado forma en sección transversal longitudinal múltiples burbujas, en donde un ancho de las burbujas es mayor que una altura de las burbujas y/o las burbujas están separadas por un espacio en sección transversal longitudinal entre vueltas adyacentes del cuerpo hueco alargado.
13. El tubo médico de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el cuerpo hueco alargado del primer miembro alargado comprende dos o más porciones, de manera que las dos o más porciones están situadas entre vueltas adyacentes del segundo miembro alargado y/o de manera que se forman dos o más burbujas en una sección transversal longitudinal.

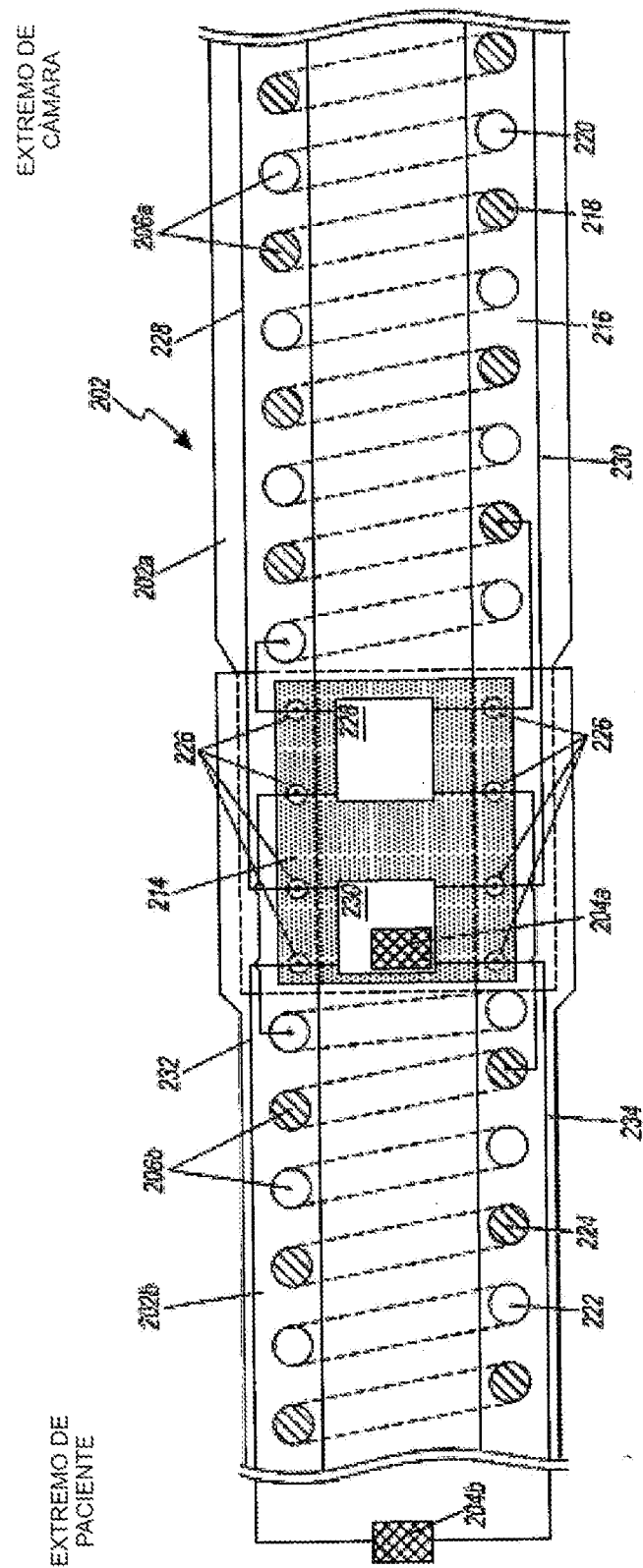
14. El tubo médico de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el segundo miembro alargado comprende una base más ancha y una parte superior más estrecha y/o el segundo miembro alargado es más rígido que el primer miembro alargado.
- 5 15. El tubo médico de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el uno o más alambres de calentador del primer y segundo segmentos están configurados para conectarse en uso al al menos un controlador de manera que, en un segundo modo, se provee energía al uno o más alambres de calentador del primer segmento y al uno o más alambres de calentador del segundo segmento.
16. El tubo médico de la reivindicación 15, en donde el tubo médico está en el primer modo o el segundo modo está determinado por una polaridad de una potencia suministrada.
- 10 17. Un circuito (200) de doble rama que comprende:

el tubo médico de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, siendo el tubo médico una/la rama inspiratoria configurada para suministrar gases inspiratorios a un paciente en uso; y,

una rama (210) espiratoria configurada para transportar los gases exhalados lejos del paciente y que comprende uno o más alambres (212) de calentador espiratorios;
- 15 en donde, el uno o más alambres de calentador espiratorios están configurados para conectarse en uso al al menos un controlador de manera que, en el primer modo, se provee energía al uno o más alambres de calentador del primer segmento y a toda la longitud del uno o más alambres de calentador espiratorios, y no se provee energía al uno o más alambres de calentador del segundo segmento, y, en un/el segundo modo, se provee energía a uno o más alambres de calentador del primer segmento, el uno o más alambres de calentador del segundo segmento, y toda la longitud
- 20 del uno o más alambres de calentador espiratorios.
18. El circuito de rama dual de la reivindicación 17, que comprende un conector (214) intermedio configurado para acoplar mecánica y eléctricamente el primer y segundo segmentos de la rama inspiratoria.



15

2
G
—
LL

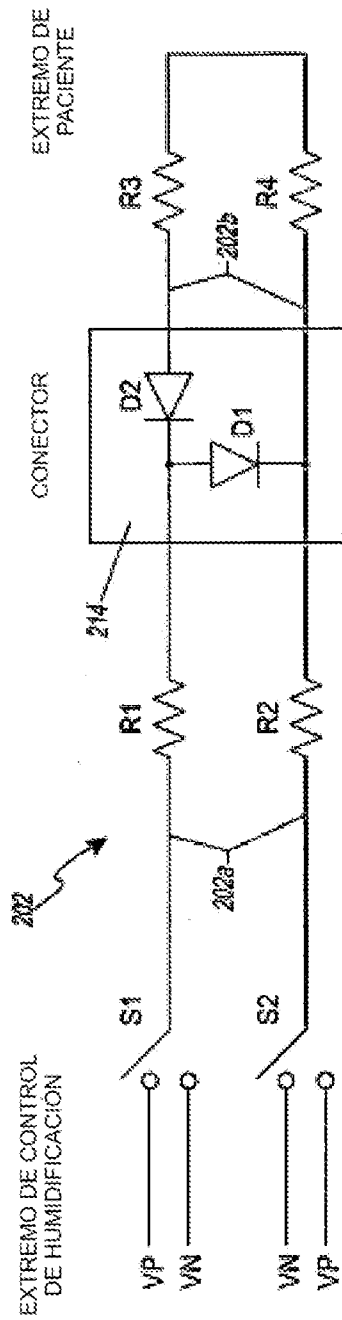


FIG. 3A

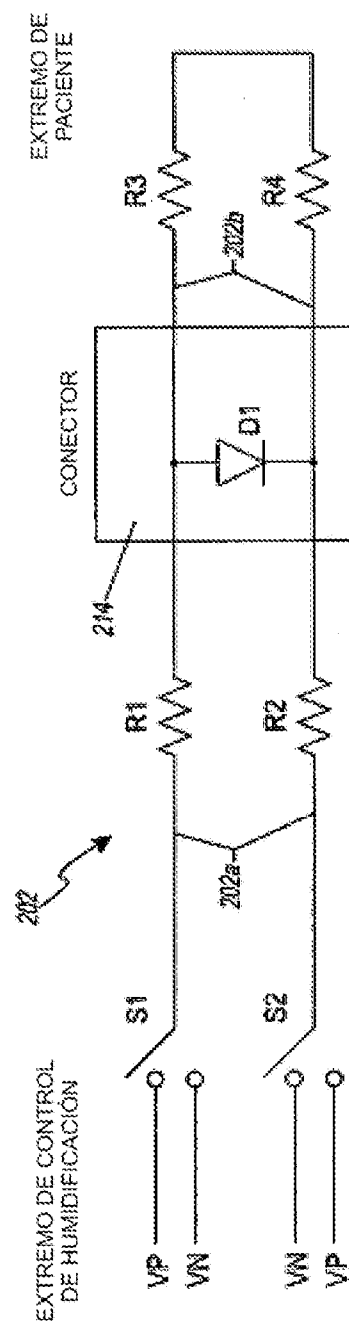


FIG. 3B

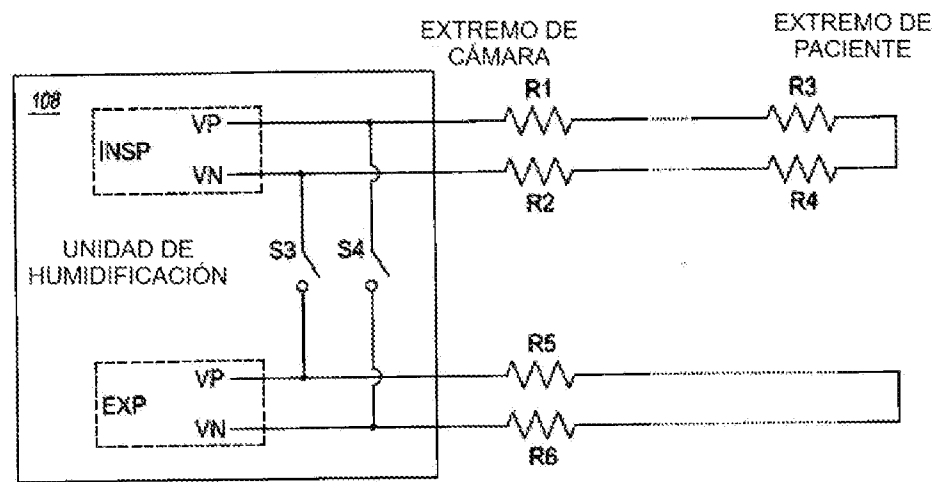


FIG. 4A

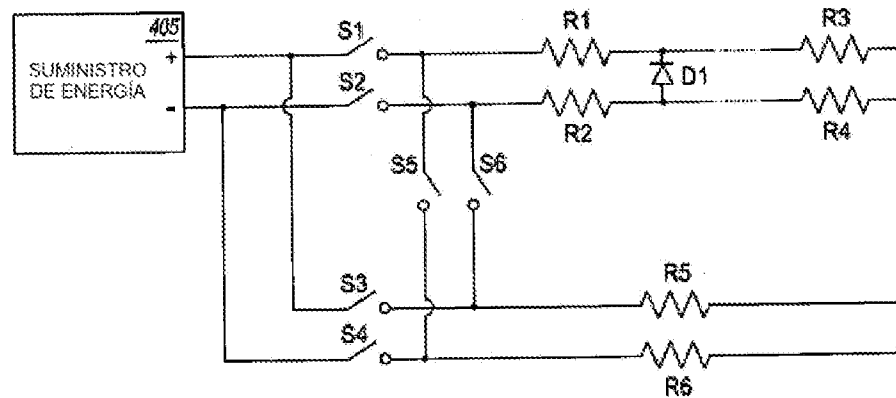


FIG. 4B

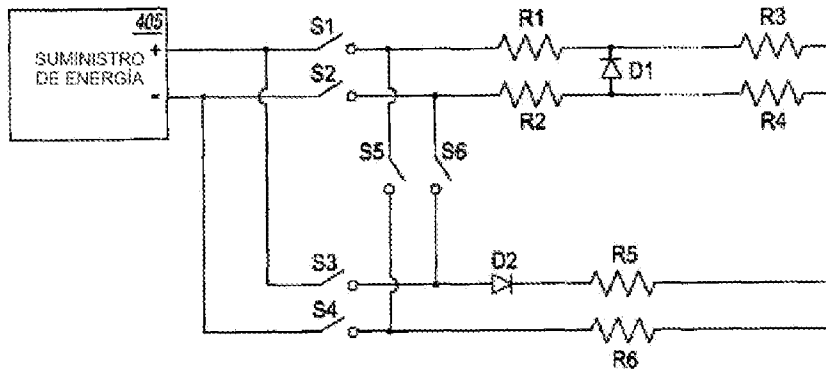


FIG. 4C

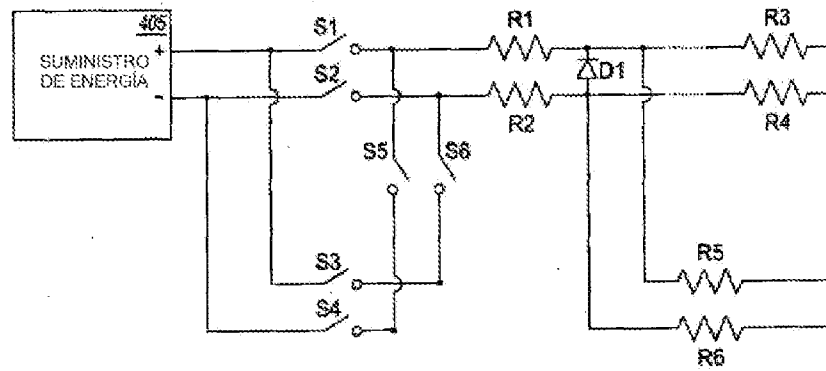


FIG. 4D

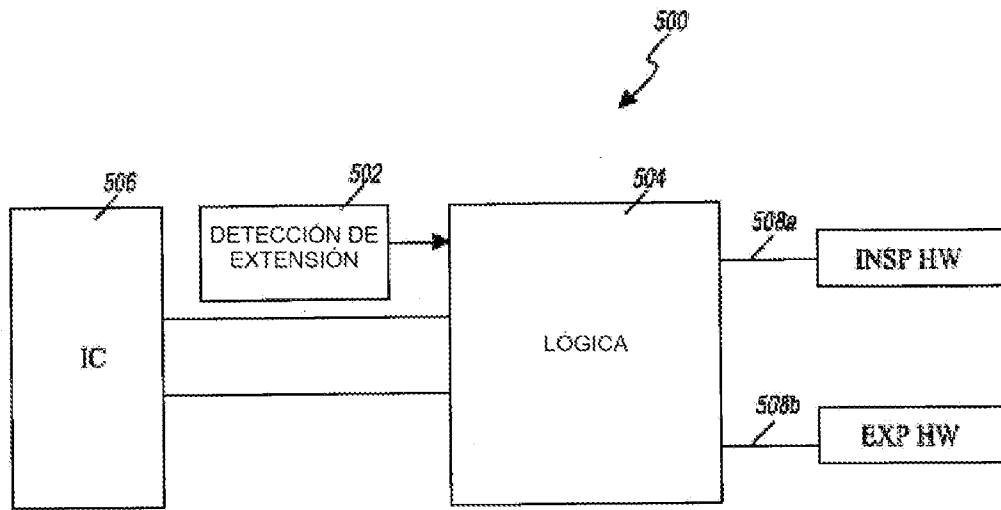


FIG. 5

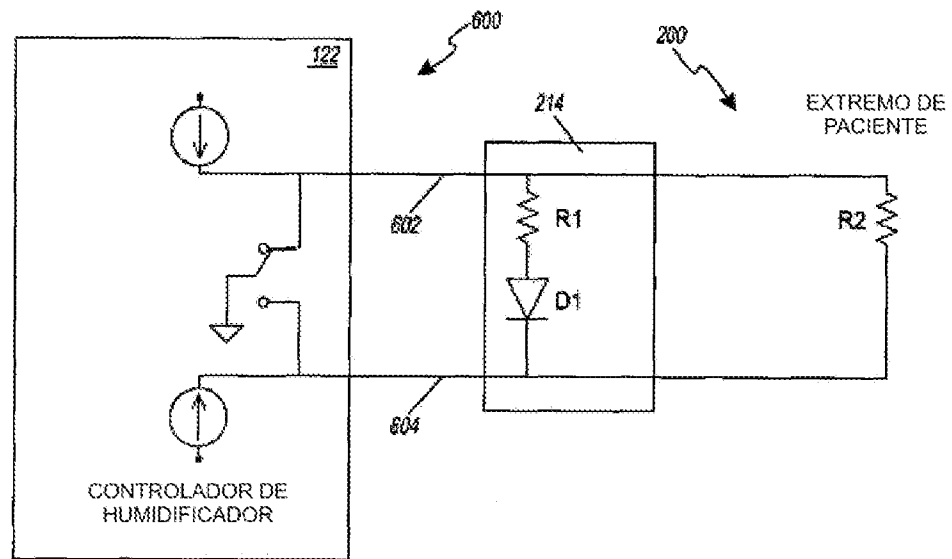


FIG. 6A

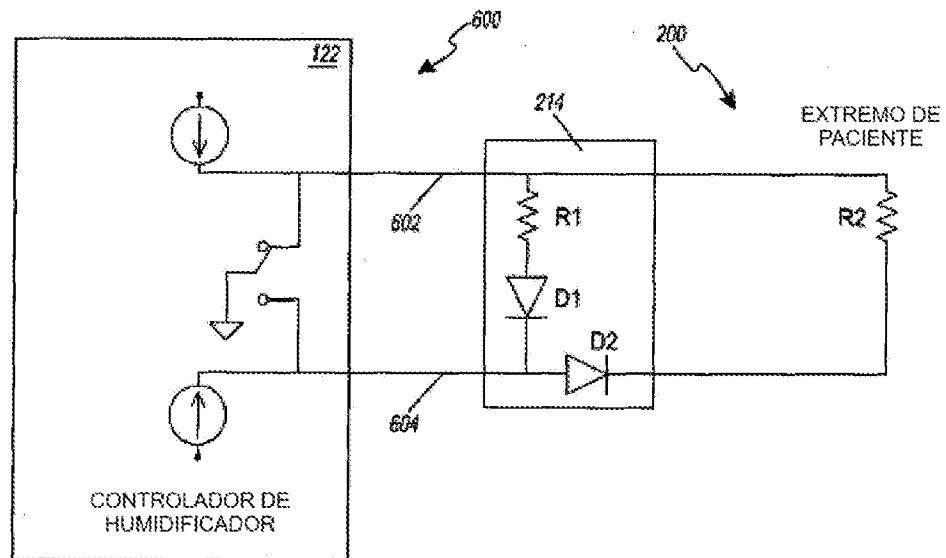


FIG. 6B

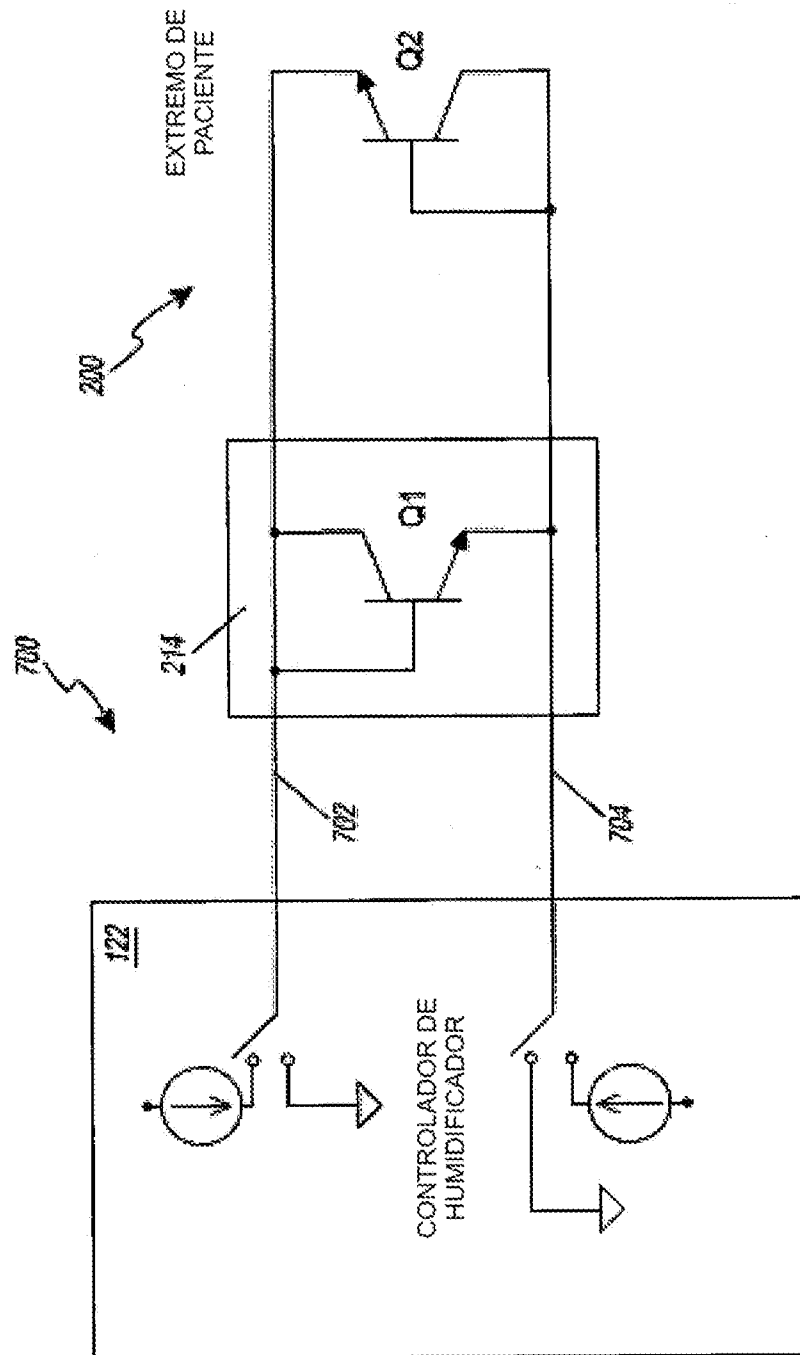


FIG. 7

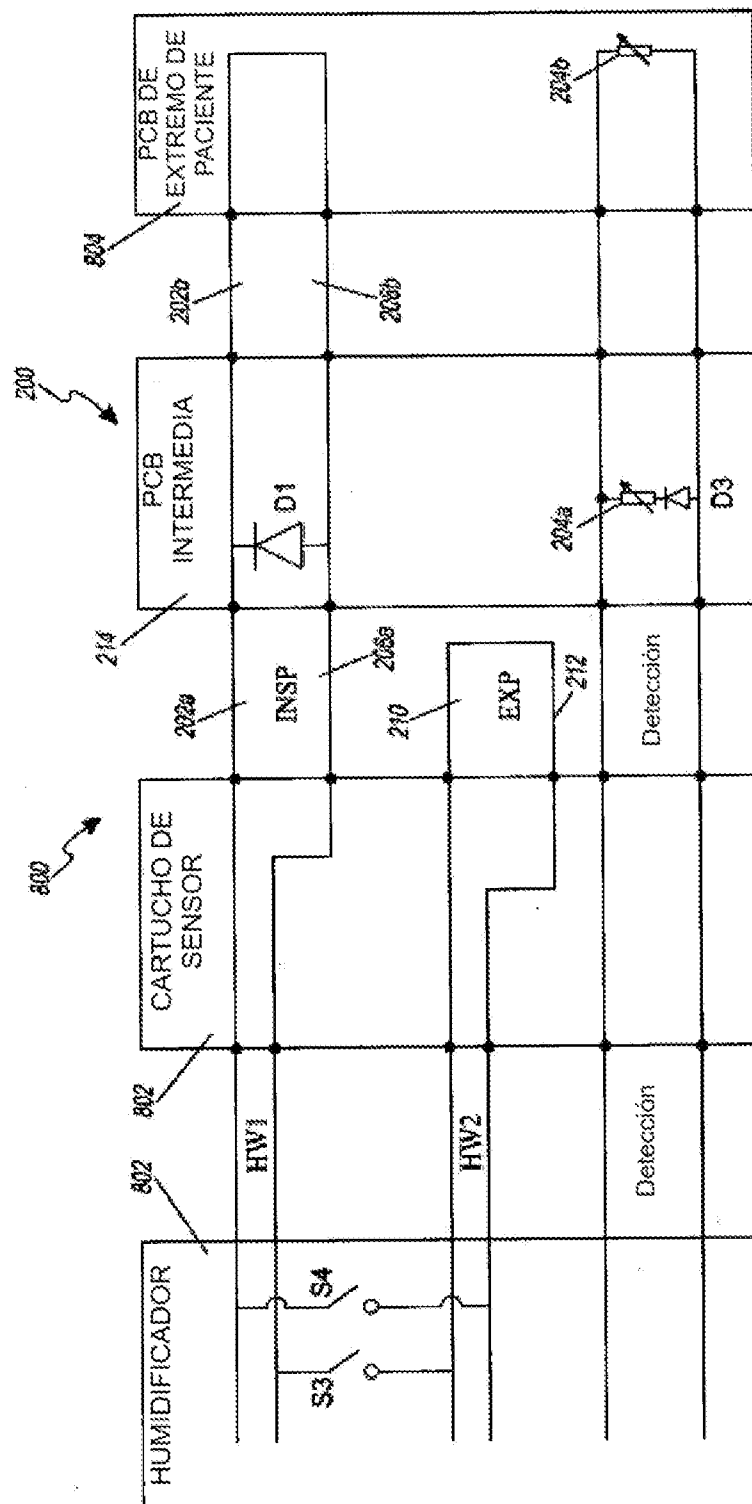


FIG. 8A

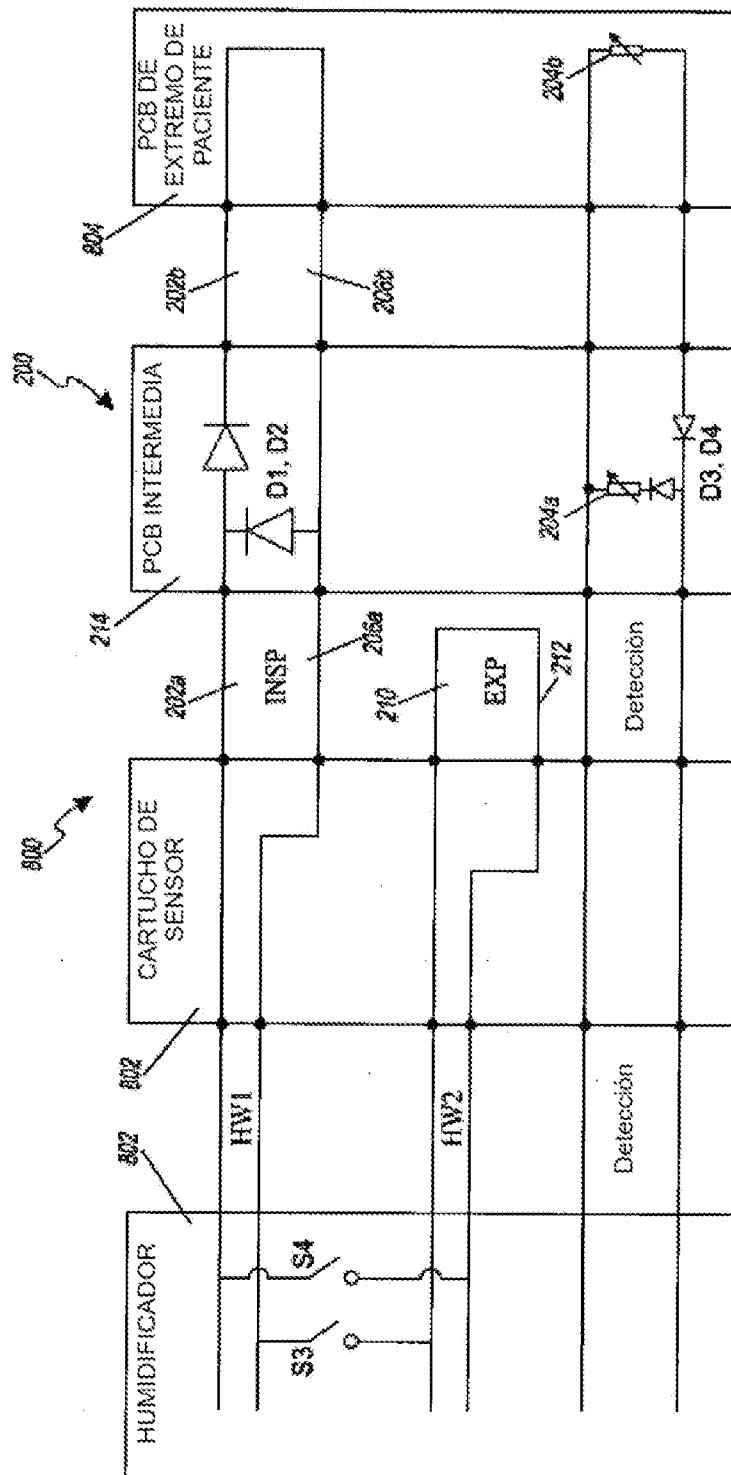


FIG. 8B

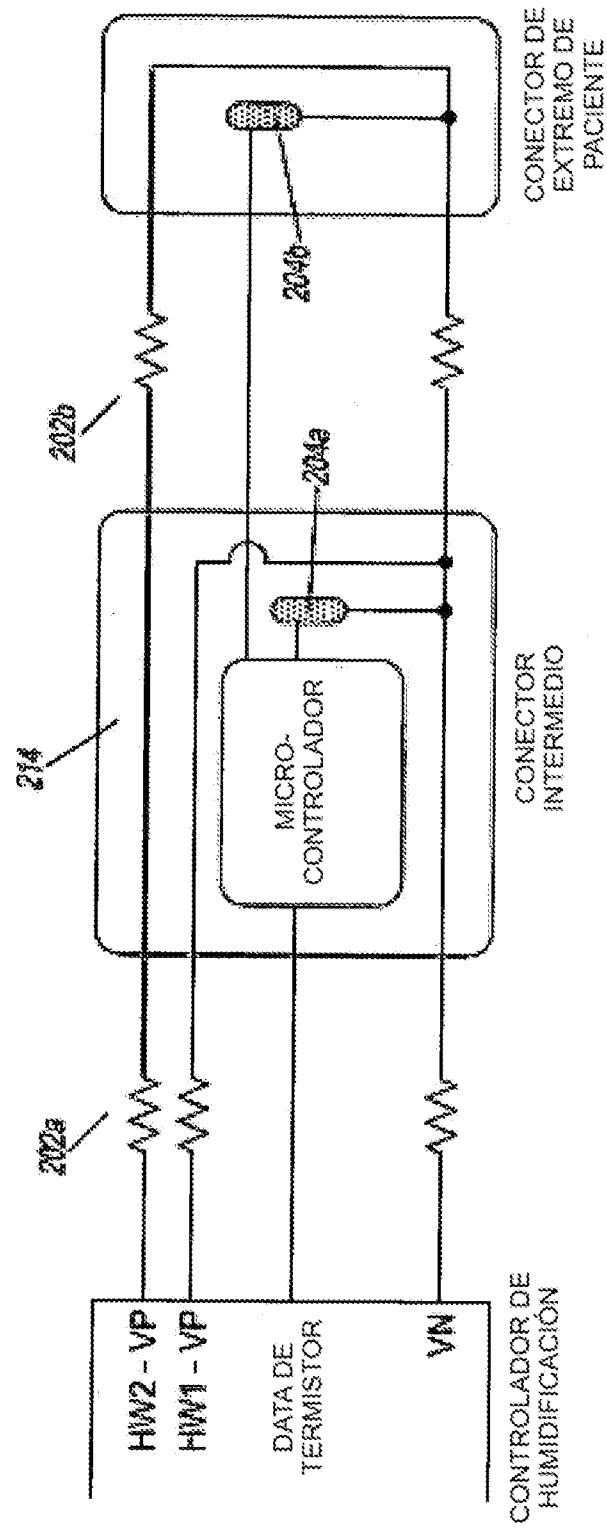


FIG. 9

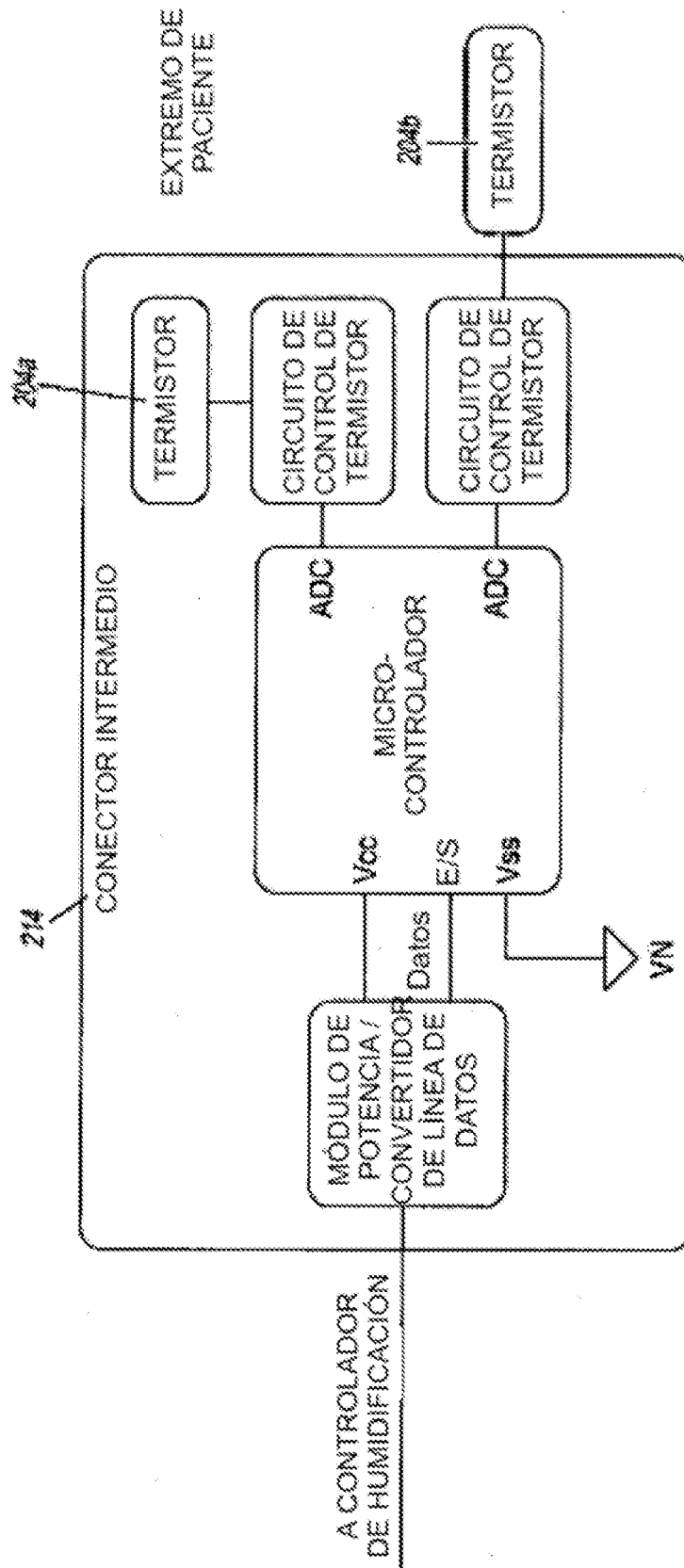


FIG. 10

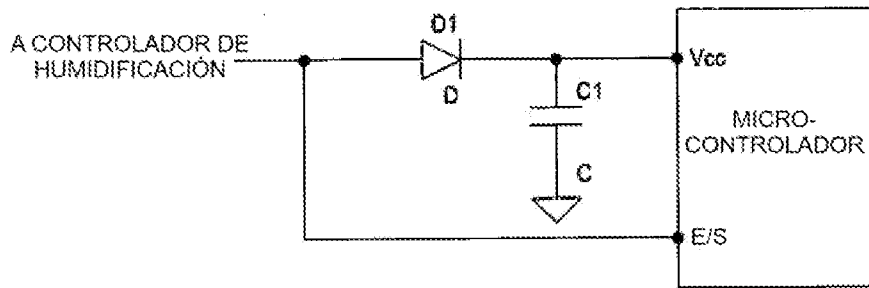


FIG. 11

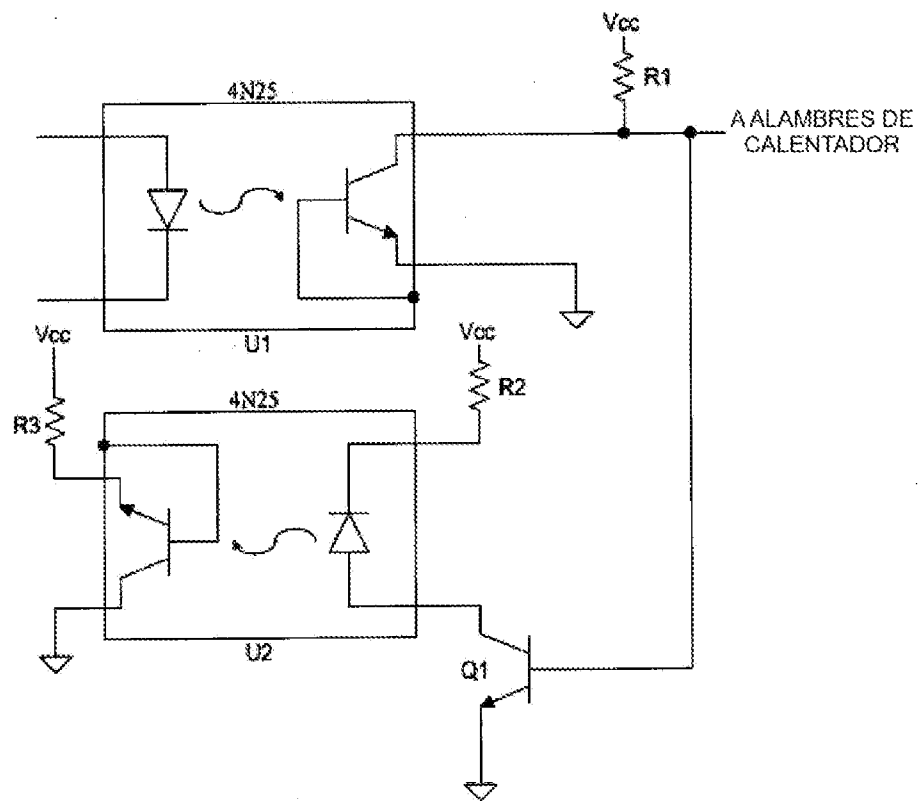


FIG. 12

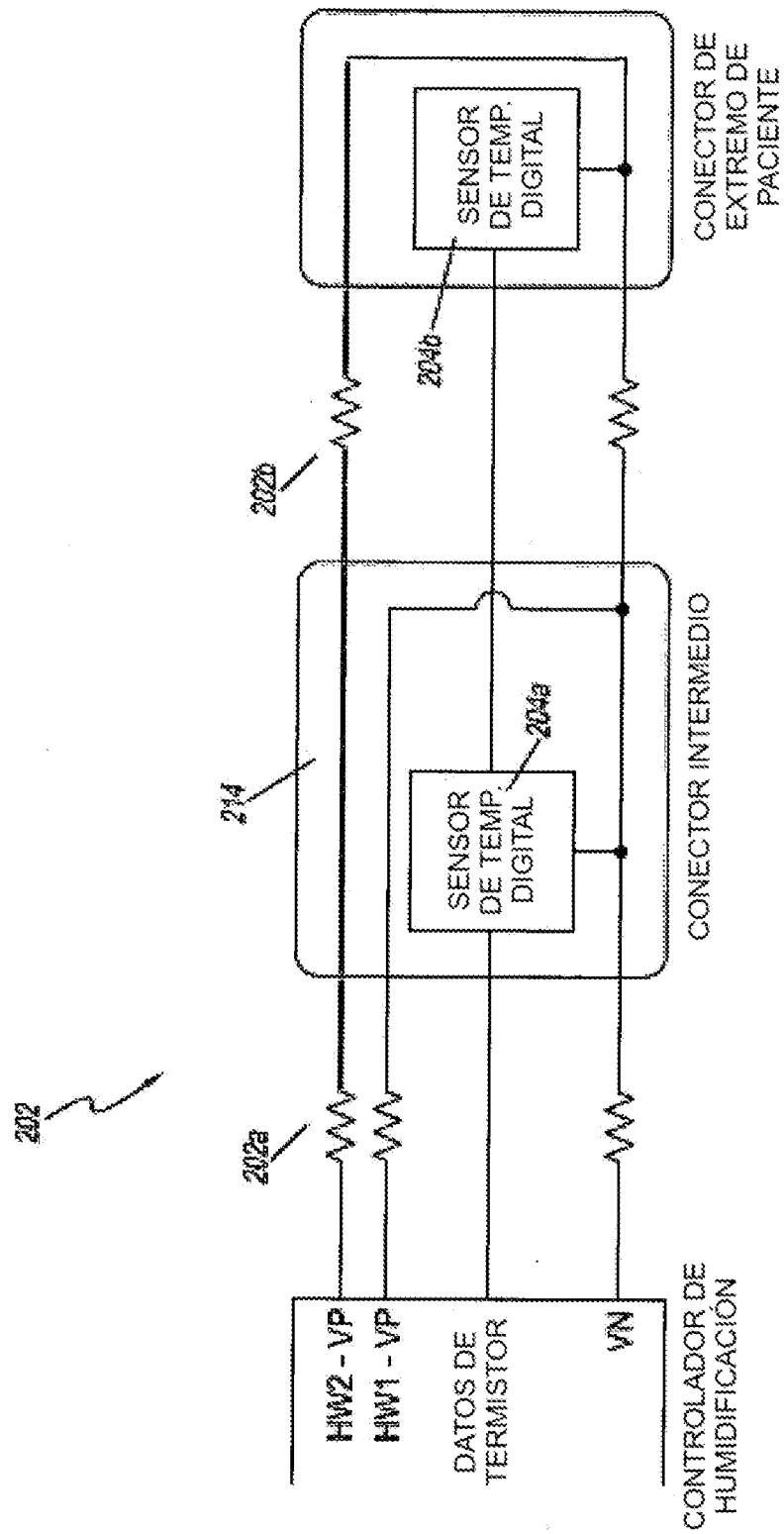
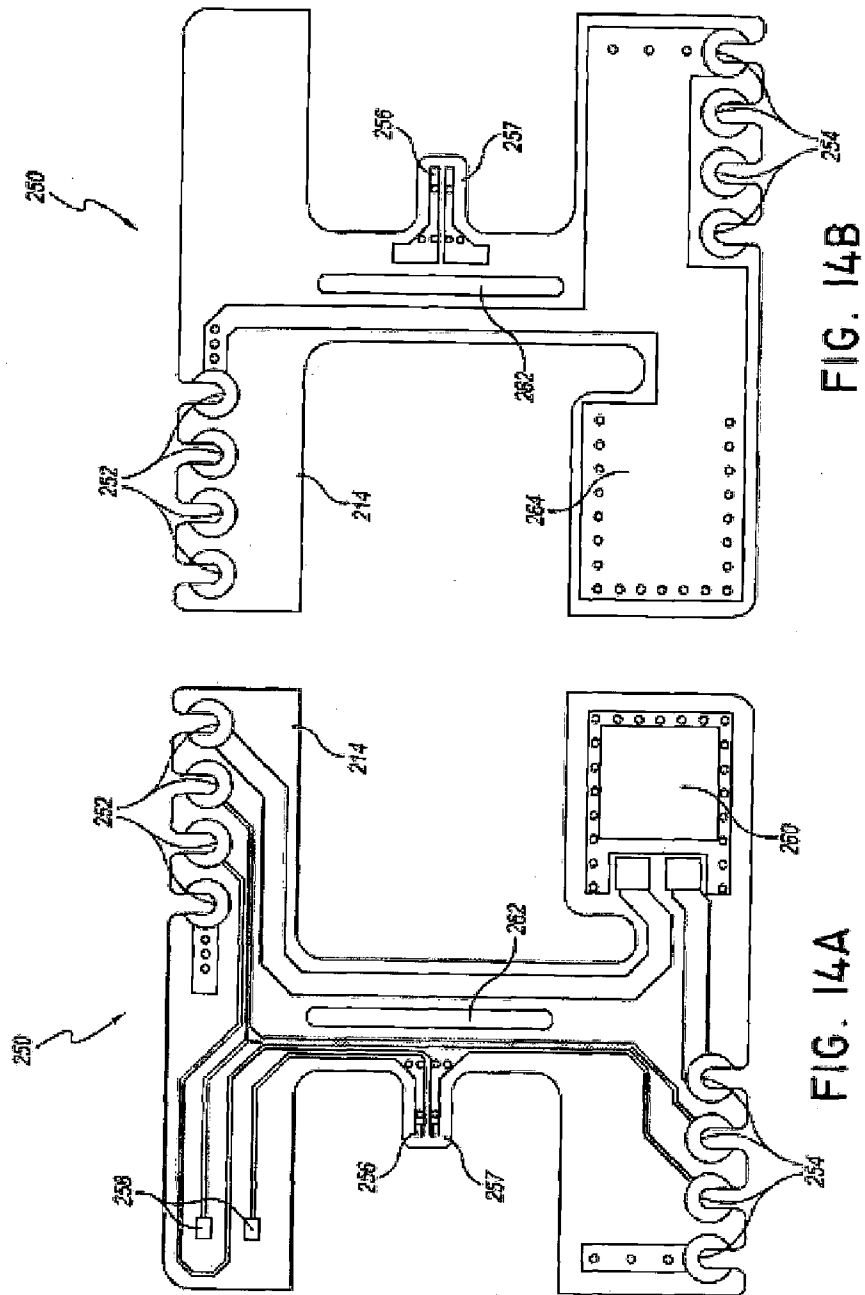
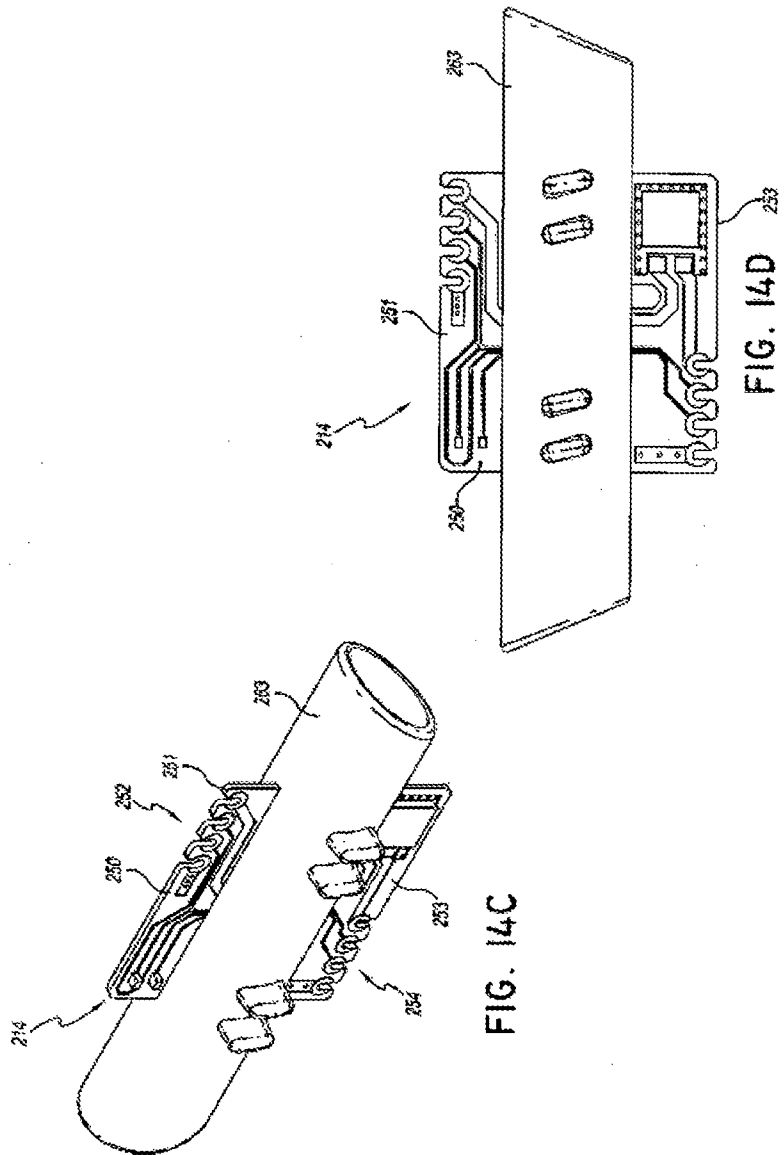


FIG. 13





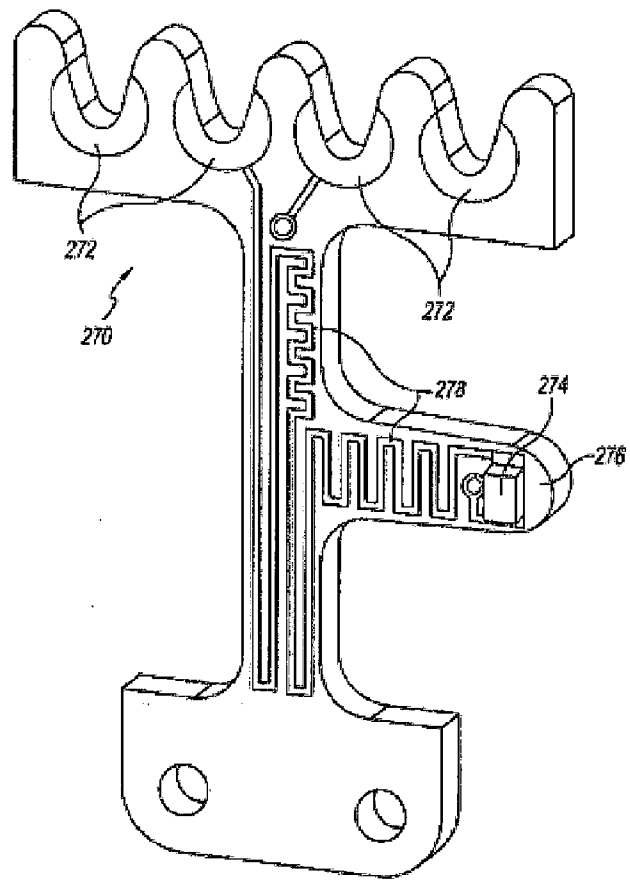


FIG. 15A

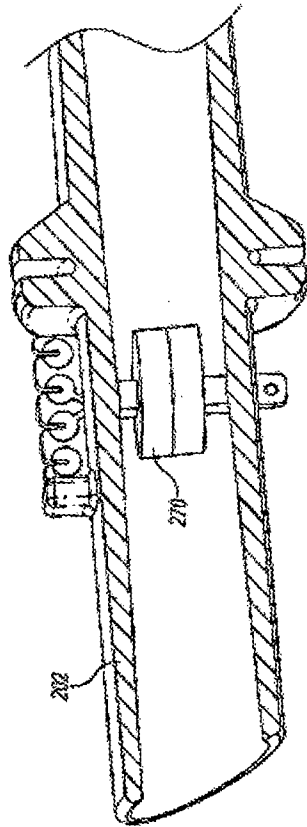


FIG. 15B

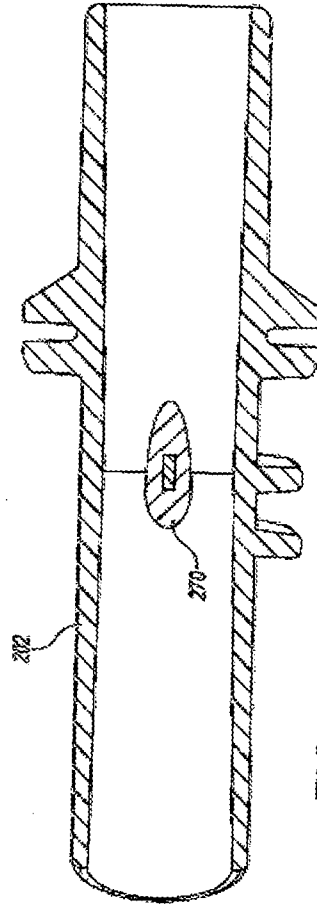


FIG. 15C

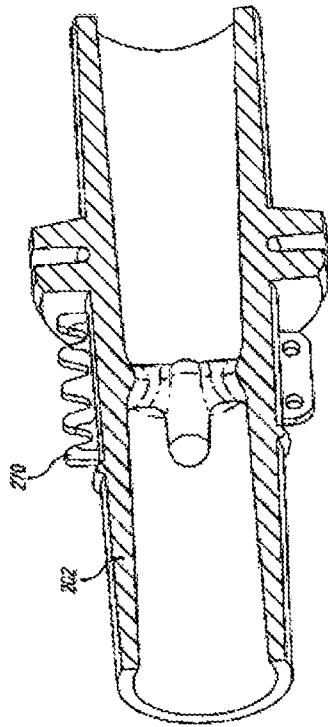


FIG. 15D

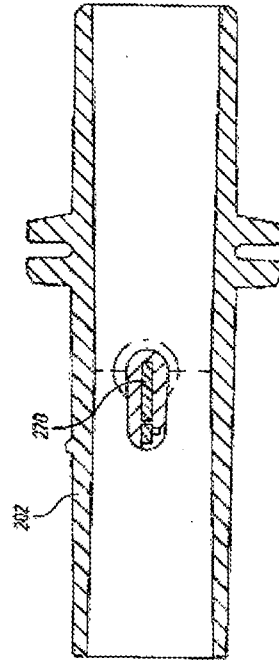
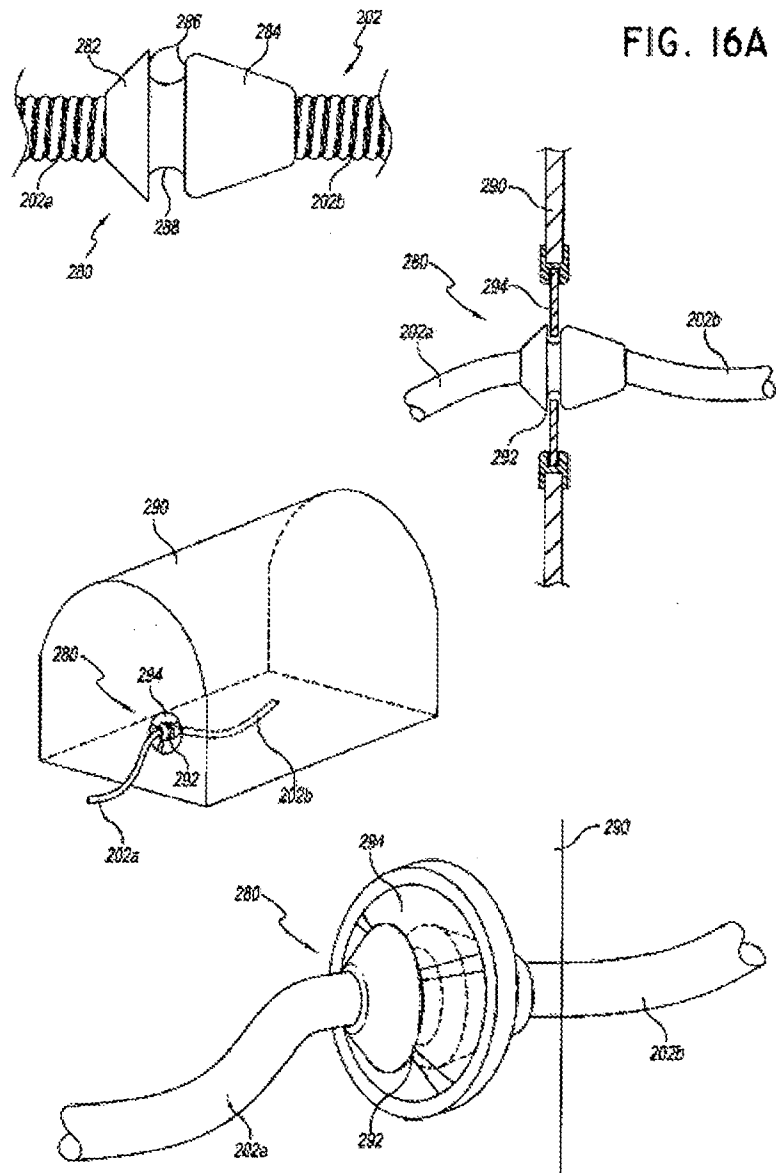
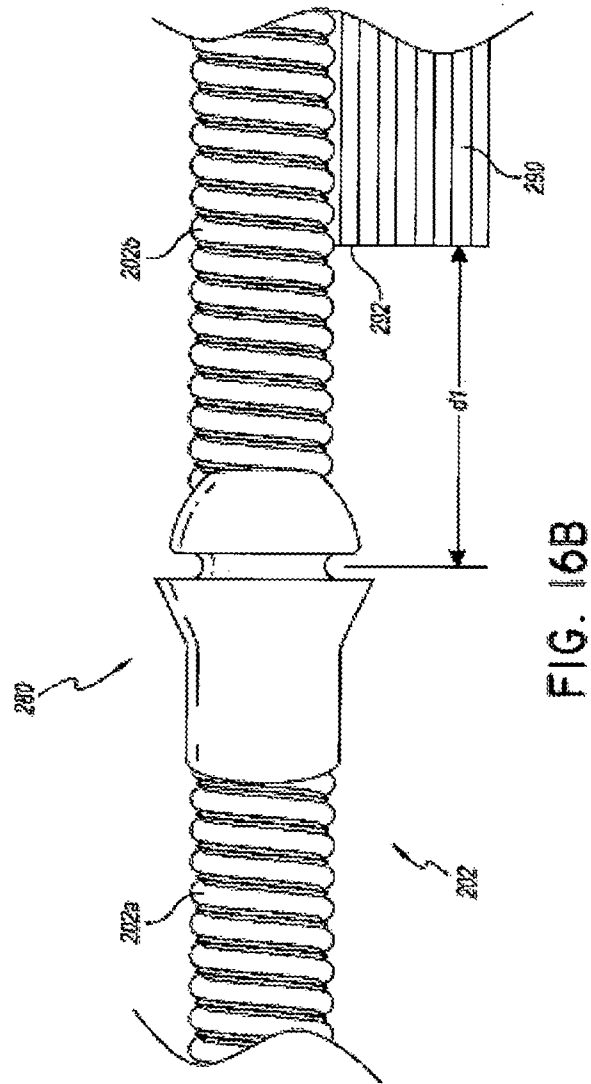
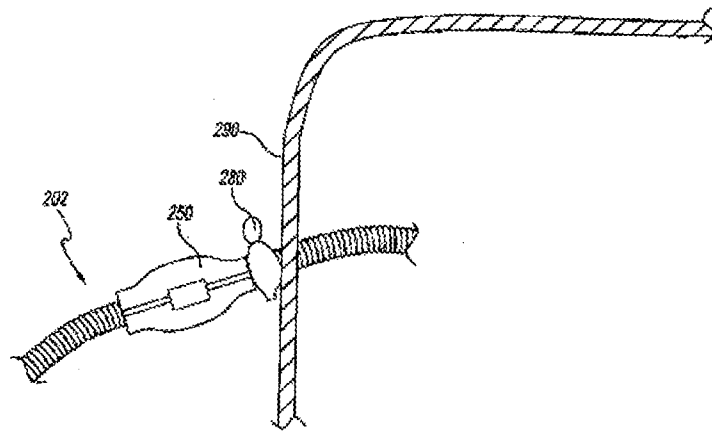
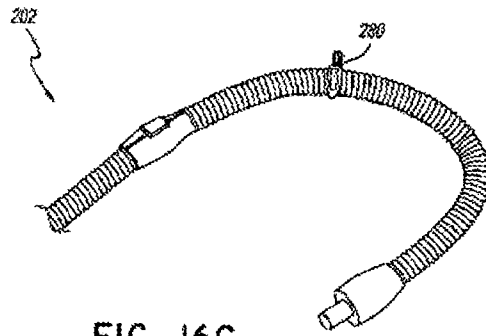


FIG. 15E







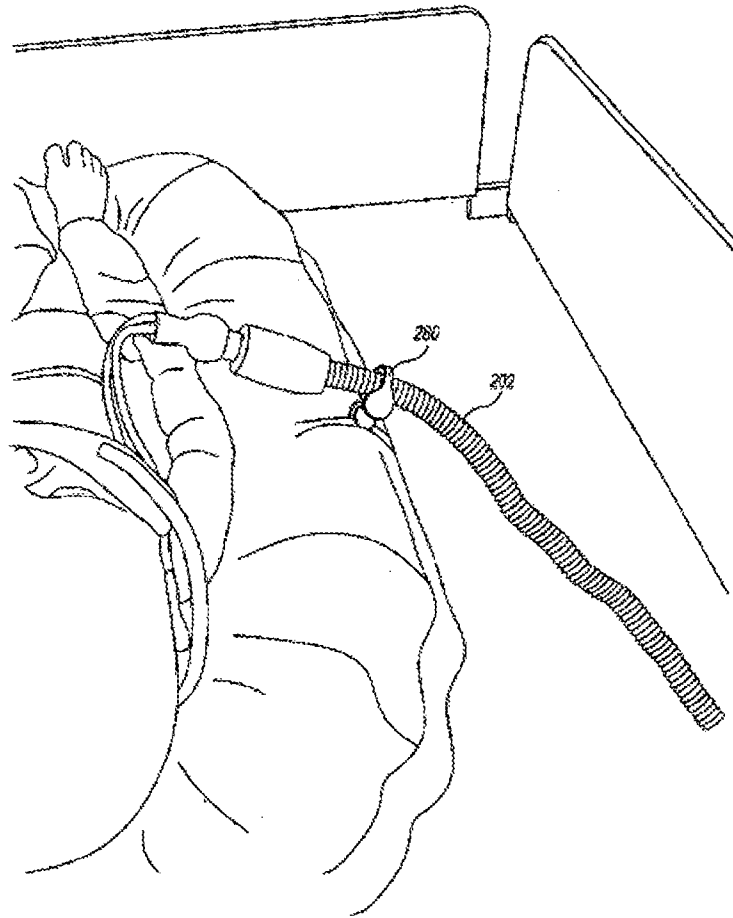


FIG. 16E

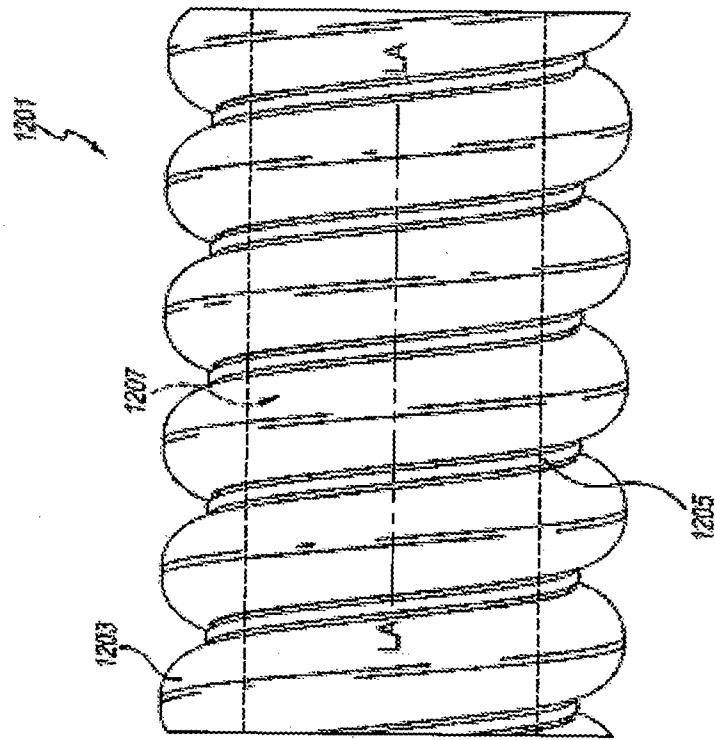


FIG. 17A

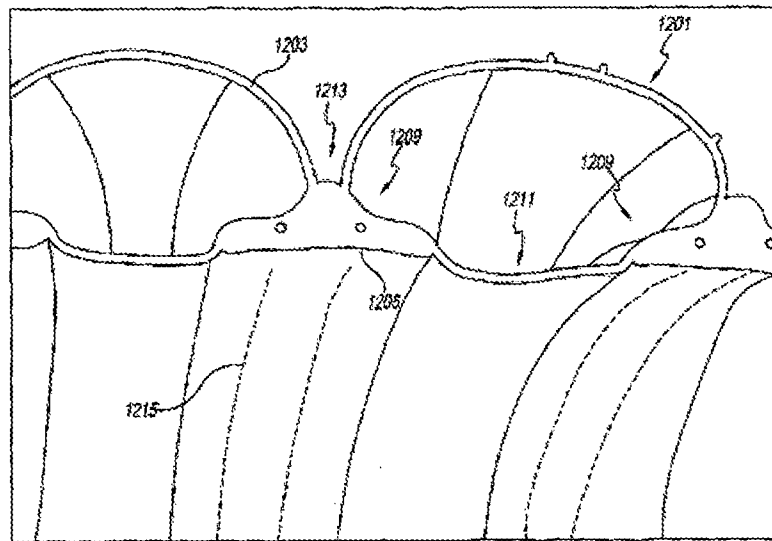


FIG. 17B

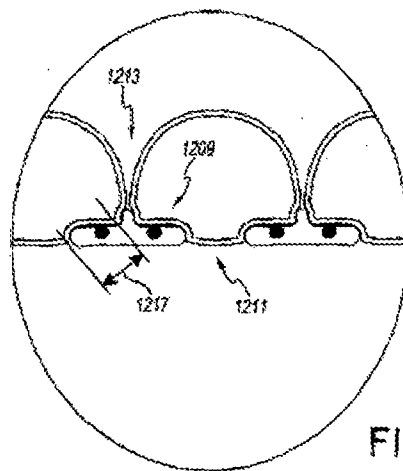


FIG. 17C

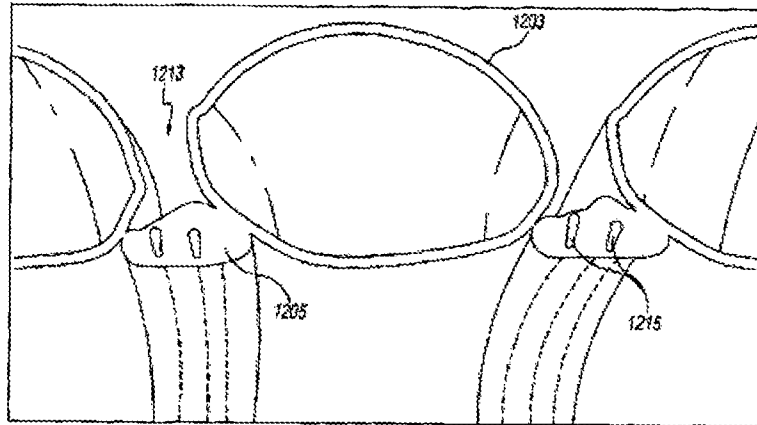


FIG. 17D

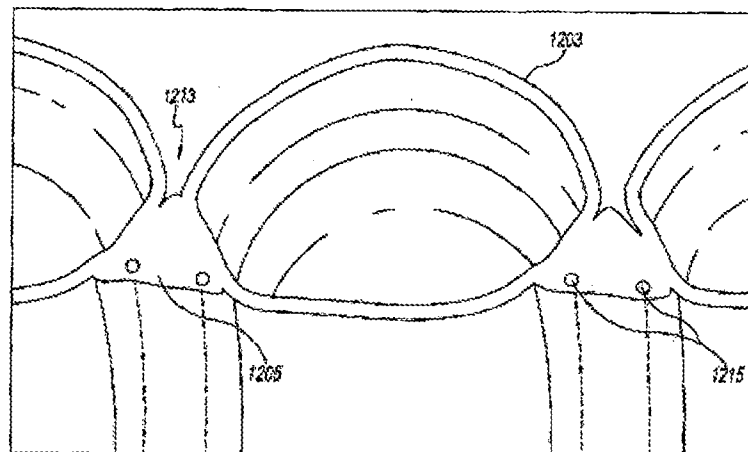


FIG. 17E

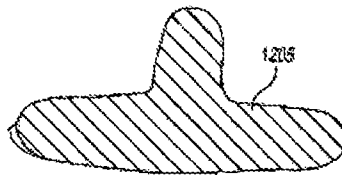


FIG. 18A

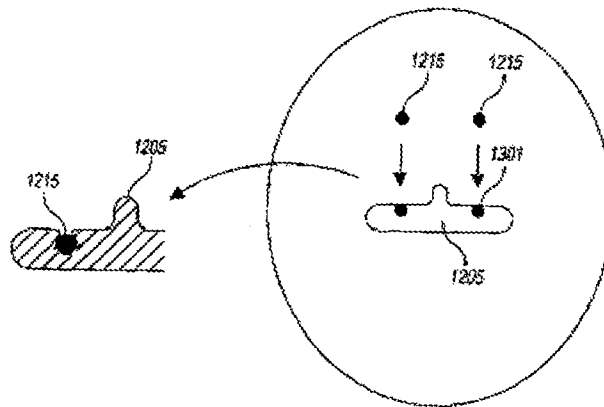
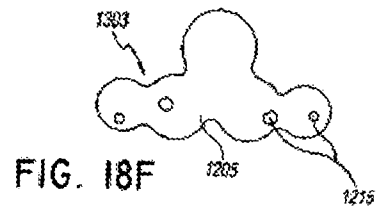
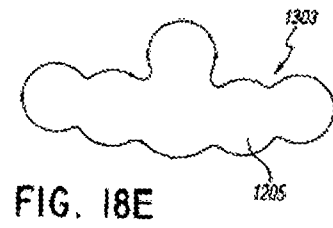
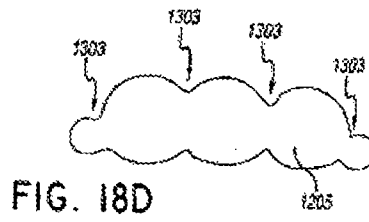
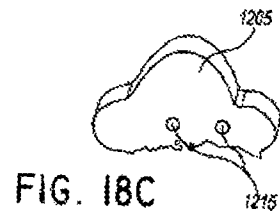


FIG. 18B



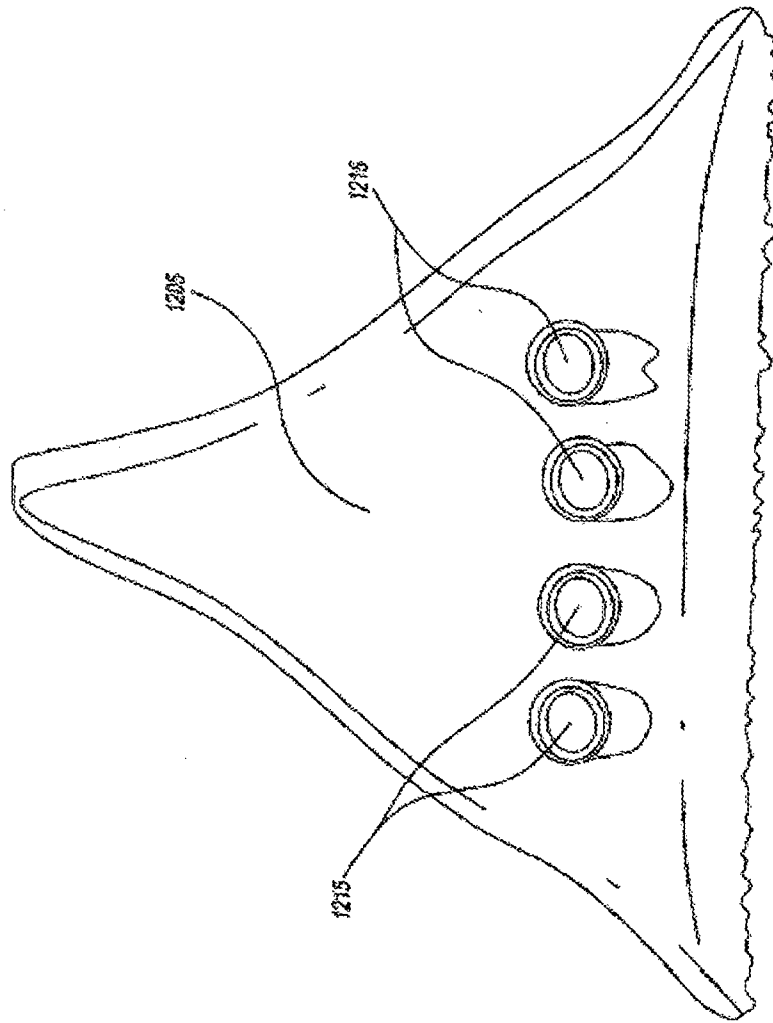


FIG. 18G

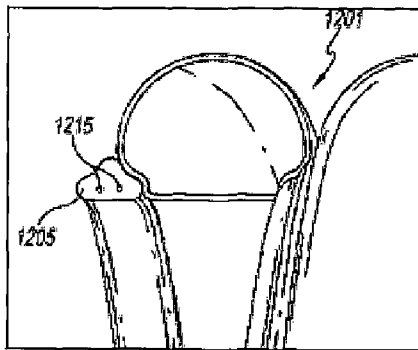


FIG. 19A

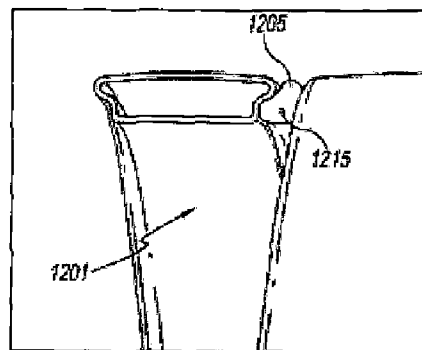


FIG. 19B

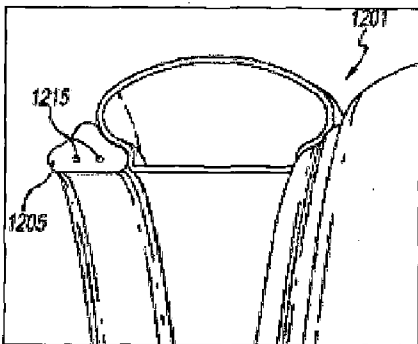


FIG. 19C

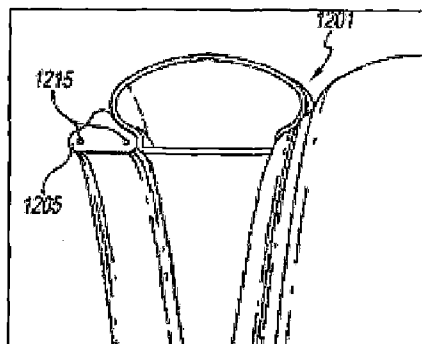


FIG. 19D

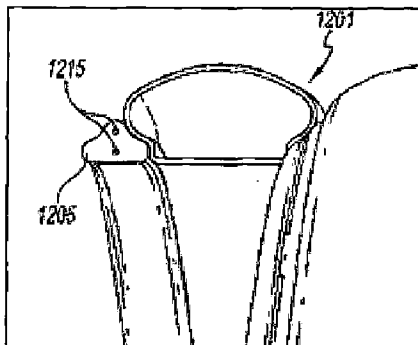


FIG. 19E

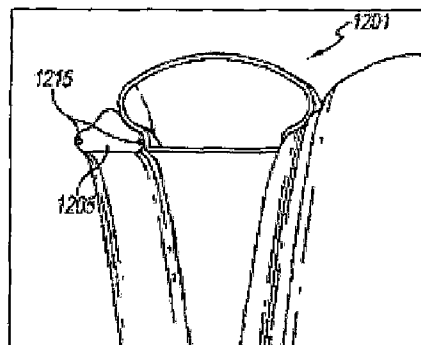


FIG. 19F

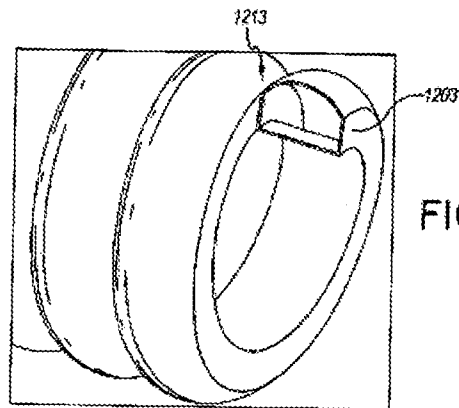


FIG. 20B

